MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

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

DIRECION GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
AMBIENTAL

Capítulo I

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

MAYO 2026

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[I]

[I] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

I.1 Datos generales del proyecto I-1

I.1.1 Nombre del proyecto I-1

I.1.2 Ubicación del proyecto I-1

I.1.3 Duración del proyecto I-2

I.2 Datos del promovente I-2

I.2.1 Razón social I-2

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes (RFC) I-3

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal I-3

I.2.4 Domicilio para oír y recibir notificaciones I-3

I.3 Responsable técnico del estudio I-3

I.3.1 Nombre del responsable técnico del estudio I-3

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Datos de la empresa consultora I-3
Tabla I.2 Equipo técnico I-3

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Ubicación del proyecto I-2

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

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1 Nombre del proyecto

El presente proyecto se denomina "***Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar***" (en adelante **PSFv Balam Solar**), y constituye la designación oficial que será utilizada de manera consistente en la totalidad del expediente y documentación técnica asociada a la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional (MIA-R).

La denominación del proyecto obedece a la naturaleza de la infraestructura propuesta, orientada a la generación de energía eléctrica a partir de la captación y transformación de la radiación solar mediante sistemas fotovoltaicos (paneles solares). Este nombre será empleado de manera uniforme en cada capítulo del presente estudio, así como los planos, anexos y oficios administrativos, con el fin de asegurar la correcta identificación del proyecto durante su proceso de evaluación y seguimiento ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

I.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se localiza en el estado de Quintana Roo, dentro del municipio de Bacalar, en las inmediaciones de la localidad y ejido Manuel Ávila Camacho.

El área de establecimiento del proyecto (en adelante AeP) comprende una superficie total de **817.19 ha**, en las cuales predominan coberturas de vegetación secundaria de selva baja subcaducifolia y selva mediana subcaducifolia, agricultura de riego anual y pastizal cultivado.

El acceso principalmente a través de la Carretera Federal 293 (tramo vía corta a Mérida) o mediante caminos saca-cosechas vinculados a la red estatal.

En la Figura 1 se muestra el mapa de ubicación del proyecto, el área de implantación de paneles solares y la red vial adyacente. El mapa incluye escala gráfica, norte de referencia y coordenadas en sistema de proyección UTM, asegurando la correcta identificación del sitio dentro del municipio de Bacalar, estado de Quintana Roo.

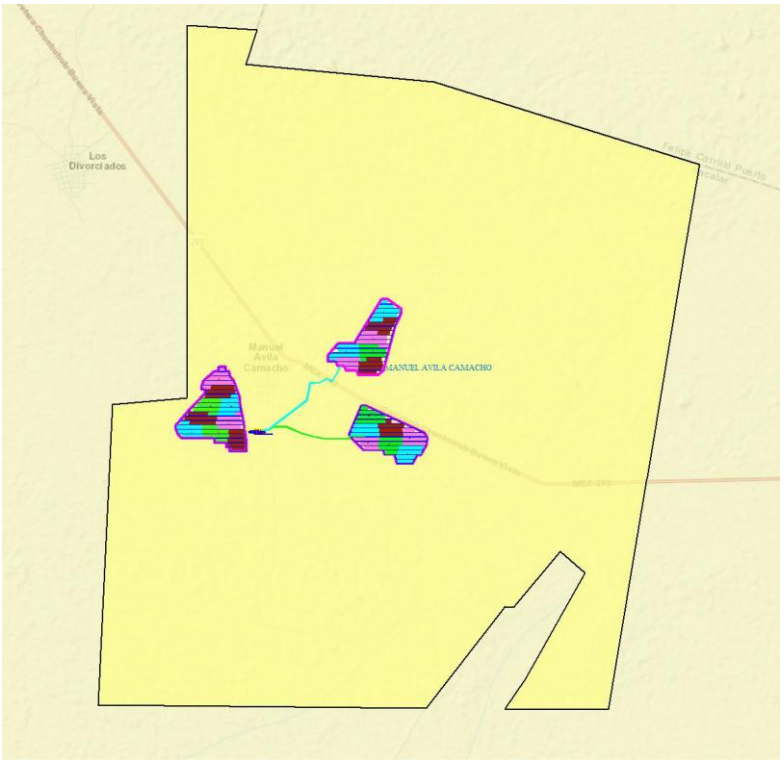


Figura I.1 Ubicación del proyecto

I.1.3 Duración del proyecto

El proyecto contempla un horizonte de ejecución y operación estructurado en distintas etapas. La duración de cada una de ellas se establecerá con base en la planeación técnica y programática proporcionada por el promovente, conforme a los requerimientos de construcción, operación y abandono. De manera preliminar, las fases consideradas son las siguientes:

- **Etapa de preparación del sitio y construcción**
  Comprende las actividades de desmonte, limpieza del área, trazado de vialidades internas, cimentación, instalación de sistemas fotovoltaicos, subestación eléctrica y líneas de interconexión.
- **Etapa de operación y mantenimiento**
  Corresponde al periodo durante el cual el parque fotovoltaico generará energía eléctrica mediante la captación de radiación solar y su transformación en energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos, con labores permanentes de mantenimiento preventivo y correctivo.
- **Etapa de abandono o desmantelamiento**
  Considera el retiro ordenado de equipos e infraestructura al término de la vida útil del proyecto, así como la implementación de medidas de restauración ambiental en el sitio.

I.2 DATOS DEL PROMOVENTE

I.2.1 Razón social

El proyecto es promovido por la persona moral denominada BALAM SOLAR S de RL de CV, constituida conforme a las leyes mexicanas.

I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes (RFC)

[redacted].

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

El promovente es representado legalmente por Jaime Alcantar Ramírez.

I.2.4 Domicilio para oír y recibir notificaciones

[redacted]

I.3 RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

Tabla I.1 Datos de la empresa consultora

Empresa consultora	
Empresa:	Grupo PENTANO
[redacted]	

I.3.1 Nombre del responsable técnico del estudio

Así mismo, en cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 36 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del Impacto Ambiental, se presenta la Declaración bajo protesta de decir verdad del responsable técnico de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y del Representante Legal de la empresa promovente:

El presente estudio se realizó con la participación de un grupo interdisciplinario, conformado por los siguientes especialistas:

Tabla I.2 Equipo técnico

Nombre	Participación
German Marcos López Fernández Guerra	Supervisión de la elaboración de la MIA-R
Luis Alberto Acosta Tovar	Coordinación y dirección de la MIA-R
Juan Javier Pineda Tovar	Responsable técnico del estudio
Flor de María Peñaloza Rodríguez	Capítulo I
Juan Javier Pineda Tovar	Capítulo II
Flor de María Peñaloza Rodríguez	Capítulo III

Nombre	Participación
Juan Javier Pineda Tovar Luis Alberto Acosta Tovar Carlos Eibar Espinoza	Capítulo IV
Alma Delia Chávez González	Capítulo V
Alma Delia Chávez González	Capítulo VI
Flor de María Peñaloza Rodríguez	Capítulo VII
Flor de María Peñaloza Rodríguez	Capítulo VIII
Juan Javier Pineda Tovar	Cartografía y geomántica

Capítulo II

DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

MAYO 2026

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[I]

[I] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

ÍNDICE DE CONTENIDO

II DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO II-1

II.1 Información general del proyecto II-1

II.1.1 Naturales del proyecto II-1

II.1.2 Justificación II-2

II.1.2.1 Ambientales II-2

II.1.2.2 Económico II-3

II.1.2.3 Sociales II-3

II.1.2.4 Técnicos II-3

II.2 Ubicación y dimensiones del proyecto II-4

II.2.1 Inversión requerida II-6

II.3 Características particulares del proyecto II-6

II.3.1 Componentes primarios II-7

II.3.1.1 Módulos fotovoltaicos II-7

II.3.1.2 Seguidores solares II-7

II.3.1.3 Bloques de potencia (inversor más centro de transformación) II-8

II.3.1.4 Puesta a tierra del generador fotovoltaico II-8

II.3.1.5 Canalizaciones eléctricas II-8

II.3.1.6 Subestación elevadora II-8

II.3.1.7 Subestación de maniobras II-9

II.3.1.8 Línea eléctrica aérea II-9

II.3.1.9 Sistema de almacenamiento (BESS) II-9

II.3.2 Componentes secundarios II-11

II.3.2.1 Edificio de control II-11

II.3.2.2 Cercado perimetral II-11

II.3.2.3 Caminos internos II-11

II.3.2.4 Caminos de acceso II-11

II.3.2.5 Estaciones meteorológicas II-11

II.3.2.6 Sistema de seguridad II-12

II.3.2.7 Obras temporales II-12

II.4 Programa de trabajo II-12

II.5 Representación gráfica regional II-13

II.6 Representación gráfica local II-13

II.7 Preparación del sitio y construcción II-14

II.8 Pruebas y puesta en servicio II-16
II.9 Operación y mantenimiento II-16
II.9.1 Actividades semestrales II-17
II.9.2 Actividades anuales II-17
II.9.3 Mantenimiento predictivo II-17
II.9.4 Mantenimiento correctivo II-18
II.9.5 Actividades de mantenimiento extraordinario II-18
II.10 Etapa de cierre y abandono II-18
II.10.1 Objetivos II-18
II.10.2 Metas II-18
II.10.3 Metodología II-18
II.10.4 Medida(s) específicas que se emplearan para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales II-19
II.10.5 Indicadores II-19
II.10.6 Análisis, procesamiento de datos e interpretación de resultados II-19
II.10.7 Punto de comprobación II-19
II.10.8 Medidas de urgente aplicación II-19
II.11 Residuos II-19
II.12 Generación de gases de efecto invernadero II-20
II.12.1 Generará gases efecto invernadero, como es el caso de H2O, CO2, CH4, N2O, CFC, O3, entre otros II-20
II.12.2 Estimación de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto II-21
II.13 Bibliografía II-21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Coordenadas del polígono general del proyecto BALAM SOLAR II-5
Tabla II.2 Superficies de afectación temporal y permanente del proyecto II-5
Tabla II.3 Componentes principales del proyecto II-6
Tabla II.4 Inversión requerida II-6
Tabla II.5 Características generales del proyecto BALAM SOLAR II-6
Tabla II.6 Equipos principales de la planta fotovoltaica II-7
Tabla II.7 Características particulares de la línea aérea de alta tensión 230 kV II-9
Tabla II.8 Características principales del sistema de almacenamiento BESS BALAM II-10
Tabla II.9 Estimación preliminar de personal por etapa II-15
Tabla II.10 Estimación preliminar de maquinaria y equipo por etapa II-16
Tabla II.11 Residuos por actividad y etapa del proyecto II-19
Tabla II.12 Estimación cualitativa de generación de GEI por etapa II-20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Esquema general de la instalación BALAM SOLAR II-1
Figura II.2 Representación gráfica regional del proyecto II-4
Figura II.3 Representación gráfica municipal del proyecto II-5
Figura II.4 Planta general del sistema de almacenamiento BESS BALAM II-10
Figura II.5 Representación gráfica local del proyecto fotovoltaico..... II-14
Figura II.6 Ubicación local de la subestación elevadora, BESS e infraestructura de evacuación.... II-14

II DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto **BALAM SOLAR** consiste en el desarrollo, construcción, operación y eventual cierre de una central de generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, integrada con un sistema de almacenamiento de energía eléctrica por baterías y con las obras de transformación y evacuación necesarias para su interconexión al Sistema Eléctrico Nacional. El proyecto se localiza en el municipio de Bacalar, estado de Quintana Roo, en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, dentro de una poligonal de influencia aproximada de 2,040 ha.

Para efectos de este capítulo, el proyecto comprende la Planta Fotovoltaica BALAM SOLAR, el sistema de almacenamiento BESS BALAM, la Subestación Elevadora BALAM 34.5/230 kV, la línea aérea de alta tensión en 230 kV entre la subestación elevadora y la subestación de maniobras, la Subestación de Maniobras BALAM 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha 230 kV.

La planta fotovoltaica se conforma por tres subplantas, denominadas BALAM SOLAR I, BALAM SOLAR II y BALAM SOLAR III. En conjunto, la instalación considera 326,700 módulos fotovoltaicos RISEN ENERGY modelo RSM132-8-720BNDG, de 720 Wp por módulo, 10,890 seguidores solares y 605 inversores, con una capacidad instalada de 202.2 MWac y una capacidad nominal de 235.21 MWdc. El sistema BESS BALAM contará con una potencia instalada de 60 MW, cuatro horas de acumulación y 240 MWh de capacidad de almacenamiento.

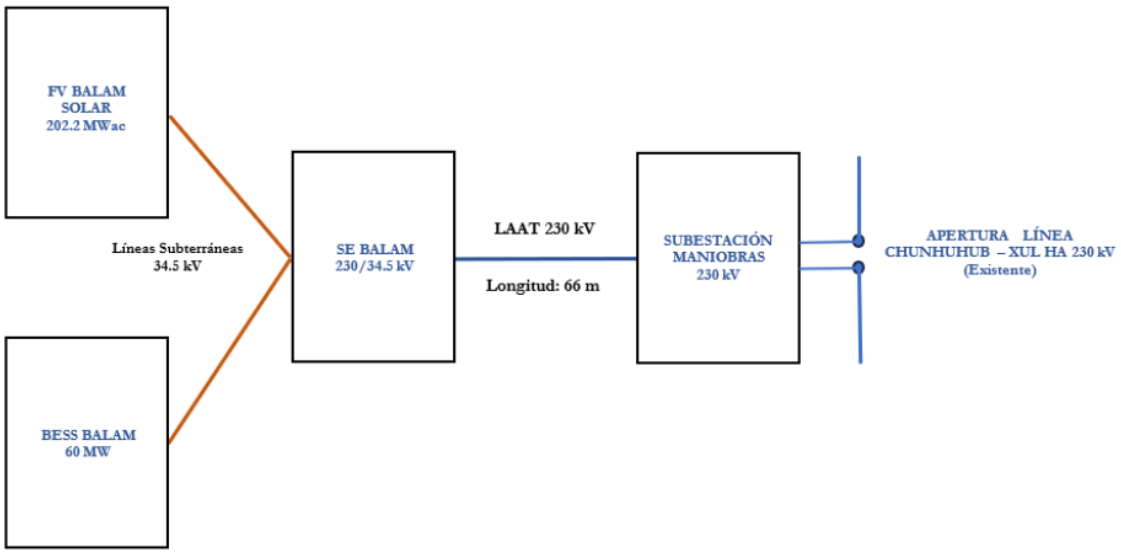


Figura II.1 Esquema general de la instalación BALAM SOLAR

II.1.1 Naturales del proyecto

La naturaleza del proyecto corresponde a un conjunto de obras y actividades del sector eléctrico, subsector energía solar fotovoltaica, cuyo propósito principal es generar energía eléctrica a escala industrial a partir del aprovechamiento de la radiación solar. La electricidad generada en corriente continua será convertida a corriente alterna mediante inversores, elevada a media tensión por

centros de transformación, conducida a la subestación elevadora en 34.5 kV y finalmente evacuada en 230 kV hacia la red eléctrica existente.

El proyecto se vincula con obras de generación, transformación, almacenamiento y transmisión de energía eléctrica, así como con actividades de preparación del sitio, obra civil, montaje electromecánico, pruebas, operación, mantenimiento y desmantelamiento. Por su naturaleza, se ubica dentro de los supuestos que requieren evaluación en materia de impacto ambiental federal, al tratarse de infraestructura eléctrica y, en su caso, por requerir cambio de uso de suelo en terrenos forestales cuando así resulte de la caracterización ambiental y forestal del sitio.

La operación de la planta no implica combustión de hidrocarburos para la generación eléctrica. Por ello, durante su fase operativa ordinaria no se prevé la emisión directa continua de gases de combustión asociada a la generación eléctrica, aunque sí existirán emisiones indirectas o temporales durante la construcción, mantenimiento y cierre, derivadas principalmente del uso de maquinaria, vehículos, equipos auxiliares y logística de transporte.

II.1.2 Justificación

El proyecto se justifica por su contribución a la diversificación de la matriz eléctrica, el aprovechamiento de una fuente renovable abundante en la región, el impulso al almacenamiento energético como respaldo operativo y la incorporación de infraestructura de evacuación compatible con el punto de interconexión previsto. La integración del BESS permite gestionar de forma más eficiente la energía generada por la planta fotovoltaica, al almacenar excedentes y aportar potencia cuando el despacho o las condiciones del sistema lo requieran.

La selección del sitio considera la disponibilidad de superficie suficiente para el desarrollo de una central fotovoltaica de escala industrial, el acceso por la Carretera Federal 293 Chunhuhub - Buenavista, la cercanía a infraestructura eléctrica existente y la posibilidad de concentrar las obras permanentes dentro de polígonos definidos, con el fin de ordenar la ocupación del terreno y limitar las áreas de intervención a las estrictamente necesarias.

II.1.2.1 Ambientales

- La generación fotovoltaica aprovecha la radiación solar sin consumo ordinario de combustibles fósiles durante la etapa de operación, por lo que reduce la dependencia de tecnologías convencionales de generación eléctrica.
- El proyecto concentra sus componentes en áreas delimitadas y contempla superficies temporales y permanentes diferenciadas, lo que permite gestionar de manera ordenada la ocupación del terreno y la aplicación de medidas de prevención, mitigación y restauración.
- El diseño de los caminos internos, zanjas, sistemas de drenaje, áreas de acopio y plataformas deberá atender la topografía local y las condiciones de escurrimiento superficial, evitando modificar cauces o zonas de acumulación natural de agua cuando no sea necesario.
- El cercado perimetral previsto para la planta fotovoltaica deberá incorporar medidas que permitan reducir el efecto barrera, como pasos de fauna para pequeños mamíferos y señalización visual para avifauna en los tramos que así se determinen.
- El BESS se instalará en contenedores y centros de transformación, con sistemas de refrigeración, monitoreo y protección contra incendios, lo cual permite controlar los riesgos ambientales asociados al almacenamiento energético.

II.1.2.2 Económico

- El desarrollo de infraestructura de generación renovable contribuye a ampliar la oferta de energía eléctrica mediante una tecnología de operación limpia y de mantenimiento relativamente bajo.
- Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se generará demanda temporal de mano de obra, servicios, transporte, alimentación, hospedaje, insumos, vigilancia, gestión de residuos y otros servicios locales.
- La ocupación del terreno mediante un esquema ordenado de infraestructura energética puede representar un ingreso alternativo para los propietarios o titulares de los terrenos involucrados, sujeto a los acuerdos contractuales correspondientes.
- La inversión del proyecto incorpora partidas específicas para seguridad y salud, gestión de residuos y desmantelamiento, lo que permite prever costos asociados al desempeño ambiental y al cierre del proyecto.

II.1.2.3 Sociales

- El proyecto se localizará en el municipio de Bacalar, en una zona con localidades rurales cercanas, por lo que se prevé priorizar, en la medida de lo posible, la contratación de personal local y regional para actividades compatibles con su perfil técnico.
- El incremento temporal de actividad económica durante la construcción podrá favorecer la contratación de servicios en localidades próximas, principalmente transporte, alimentación, suministro de agua, hospedaje y servicios complementarios.
- La operación de la planta se realizará con un número reducido de personal especializado, orientado a la supervisión, seguridad, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y monitoreo de la instalación.
- El proyecto deberá mantener mecanismos de comunicación social y atención a quejas durante sus etapas de construcción y operación, con el fin de prevenir conflictos por tránsito, polvo, ruido, uso de caminos o acceso a predios.

II.1.2.4 Técnicos

- La zona presenta condiciones de radiación solar aprovechables para generación fotovoltaica a escala industrial.
- El proyecto considera módulos fotovoltaicos bifaciales de alta potencia, seguidores solares de un eje, inversores de 330 kW y centros de transformación que permiten la concentración y elevación de la energía producida.
- La inclusión del BESS permite complementar la operación de la central fotovoltaica mediante almacenamiento de energía, apoyo a la gestión de potencia y mejora de la flexibilidad operativa.
- La interconexión se plantea mediante una subestación elevadora 34.5/230 kV, una línea aérea de 230 kV de corta longitud, una subestación de maniobras y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha 230 kV, lo que reduce la necesidad de infraestructura lineal extensa.
- El acceso por infraestructura carretera existente y la posibilidad de utilizar caminos existentes como base del nuevo trazado favorecen la constructibilidad del proyecto y reducen la necesidad de nuevas aperturas.

II.2 UBICACIÓN Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

La totalidad del proyecto se ubicará en el municipio de Bacalar, estado de Quintana Roo, dentro de un polígono aproximado de 2,040 ha, en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho. El proyecto se localiza en ambos bordes de la Carretera Federal 293 “Chunhuhub - Buenavista”, aproximadamente 5 km al sureste de la localidad de Los Divorciados, 7 km al norte de Kuchumatán y 13 km al sureste de La Pantera. Los componentes de la subestación elevadora, BESS e infraestructura de evacuación se localizan en el borde izquierdo de dicha carretera y al este del camino de acceso a la localidad de Manuel Ávila Camacho.



Figura II.2 Representación gráfica regional del proyecto

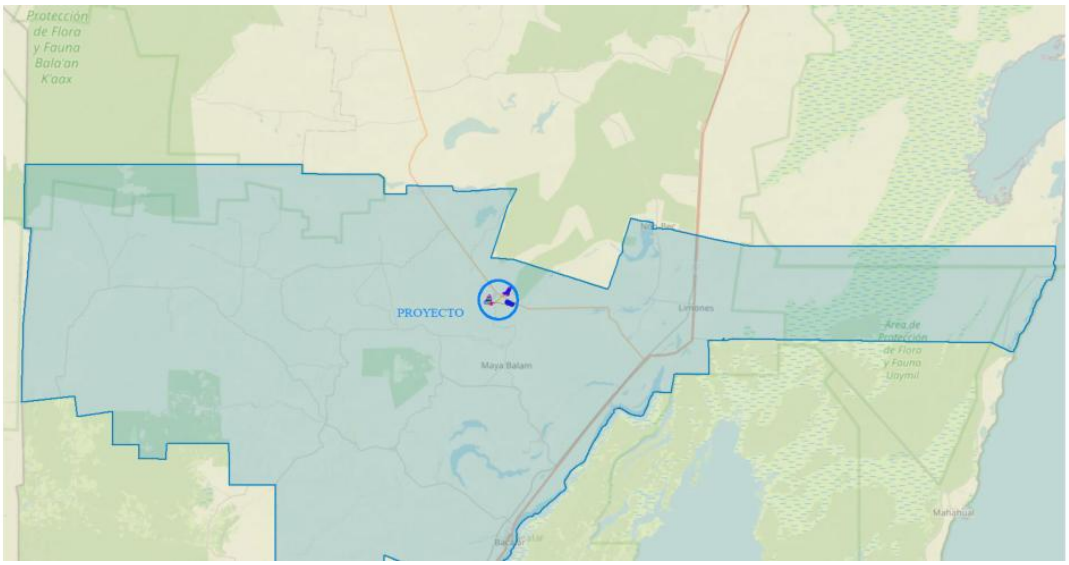


Figura II.3 Representación gráfica municipal del proyecto

Tabla II.1 Coordenadas del polígono general del proyecto BALAM SOLAR

Vértice	X UTM WGS84 Z16	Y UTM WGS84 Z16
1	349,375	2,106,380
2	351,135	2,106,380
3	351,751	2,107,727
4	353,504	2,107,727
5	354,431	2,103,853
6	353,454	2,103,789
7	351,323	2,104,178
8	350,975	2,101,869
9	349,855	2,101,835
10	349,476	2,103,228
11	348,441	2,103,427
12	347,939	2,104,535
13	348,574	2,105,101
14	348,640	2,105,416
15	349,007	2,105,691

Tabla II.2 Superficies de afectación temporal y permanente del proyecto

Elemento	Superficie temporal (ha)	Superficie permanente (ha)
FV BALAM SOLAR I	0.00	107.20
FV BALAM SOLAR II	0.00	110.06
FV BALAM SOLAR III	0.00	138.60
Caminos de acceso	0.36	0.75
BESS BALAM	0.00	0.58
Subestación BALAM	0.00	0.25
Subestación de Maniobras	0.00	0.25
Líneas MT	0.89	0.79
Línea de evacuación	0.93	0.93
TOTAL	2.18	359.41

Adicionalmente, se prevén zonas de reserva dentro de la poligonal del proyecto, con una superficie aproximada de 455.6 ha, las cuales podrían ser utilizadas parcial o totalmente en etapas posteriores si los estudios técnicos, ambientales o de permisos obligan a modificar la disposición física del proyecto.

Tabla II.3 Componentes principales del proyecto

Componente	Coordenadas / datos de localización	Superficie / dimensión
Planta Fotovoltaica BALAM SOLAR	Polígono general en UTM WGS84 Zona 16, conforme a Tabla II.1	BALAM I: 107.22 ha; BALAM II: 110.06 ha; BALAM III: 138.60 ha
BESS BALAM	Centro geométrico UTM WGS84 Z16: X 350,689; Y 2,104,815	5,780 m²; 60 MW / 240 MWh
Subestación Elevadora BALAM	Centro UTM WGS84 Z16: X 350,570; Y 2,104,818	2,477 m²; 34.5/230 kV
Subestación de Maniobras BALAM	Centro UTM WGS84 Z16: X 350,455; Y 2,104,812	4,016 m²; 230 kV
LAAT 230 kV SE Elevadora - SE Maniobras	Origen UTM: X 350,547; Y 2,104,807; final UTM: X 350,476; Y 2,104,807	Longitud aproximada: 66 m
Apertura línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha	Punto de conexión UTM WGS84 Z16: X 350,306; Y 2,104,818	Longitud aproximada: 120 m

II.2.1 Inversión requerida

La inversión requerida para el desarrollo del proyecto BALAM SOLAR, conforme al presupuesto total de contrata disponible, asciende a $225,109,070.51 USD, equivalente a $3,919,148,917.59 MXN. Este monto incluye ejecución material, gastos generales, beneficio industrial, control y calidad, seguridad y salud, gestión de residuos, desmantelamiento e IVA.

Tabla II.4 Inversión requerida

Concepto	USD	MXN
Total ejecución material	160,214,221.65	2,789,329,598.93
13% gastos generales	20,827,848.81	362,612,847.86
5% beneficio industrial	8,010,711.08	139,466,479.95
1% control y calidad	1,602,142.22	27,893,295.99
Subtotal	190,654,923.76	3,319,302,222.72
Seguridad y salud	152,923.85	2,662,404.23
Gestión de residuos	320,375.46	5,577,736.76
Desmantelamiento	2,931,320.47	51,034,289.38
Total	194,059,543.54	3,378,576,653.09
16% IVA	31,049,526.97	540,572,264.49
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	225,109,070.51	3,919,148,917.59

II.3 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

El proyecto BALAM SOLAR tendrá una capacidad instalada fotovoltaica de 202.2 MWac y 235.21 MWdc, integrada con un sistema de almacenamiento de 60 MW y 240 MWh. La generación anual estimada para la planta fotovoltaica, conforme a los resultados de simulación disponibles, es de 479,460 MWh/año en escenario P50.

Tabla II.5 Características generales del proyecto BALAM SOLAR

Concepto	Dato técnico
Nombre del proyecto	BALAM SOLAR
Promovente	BALAM SOLAR, S. de R.L. de C.V.
Municipio / Estado	Bacalar, Quintana Roo

Concepto	Dato técnico
Altura máxima de la zona	37 m
Capacidad instalada fotovoltaica	202.2 MWac
Capacidad nominal fotovoltaica	235.21 MWdc
Producción anual estimada P50	479,460 MWh/año
Sistema de almacenamiento	BESS BALAM, 60 MW / 240 MWh
Nivel de media tensión	34.5 kV
Nivel de alta tensión	230 kV
Vida útil considerada	30 años, sujeta a extensión por mejoras tecnológicas y mantenimiento

Tabla II.6 Equipos principales de la planta fotovoltaica

Equipo	Marca	Modelo	Unidades / capacidad
Módulo fotovoltaico	RISEN ENERGY	RSM132-8-720BNDG	326,700 módulos; 720 Wp c/u
Seguidor solar	AXIAL TRACKER	1V30 TWIN	10,890 seguidores; 30 módulos por seguidor
Inversor	HUAWEI	SUN2000-330KTL-H1	605 inversores; 330 kW
Centro de transformación	HUAWEI	JUPITER-9000K	21 unidades
Centro de transformación	HUAWEI	JUPITER-6000K	2 unidades

Con el fin de visualizar de mejor manera la organización del proyecto, sus componentes se agrupan en componentes primarios y secundarios. Los componentes primarios comprenden el generador fotovoltaico, seguidores, inversores, centros de transformación, red de canalizaciones, subestación elevadora, subestación de maniobras, línea aérea de 230 kV, apertura de línea existente y sistema BESS. Los componentes secundarios comprenden edificio de control, cercado perimetral, caminos, accesos, estaciones meteorológicas, sistemas de seguridad y obras temporales.

II.3.1 Componentes primarios

II.3.1.1 Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos serán los elementos encargados de captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica de corriente continua mediante el efecto fotovoltaico. Se considera la instalación de 326,700 módulos RISEN ENERGY modelo RSM132-8-720BNDG, con potencia unitaria de 720 Wp. Los módulos se agruparán en arreglos conectados eléctricamente a los inversores a través de canalizaciones de baja tensión.

Cada subplanta contará con un número definido de módulos e inversores. BALAM SOLAR I y BALAM SOLAR II contarán cada una con 97,740 módulos y 181 inversores, para una capacidad de 60.6 MWac por subplanta. BALAM SOLAR III contará con 131,220 módulos y 243 inversores, para una capacidad de 81 MWac.

II.3.1.2 Seguidores solares

Los módulos se instalarán sobre seguidores solares de un eje, con orientación general norte-sur y seguimiento este-oeste, con el objetivo de mejorar la captación de radiación solar a lo largo del día. El sistema considerado corresponde a seguidores AXIAL TRACKER 1V30 TWIN, con 30 módulos por seguidor, para un total de 10,890 sistemas seguidores.

Los seguidores estarán conformados por estructuras metálicas hincadas o cimentadas según las condiciones geotécnicas finales, con elementos de soporte, accionamiento y control. Su diseño

deberá considerar resistencia mecánica, estabilidad, esfuerzos por viento, corrosión, facilidad de mantenimiento y compatibilidad con el arreglo eléctrico de la planta.

II.3.1.3 Bloques de potencia (inversor más centro de transformación)

Los bloques de potencia estarán integrados por inversores y centros de transformación. Los inversores HUAWEI SUN2000-330KTL-H1 transformarán la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna. Posteriormente, los centros de transformación elevarán el voltaje para su conducción por la red interna de media tensión en 34.5 kV hasta la Subestación Elevadora BALAM.

La planta contará con 605 inversores de 330 kW, así como 21 centros de transformación HUAWEI JUPITER-9000K y 2 centros de transformación HUAWEI JUPITER-6000K. La ubicación de estos equipos responderá a criterios de eficiencia eléctrica, minimización de pérdidas, accesibilidad para mantenimiento y seguridad operativa.

II.3.1.4 Puesta a tierra del generador fotovoltaico

El proyecto contará con un sistema de puesta a tierra que interconectará estructuras metálicas, módulos, inversores, centros de transformación, canalizaciones, equipos eléctricos, BESS y subestaciones, de acuerdo con el diseño de ingeniería de detalle. Su finalidad será limitar tensiones de contacto y paso, asegurar la actuación de protecciones y reducir el riesgo para el personal y los equipos ante condiciones normales o de falla.

La red de tierras deberá ejecutarse mediante conductores, electrodos, conexiones y mallas compatibles con la normativa eléctrica aplicable y las especificaciones técnicas de los fabricantes, integrando las zonas de media tensión, baja tensión y alta tensión donde corresponda.

II.3.1.5 Canalizaciones eléctricas

La energía generada por los módulos fotovoltaicos será conducida por cableado de baja tensión hacia los inversores, y posteriormente por circuitos de media tensión hacia la Subestación Elevadora BALAM. Las canalizaciones incluirán cables de corriente continua, corriente alterna, media tensión, comunicación por fibra óptica, control y red de tierras.

Siempre que sea técnicamente posible, las zanjas se ubicarán paralelas a los caminos internos para facilitar el tendido, operación, mantenimiento y eventual reposición de cables. En cruces de caminos o zonas de tránsito, los conductores podrán instalarse en ductos de PVC o PE embebidos en concreto, de acuerdo con la ingeniería final.

II.3.1.6 Subestación elevadora

La Subestación Elevadora BALAM 34.5/230 kV recibirá la energía generada por la planta fotovoltaica y por el sistema BESS a través de circuitos en 34.5 kV. Su función será elevar la tensión a 230 kV para permitir la evacuación de la energía hacia la Subestación de Maniobras BALAM y posteriormente a la línea existente. La subestación se localizará en el municipio de Bacalar, en las coordenadas UTM WGS84 Zona 16 X 350,570; Y 2,104,818, con una superficie aproximada de 2,477 m².

La subestación será de tipo mixto, con un recinto intemperie para la aparamenta de 230 kV y la transformación 34.5/230 kV, y un edificio de control que albergará celdas de 34.5 kV, servicios auxiliares, comunicaciones, control, mando, protección y medida. Se prevé un transformador principal de 200 MVA.

II.3.1.7 Subestación de maniobras

La Subestación de Maniobras BALAM 230 kV tendrá por objeto establecer el punto de interconexión entre la infraestructura de evacuación del proyecto y la línea aérea existente LT Chunhuhub - Xul Ha 230 kV. La instalación se configura como una subestación de barra simple en 230 kV, dotada de las bahías necesarias para la conexión de los dos tramos de línea resultantes de la apertura y de la bahía de enlace hacia la subestación de la planta.

La subestación de maniobras se ubicará en el municipio de Bacalar, en las coordenadas UTM WGS84 Zona 16 X 350,455; Y 2,104,812, con una superficie aproximada de 4,016 m². Contará con edificio de control y mando, equipos de control, medida, comunicaciones, telemando y aparamenta de 230 kV a la intemperie.

II.3.1.8 Línea eléctrica aérea

Para la conexión entre la Subestación Elevadora BALAM y la Subestación de Maniobras BALAM se plantea la construcción de una línea aérea de alta tensión en 230 kV, de simple circuito y longitud aproximada de 66 m. Su origen se localizará en el pórtico de la Subestación Elevadora BALAM 230/34.5 kV, en coordenada UTM WGS84 Zona 16 X 350,547; Y 2,104,807, y su final en el pórtico de la Subestación de Maniobras, en coordenada UTM WGS84 Zona 16 X 350,476; Y 2,104,807.

Tabla II.7 Características particulares de la línea aérea de alta tensión 230 kV

Característica	Dato
Tensión nominal	230 kV
Longitud aproximada	66 m
Tipo de montaje	Simple circuito
Número de conductores por fase	1
Frecuencia	60 Hz
Factor de potencia	0.9
Número de apoyos	2
Número de vanos	1
Conductor previsto	1200 kcmil 18/19, aluminio-acero
Velocidad de viento considerada	140 km/h

Adicionalmente, para evacuar la energía generada se realizará la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha 230 kV, mediante una derivación aproximada de 120 m entre la Subestación de Maniobras y el punto de conexión ubicado en coordenada UTM WGS84 Zona 16 X 350,306; Y 2,104,818.

II.3.1.9 Sistema de almacenamiento (BESS)

BESS BALAM corresponde a un sistema de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías, con potencia instalada de 60 MW, autonomía de cuatro horas y capacidad total de 240 MWh. El sistema estará integrado por 12 bloques de 5 MW, 48 contenedores de baterías ST5015UX-4H y 12 centros de transformación MVS5140. El sistema se conectará a la Subestación Elevadora BALAM mediante cuatro circuitos subterráneos independientes de media tensión en 34.5 kV.

	WGS84 Z16		LATITUD	LONGITUD
VÉRTICE	X	Y	Grados, Minutos, Segundos	Grados, Minutos, Segundos
1	350.744	2.104.789	19° 01' 49" N	88° 25' 06" W
2	350.634	2.104.789	19° 01' 49" N	88° 25' 09" W
3	350.634	2.104.841	19° 01' 51" N	88° 25' 09" W
4	350.744	2.104.841	19° 01' 51" N	88° 25' 06" W

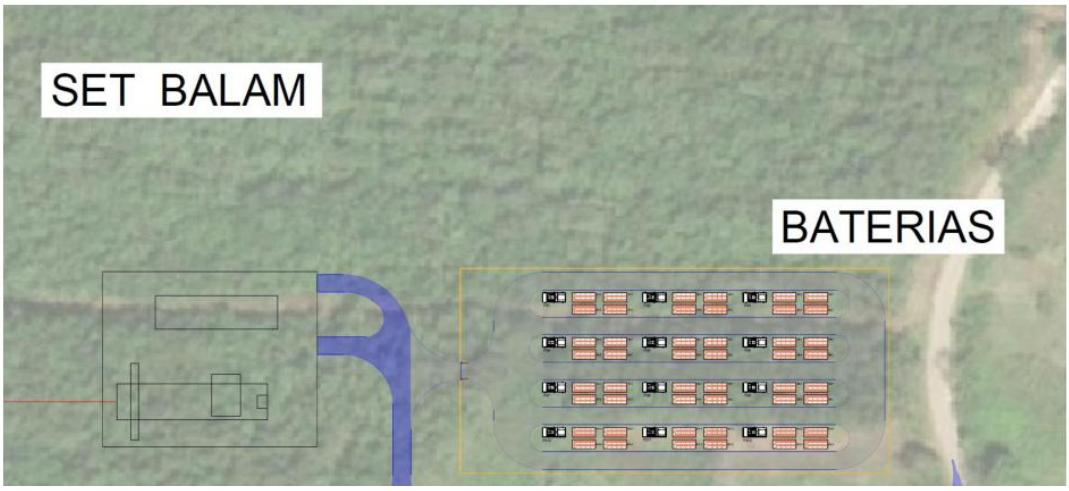


Figura II.4 Planta general del sistema de almacenamiento BESS BALAM

Tabla II.8 Características principales del sistema de almacenamiento BESS BALAM

Característica	Dato
Potencia instalada	60 MW
Horas de acumulación	4 h
Capacidad de almacenamiento	240 MWh
Centro de transformación	MVS5140-LS / MVS5140
Número de centros de transformación	12
Potencia unitaria del transformador	5,140 kVA
Tensión nominal	34.5/0.69 kV
Unidad de batería	ST5015UX-4H
Número de contenedores de batería	48
Dimensiones de contenedor	6,058 mm x 2,896 mm x 2,438 mm
Peso aproximado por contenedor	42 t

Los contenedores de baterías incorporarán racks, módulos y celdas de litio-ferrofosfato (LFP), sistemas de refrigeración líquida, detección y extinción de incendios, iluminación, comunicaciones, BMS, inversores bidireccionales y demás sistemas auxiliares necesarios para una operación segura. La tecnología BESS permitirá cargar energía cuando exista disponibilidad de generación y descargarla conforme a las necesidades operativas de la planta y del sistema eléctrico.

II.3.2 Componentes secundarios

II.3.2.1 Edificio de control

El edificio de control principal estará asociado a la Subestación Elevadora BALAM y alojará los equipos de control, protección, medición, comunicaciones, servicios auxiliares, supervisión y telecontrol de la planta fotovoltaica, BESS y subestación. La Subestación de Maniobras contará también con un edificio de control y mando para los equipos propios de la instalación de 230 kV.

El diseño del edificio deberá considerar oficinas operativas, áreas técnicas, canalizaciones, sistemas de seguridad, climatización, servicios auxiliares y manejo de aguas residuales mediante infraestructura autorizada o sistemas de gestión contratados, de acuerdo con la normativa aplicable.

II.3.2.2 Cercado perimetral

Para garantizar la seguridad de los equipos, materiales y maquinaria, y evitar el ingreso de personas no autorizadas, se instalará un cercado perimetral. En la planta fotovoltaica se prevé malla cinegética anudada de 200/16/30, con altura aproximada de 2 m, pasos de fauna de 30 x 20 cm separados aproximadamente cada 50 m y placas de señalización para reducir riesgos de colisión de avifauna.

En accesos se prevé el empleo de puertas de malla electrosoldada o similar, con dimensiones adecuadas para ingreso de vehículos y personal. El cercado deberá permitir la operación segura sin impedir el flujo de escurrimientos superficiales ni comprometer corredores de fauna previamente identificados.

II.3.2.3 Caminos internos

Los caminos internos permitirán el acceso a los bloques de potencia, seguidores, subestaciones, BESS, áreas de mantenimiento y zonas de operación. En la medida de lo posible se utilizarán caminos existentes como base del nuevo trazado. La sección final se ajustará a la ingeniería de detalle, considerando ancho de corona suficiente para tránsito de vehículos de operación y franjas para drenaje superficial.

La construcción de caminos internos incluirá despalme, conformación de terracerías, compactación, incorporación de material seleccionado y obras de drenaje menor cuando sea necesario. En sitios de cruce con escurrimientos temporales se colocarán alcantarillas, cunetas, tubos transversales, lavaderos u otras obras de drenaje adecuadas a la condición hidrológica local.

II.3.2.4 Caminos de acceso

El acceso general al proyecto se realizará desde la Carretera Federal 293 Chunhuhub - Buenavista y caminos existentes de la zona. Las obras de acceso comprenderán adecuación de caminos, carriles o entronques que garanticen el desplazamiento seguro de maquinaria, vehículos de carga, personal y equipos durante la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y cierre.

La adecuación de accesos deberá ejecutarse con criterios de seguridad vial, control de polvo, manejo de escurrimientos, señalización temporal y permanente, y restricción de tránsito a las áreas autorizadas del proyecto.

II.3.2.5 Estaciones meteorológicas

La planta contará con estaciones meteorológicas para la medición de variables relevantes para la operación del proyecto, como radiación solar, temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento, humedad y otros parámetros que permitan evaluar el desempeño energético de la instalación. Esta información será integrada al sistema de control y monitoreo de la planta.

II.3.2.6 Sistema de seguridad

El sistema de seguridad incluirá vigilancia perimetral, control de acceso, cámaras, comunicaciones, iluminación y sistemas de supervisión remota, con el fin de proteger las instalaciones, prevenir intrusiones, reducir riesgos operativos y controlar el acceso de personal y vehículos. El BESS y las subestaciones contarán con sistemas específicos de detección y protección contra incendios de acuerdo con su ingeniería de detalle y especificaciones de fabricante.

II.3.2.7 Obras temporales

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción se habilitarán obras temporales necesarias para la ejecución del proyecto, incluyendo oficinas de obra, zonas de acopio, almacenes temporales, áreas de estacionamiento, sanitarios portátiles, áreas de comedor, control de acceso, casetas de vigilancia y almacenes temporales de residuos.

Las obras temporales se ubicarán dentro de áreas previamente autorizadas, evitando ocupar zonas no contempladas en el proyecto. Al finalizar la construcción, dichas obras serán desmontadas y las superficies afectadas deberán limpiarse, nivelarse y restaurarse conforme a las medidas establecidas en el programa ambiental correspondiente.

II.4 PROGRAMA DE TRABAJO

Se estima que la construcción de la totalidad del proyecto BALAM SOLAR se realizará en un periodo de 18 meses, comenzando un mes después de la implementación de los mecanismos de Project Finance del parque. La etapa de operación y mantenimiento se considera para una vida útil de 30 años, con posibilidad de extensión mediante sustitución, repotenciación o actualización tecnológica de componentes. La etapa de cierre y abandono se ejecutará al término de la vida útil, o cuando se determine la no continuidad del proyecto.

Tabla II.9 Programa general de trabajo

Obras / actividades	Mes 1-3	Mes 4-6	Mes 7-9	Mes 10-12	Mes 13-15	Mes 16-18	Operación	Cierre
Fotovoltaica: trabajos previos y preparación del sitio	X	X						
Fotovoltaica: obra civil, caminos, zanjas y drenajes		X	X	X				
Fotovoltaica: montaje electromecánico			X	X	X			
Fotovoltaica: pruebas y puesta en marcha					X	X		
Subestación elevadora: trabajos previos y obra civil	X	X	X					
Subestación elevadora: montaje e instalaciones interiores			X	X	X			
Subestación elevadora: pruebas y puesta en marcha					X	X		

Obras / actividades	Mes 1-3	Mes 4-6	Mes 7-9	Mes 10-12	Mes 13-15	Mes 16-18	Operación	Cierre
BESS: ingeniería, licencias, acopios y equipos	X	X	X	X				
BESS: obra civil, montaje, pruebas y puesta en marcha			X	X	X	X		
Infraestructura de evacuación: obra civil y montaje		X	X	X				
Infraestructura de evacuación: pruebas y puesta en marcha				X	X	X		
Operación y mantenimiento							30 años	
Desmantelamiento, limpieza y restauración								Al final de vida útil

II.5 Representación gráfica regional

La representación regional del proyecto permite identificar su localización dentro del estado de Quintana Roo y su relación con el municipio de Bacalar. A escala regional, el proyecto se ubica en el sur de la entidad, dentro de una zona con accesibilidad por infraestructura carretera y cercanía a localidades rurales. La representación regional se integrará como anexo cartográfico del Capítulo VIII, con base en la información geoespacial definitiva.

II.6 Representación gráfica local

A escala local, los componentes del proyecto con mayor presencia espacial son las tres subplantas fotovoltaicas, el sistema BESS, la subestación elevadora, la subestación de maniobras, los caminos de acceso, la red interna de media tensión y la infraestructura de evacuación en 230 kV. La distribución de estos componentes se muestra de manera esquemática en las figuras siguientes, sujetas a validación con los planos georreferenciados definitivos.



Figura II.5 Representación gráfica local del proyecto fotovoltaico

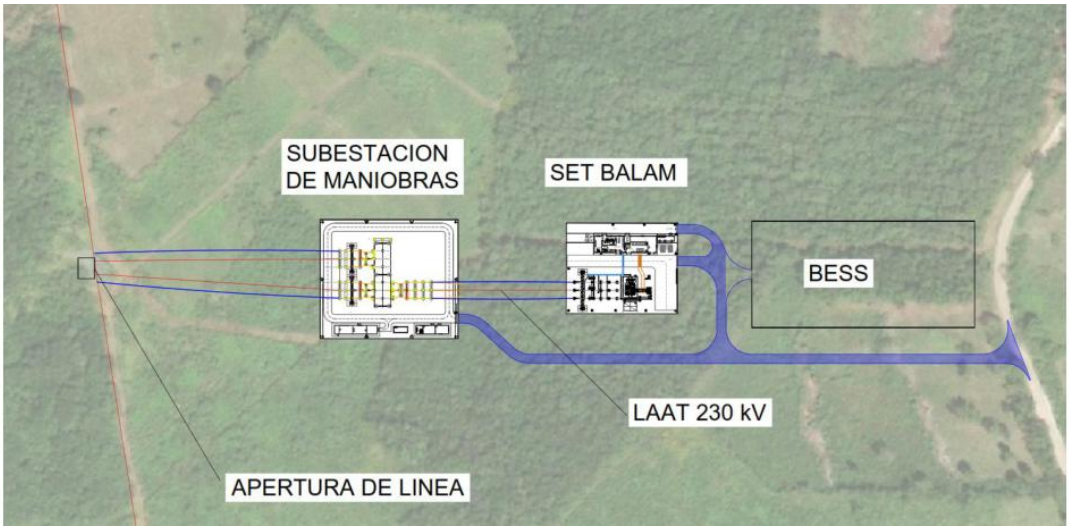


Figura II.6 Ubicación local de la subestación elevadora, BESS e infraestructura de evacuación

II.7 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

La preparación del sitio y construcción comprenderá las actividades necesarias para delimitar, limpiar, acondicionar y construir las instalaciones permanentes y temporales del proyecto. La secuencia exacta podrá variar conforme al programa ejecutivo, disponibilidad de permisos, suministro de equipos, condiciones del sitio y requerimientos de seguridad.

Sondeos y estudios previos: Se realizarán estudios topográficos, geotécnicos, hidrológicos, eléctricos y ambientales para confirmar las condiciones del terreno, definir cotas de proyecto, precisar el diseño de cimentaciones, caminos, drenajes y plataformas, y ajustar la ingeniería de detalle.

Trazo y delimitación: Se replantearán en campo los vértices, ejes de caminos, zonas de seguidores, ubicaciones de centros de transformación, zanjas, subestaciones, BESS, obras temporales y áreas restringidas. El trazo se señalizará con estacas, pintura, cinta o elementos visibles para evitar exceder las áreas autorizadas.

Desmonte, despalme y limpieza: La remoción de vegetación y limpieza del sitio se realizará únicamente dentro de las áreas autorizadas. El material vegetal deberá triturarse o disponerse conforme a las medidas ambientales aplicables, priorizando su aprovechamiento como material de cobertura o mejorador de suelo cuando sea viable.

Movimiento de tierras y nivelación: Se ejecutarán cortes, rellenos y compactaciones estrictamente necesarios para conformar plataformas, caminos, áreas de equipos, zanjas y cimentaciones. Se evitará la apertura de bancos de material dentro del predio; el material adicional deberá provenir de sitios autorizados.

Obras temporales: Se habilitarán oficinas, almacenes, sanitarios portátiles, zonas de acopio, estacionamientos, control de acceso y áreas de servicio. Estas instalaciones serán retiradas al finalizar la construcción y las áreas deberán limpiarse y restaurarse.

Caminos y drenajes: Los caminos de acceso e internos serán conformados con material seleccionado y compactado. Se instalarán obras de drenaje menor en los puntos necesarios para conservar la continuidad de escurrimientos superficiales y evitar erosión o encharcamientos.

Cimentaciones y hincado: Los seguidores se instalarán mediante hincado o cimentación conforme a la ingeniería de detalle. Los centros de transformación, BESS, subestaciones, edificios de control y equipos auxiliares se apoyarán sobre losas, dados o cimentaciones de concreto armado diseñados con base en los resultados geotécnicos.

Montaje de seguidores y módulos: Una vez instalados los fustes o apoyos, se montarán las estructuras metálicas de seguidores, motores, sistemas de control, accesorios y módulos fotovoltaicos, incluyendo el apriete, alineación, verificación mecánica y pruebas funcionales.

Zanjas y cableado: Se abrirán zanjas para cableado de baja tensión, media tensión, comunicaciones y red de tierras. Posteriormente se colocarán conductores, ductos, fibra óptica, protecciones mecánicas, señalización y rellenos compactados.

Montaje electromecánico de subestaciones y BESS: Se instalarán transformadores, interruptores, seccionadores, transformadores de corriente y tensión, apartarrayos, celdas, tableros, servicios auxiliares, sistemas de control, protecciones, comunicaciones, equipos BESS, sistemas de refrigeración y protección contra incendios.

Línea aérea y apertura de línea existente: La construcción de la línea aérea de 230 kV y la apertura de la LT Chunhuhub - Xul Ha incluirán cimentaciones de apoyos, montaje de estructuras, tendido y tensionado de conductores, cable de guarda, conexiones, pruebas eléctricas y puesta a tierra.

Limpieza final: Al concluir la construcción se realizará limpieza general, retiro de excedentes, retiro de obras temporales, estabilización de superficies, señalización definitiva y entrega de áreas para operación.

Tabla II.9 Estimación preliminar de personal por etapa

Etapa	Personal estimado	Observaciones
Preparación del sitio y construcción	Hasta 500 personas en periodo pico	Cifra preliminar sujeta a programa ejecutivo, frentes de obra y contratistas

Etapa	Personal estimado	Observaciones
Operación y mantenimiento	15 personas directas aproximadas, más vigilancia y servicios especializados	Incluye supervisión, mantenimiento, seguridad, limpieza y monitoreo
Cierre y abandono	Hasta 100 personas en periodo pico	Cifra preliminar sujeta al alcance de desmantelamiento y restauración

Tabla II.10 Estimación preliminar de maquinaria y equipo por etapa

Etapa	Equipo / maquinaria	Uso previsto
Preparación del sitio	Motoniveladoras, tractor, retroexcavadoras, compactadoras, pipas	Despalme, nivelación, compactación, control de polvo
Construcción fotovoltaica	Hincadoras, perforadoras, minicargadores, grúas horquilla, camiones de carga	Hincado, montaje de seguidores, manejo de módulos y equipos
Construcción eléctrica	Zanjadoras, minicargadores, camión grúa, equipos de tendido	Zanjas, cableado, canalizaciones, red de tierras
Subestaciones y BESS	Grúas telescópicas, camión grúa, excavadoras, compactadoras	Cimentaciones, montaje de transformadores, contenedores y equipos electromecánicos
Línea aérea 230 kV	Camión grúa, retroexcavadora, equipo de tendido y tensado	Cimentaciones, apoyos, conductores y cable de guarda

II.8 Pruebas y puesta en servicio

La puesta en servicio se realizará después del montaje mecánico y eléctrico de los componentes. Comprenderá pruebas preoperativas, pruebas individuales por equipo, integración funcional de sistemas, energización progresiva y pruebas de comunicación, control y protección. La ejecución se realizará por personal especializado, conforme a protocolos de fabricante, normativa aplicable y requisitos de interconexión.

- Verificación de cableado interno, código de colores, calibre, continuidad y etiquetado.
- Comprobación de conexión de equipos a la red de tierras.
- Pruebas de módulos fotovoltaicos, strings, inversores, centros de transformación y tableros.
- Pruebas funcionales de seguidores solares, estaciones meteorológicas, SCADA, PPC, comunicaciones y sistemas de seguridad.
- Pruebas de celdas de media tensión, transformadores, protecciones, medición y servicios auxiliares.
- Pruebas del sistema BESS, incluyendo BMS, inversores bidireccionales, refrigeración, detección y supresión de incendios, comunicaciones y ciclos de carga/descarga controlados.
- Pruebas de la línea aérea de 230 kV, subestaciones y apertura de línea existente, incluyendo verificación de aislamiento, protecciones, telecontrol y coordinación con el punto de interconexión.
- Energización secuencial y verificación de operación segura antes del inicio comercial o de pruebas de desempeño.

II.9 Operación y mantenimiento

Durante la etapa de operación, la planta captará radiación solar y la convertirá en energía eléctrica. La electricidad en corriente continua será conducida a inversores para su conversión a corriente alterna, posteriormente elevada a 34.5 kV en centros de transformación, entregada a la Subestación

Elevadora BALAM, elevada a 230 kV y evacuada por la infraestructura de interconexión. El BESS permitirá almacenar energía y descargarla conforme a las necesidades operativas del proyecto.

La operación será supervisada desde el sistema de control de la planta y los edificios de control, con monitoreo de variables eléctricas, meteorológicas, estado de equipos, alarmas, seguridad, comunicaciones y desempeño energético. El mantenimiento se agrupará en preventivo, predictivo, correctivo y extraordinario.

II.9.1 Actividades semestrales

- Inspección visual de módulos fotovoltaicos, seguidores, estructuras y fijaciones.
- Limpieza de módulos conforme a recomendaciones de fabricante y disponibilidad de recurso hídrico o métodos secos.
- Revisión general de inversores, filtros, ventilación, protecciones y conexiones.
- Inspección de cables de baja tensión, media tensión, red de tierras, cajas de conexión y tableros.
- Inspección visual de transformadores, celdas, UPS, armarios de protección y servicios auxiliares.
- Inspección de estaciones meteorológicas, sistema SCADA, comunicaciones, cámaras y seguridad perimetral.
- Inspección visual de contenedores BESS, racks, sistemas de refrigeración, detección y supresión de incendios, BMS y cableados.
- Control manual o mecánico de vegetación que pueda generar sombreado, riesgo funcional o riesgo de incendio.
- Revisión de caminos, cunetas, drenajes, arquetas, vallado, puertas y cerraduras.

II.9.2 Actividades anuales

- Mantenimiento preventivo de protecciones eléctricas, inversores, transformadores, celdas y tableros.
- Calibración de piranómetros y demás sensores de estaciones meteorológicas.
- Pruebas funcionales de sistemas de monitoreo, comunicaciones, seguridad, avisos y telecontrol.
- Mantenimiento de subestaciones, servicios auxiliares, alumbrado, ventilación y sistemas contra incendio.
- Revisión general del sistema BESS y pruebas de desempeño de baterías, inversores, BMS y refrigeración.
- Control de malezas, limpieza de caminos, revisión de drenajes y medidas de control de erosión.
- Gestión de residuos generados por mantenimiento, conforme a su clasificación y normatividad aplicable.

II.9.3 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo incluirá técnicas para anticipar fallas y programar acciones de reparación o sustitución antes de que se afecte la disponibilidad de la planta. Podrá incluir inspecciones termográficas de módulos, conexiones, inversores, transformadores, tableros y celdas, análisis de curvas I-V, revisión de parámetros de producción, tensión, corriente, temperatura y desempeño del BESS.

II.9.4 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se realizará cuando se detecten fallas o averías. Podrá incluir sustitución de módulos, reparación o reemplazo de seguidores, sustitución de cableado, reparación de cajas de conexión, inversores, transformadores, equipos de medición, cámaras, sensores, elementos de seguridad, componentes BESS o reparación de caminos, cunetas y cercado perimetral.

II.9.5 Actividades de mantenimiento extraordinario

Las actividades extraordinarias corresponderán a eventos no considerados dentro del mantenimiento ordinario, tales como daños por fenómenos meteorológicos extremos, vandalismo, robo, accidentes, sustitución masiva de equipos, reformas mayores, repotenciación, extensión de vida útil, reemplazo de racks de baterías o modificaciones sustanciales derivadas de nuevos requisitos técnicos o regulatorios.

II.10 Etapa de cierre y abandono

La vida útil del proyecto se estima en 30 años. Al término de este periodo, el promovente podrá optar por continuar la operación mediante renovación o sustitución de equipos principales, siempre que se obtengan las autorizaciones aplicables, o proceder al cierre y abandono mediante el desmantelamiento de instalaciones y restauración de áreas intervenidas.

II.10.1 Objetivos

- Desmantelar de forma segura los equipos e infraestructura que no continúen en operación.
- Gestionar adecuadamente residuos, materiales valorizables, equipos eléctricos y baterías.
- Restaurar, en la medida técnicamente viable, las superficies ocupadas temporal o permanentemente.
- Prevenir contaminación de suelo, agua y aire durante el retiro de infraestructura.

II.10.2 Metas

- Retirar módulos, seguidores, inversores, centros de transformación, cableado y equipos auxiliares.
- Retirar contenedores BESS y gestionar baterías conforme a normativa aplicable y planes de manejo.
- Desmantelar o transferir las subestaciones y obras de interconexión conforme a los acuerdos con CFE y autoridades competentes.
- Recuperar residuos valorizables como acero, aluminio, cobre, vidrio y otros materiales.
- Estabilizar suelos, controlar erosión y ejecutar acciones de revegetación o rehabilitación cuando proceda.

II.10.3 Metodología

Previo al cierre se elaborará un plan específico de desmantelamiento que incluya inventario de equipos, identificación de residuos, cronograma, contratistas autorizados, rutas de transporte, sitios de disposición, medidas de seguridad, medidas ambientales y criterios de restauración. El retiro se realizará de manera secuencial: desconexión eléctrica, aseguramiento de energía cero, retiro de módulos, estructuras, cableado, equipos de potencia, contenedores BESS, cimentaciones superficiales y obras temporales o permanentes que no deban mantenerse.

II.10.4 Medida(s) específicas que se emplearan para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales

- Aplicar procedimientos de bloqueo y etiquetado antes de intervenir equipos eléctricos.
- Clasificar residuos en valorizables, manejo especial, sólidos urbanos y peligrosos, según corresponda.
- Gestionar baterías, aceites, trapos contaminados, envases, equipos electrónicos y otros residuos mediante empresas autorizadas.
- Evitar almacenamiento directo sobre suelo natural; usar superficies impermeables o contenedores adecuados.
- Controlar polvo, ruido, tránsito y derrames durante el desmantelamiento.
- Rellenar, nivelar y estabilizar excavaciones o áreas compactadas que no queden destinadas a nuevos usos autorizados.

II.10.5 Indicadores

- Porcentaje de equipos retirados respecto al inventario inicial.
- Volumen de residuos valorizados y enviados a disposición final.
- Superficie restaurada respecto a superficie intervenida.
- Número de incidentes ambientales registrados.
- Evidencia documental de manifiestos, autorizaciones y bitácoras de manejo.

II.10.6 Análisis, procesamiento de datos e interpretación de resultados

La información de cierre se integrará en reportes de avance que incluyan bitácoras, fotografías georreferenciadas, manifiestos de residuos, certificados de reciclaje, comprobantes de disposición final, indicadores de restauración y seguimiento de medidas ambientales.

II.10.7 Punto de comprobación

El punto de comprobación de la etapa de cierre será la verificación física y documental de que los equipos han sido retirados, los residuos gestionados adecuadamente y las superficies intervenidas estabilizadas o rehabilitadas conforme a los criterios aprobados por la autoridad competente.

II.10.8 Medidas de urgente aplicación

En caso de derrames, incendio, daño estructural, liberación de materiales peligrosos, inestabilidad de taludes o afectación a terceros, se activarán medidas de atención inmediata, contención, notificación, limpieza, remediación y reporte a las autoridades correspondientes.

II.11 Residuos

Durante las distintas etapas del proyecto se generarán residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y, eventualmente, residuos peligrosos. Su manejo deberá realizarse conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, su Reglamento, normativa estatal y municipal aplicable, así como a los programas de manejo de residuos que se integren al Capítulo VI de la MIA-R.

Tabla II.11 Residuos por actividad y etapa del proyecto

Etapa	Actividad	Residuos previsibles	Manejo propuesto
Preparación del sitio	Desmonte, despalme y limpieza	Material vegetal, suelo orgánico, residuos domésticos del personal	Triturado/reincorporación donde proceda; acopio temporal; recolección autorizada

Etapa	Actividad	Residuos previsibles	Manejo propuesto
Construcción	Obra civil y montaje	Madera, cartón, plásticos, metal, concreto, empaques, residuos de cable	Separación, valorización, reciclaje y disposición autorizada
Construcción	Mantenimiento de maquinaria fuera del sitio	Aceites, filtros, trapos contaminados, envases	Evitar mantenimiento en sitio; si se genera, manejar como residuo peligroso con empresa autorizada
Operación	Mantenimiento preventivo y correctivo	Módulos dañados, cable, empaques, filtros, refacciones, residuos domésticos	Almacén temporal; valorización; disposición autorizada
Operación	BESS	Componentes electrónicos, baterías o módulos defectuosos	Manejo especializado; devolución a proveedor o gestor autorizado; trazabilidad documental
Cierre	Desmantelamiento	Acero, aluminio, vidrio, cobre, concreto, equipos eléctricos, baterías	Reciclaje, valorización, disposición final y manejo de peligrosos conforme a norma

Los residuos deberán almacenarse temporalmente en sitios señalizados, techados o protegidos cuando corresponda, con pisos o contenedores adecuados, sin mezclas incompatibles y con bitácoras de entrada y salida. Se deberá contratar a empresas autorizadas para transporte y disposición de residuos peligrosos y de manejo especial cuando aplique.

II.12 GENERACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

II.12.1 Generará gases efecto invernadero, como es el caso de H2O, CO2, CH4, N2O, CFC, O3, entre otros

Durante la etapa de operación ordinaria, la generación eléctrica del proyecto no implicará combustión directa de combustibles fósiles en la planta fotovoltaica. Por tanto, no se prevé una emisión continua de CO2, CH4, N2O u otros gases de efecto invernadero asociada al proceso principal de generación eléctrica.

No obstante, durante las etapas de preparación del sitio, construcción, mantenimiento y cierre sí se generarán emisiones temporales por combustión de diésel o gasolina en maquinaria, vehículos de transporte, grúas, camiones, equipos auxiliares y suministro de materiales. También podrán generarse emisiones indirectas asociadas a la fabricación, transporte, reposición y disposición de equipos, especialmente módulos, estructuras, cableado, transformadores y baterías.

Tabla II.12 Estimación cualitativa de generación de GEI por etapa

Etapa	Fuente de emisión	Tipo de emisión	Temporalidad
Preparación del sitio	Maquinaria, vehículos, movimiento de tierras	CO2, NOx, partículas y emisiones de combustión	Temporal
Construcción	Transporte de materiales, grúas, equipos de montaje	CO2, NOx, partículas y emisiones de combustión	Temporal
Operación	Vehículos de mantenimiento y servicios auxiliares	Emisiones menores de combustión indirecta o puntual	Baja y periódica
Operación	Generación fotovoltaica	Sin combustión directa para generación eléctrica	Permanente durante operación

Etapa	Fuente de emisión	Tipo de emisión	Temporalidad
Cierre	Maquinaria y transporte de equipos retirados	CO2, NOx, partículas y emisiones de combustión	Temporal

II.12.2 Estimación de energía que será disipada por el desarrollo del proyecto

La energía generada por la planta fotovoltaica será transformada, acondicionada y evacuada por la infraestructura eléctrica del proyecto. Conforme a los resultados de simulación, la producción anual estimada P50 es de 479,460 MWh/año. Una parte de la energía se disipará en forma de pérdidas eléctricas y térmicas en módulos, cableado, inversores, transformadores, celdas, líneas, sistemas auxiliares y ciclos de carga/descarga del BESS.

La disipación específica dependerá del diseño final, temperatura ambiente, irradiancia, condiciones de operación, eficiencia de inversores, pérdidas óhmicas, pérdidas de transformación, disponibilidad del sistema BESS y estrategia de despacho. La estimación detallada deberá integrarse con los cálculos eléctricos finales y el modelo energético definitivo del proyecto.

La generación de energía renovable proyectada puede contribuir a evitar emisiones indirectas del sistema eléctrico al desplazar generación con combustibles fósiles. Para cuantificar formalmente dichas emisiones evitadas deberá utilizarse el factor de emisión oficial vigente que sea aplicable al Sistema Eléctrico Nacional y al periodo de reporte correspondiente.

II.13 Bibliografía

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional. Enero de 2022.
- BALAM SOLAR, S. de R.L. de C.V. Proyecto BALAM SOLAR. Municipio de Bacalar, Estado de Quintana Roo. Documento N.º 1 - Memoria. Mayo 2026. Ver.03 - Rev.01.
- BALAM SOLAR, S. de R.L. de C.V. Proyecto BALAM SOLAR. MISSE. Municipio de Bacalar, Estado de Quintana Roo. Mayo 2026. Ver.03 - Rev.01.
- BALAM SOLAR, S. de R.L. de C.V. Proyecto de la Planta Solar Fotovoltaica BALAM SOLAR. Documento N.º 1 - Memoria. Mayo 2026. Ver.03 - Rev.01.
- BALAM SOLAR, S. de R.L. de C.V. Proyecto del Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica mediante Baterías BESS BALAM. Documento N.º 1 - Memoria. Mayo 2026. Ver.03 - Rev.01.
- BALAM SOLAR, S. de R.L. de C.V. Proyecto de la Subestación Elevadora BALAM 230/34.5 kV. Documento N.º 1 - Memoria. Mayo 2026. Ver.03 - Rev.01.
- BALAM SOLAR, S. de R.L. de C.V. Infraestructuras de Evacuación BALAM SOLAR. Línea Aérea Alta Tensión 230 kV, Subestación de Maniobras BALAM 230 kV y Apertura de Línea. Mayo 2026. Ver.03 - Rev.01.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE, Instalaciones eléctricas (utilización), y especificaciones técnicas de la Comisión Federal de Electricidad aplicables al diseño de subestaciones y líneas de transmisión.

Capítulo III

VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES

MAYO 2026

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[I]

[I] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

III.1 Introducción III-1

III.2 Marco constitucional III-2

III.3 Marco jurídico federal III-5

III.3.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA) III-5

III.3.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA) III-9

III.3.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) III-14

III.3.4 Reglamento de la Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable III-17

III.3.5 Ley General de Vida Silvestre III-19

III.3.6 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre III-23

III.3.7 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) III-27

III.3.8 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. III-31

III.3.9 Ley General de Cambio Climático III-35

III.3.10 Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia de Registro Nacional de Emisiones III-38

III.3.11 Ley de Planeación y Transición Energética III-41

III.3.12 Ley de Aguas Nacionales III-44

III.3.13 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales III-48

III.3.14 Ley del Sector Eléctrico III-51

III.4 Programas de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano III-57

III.5 Planes y programas sectoriales III-57

III.5.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 ..... III-58

III.5.2 Plan Estatal de Desarrollo 2023-2027 Quintana Roo III-59

III.5.3 Programa Sectorial del Medio Ambiente y Sustentabilidad III-60

III.5.4 Programa Sectorial de Desarrollo Urbano Incluyente III-61

III.5.5 Programa Sectorial de Infraestructura para el Bienestar III-61

III.5.6 Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar III-62

III.5.7 Plan Municipal de Desarrollo de Felipe Carrillo Puerto III-63

III.6 Decretos y programas de conservación y manejo de áreas naturales protegidas III-64

III.6.1 Áreas Naturales Protegidas (ANP) de jurisdicción federal, estatal o local III-64

III.6.2 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) III-64

III.6.3 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) III-65

III.6.4 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) III-65

III.6.5 Sitios Ramsar III-66
III.6.6 Conclusión del apartado III-66
III.7 Normas Oficiales Mexicanas III-66
III.8 Instrumentos jurídicos de carácter internacional III-70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Vinculación del proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos .. III-2
Tabla 2 Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente III-6
Tabla 3 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental III-10
Tabla 4 Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable III-15
Tabla 5 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable III-17
Tabla 6 Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre III-20
Tabla 7 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre III-24
Tabla 8 Vinculación del proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos III-28
Tabla 9 Vinculación del proyecto con el Reglamento y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos III-31
Tabla 10 Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático III-35
Tabla 11 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia de Registro Nacional de Emisiones III-38
Tabla 12 Vinculación del proyecto con la Ley de Planeación y Transición Energética III-41
Tabla 13 Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales III-45
Tabla 14 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales III-49
Tabla 15 Vinculación del proyecto con la Ley del Sector Eléctrico III-52
Tabla 16 Vinculación de proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 ..... III-58
Tabla 17 Vinculación del proyecto con el Plan de Desarrollo 2023-2027 de Quintana Roo III-59
Tabla 18 Vinculación del proyecto con el Programa Sectorial del Medio Ambiente y Sustentabilidad III-60
Tabla 19 Vinculación del proyecto con el Programa Sectorial de Desarrollo Urbano Incluyente . III-61
Tabla 20 Vinculación del proyecto con el Programa Sectorial de Infraestructura para el Bienestar III-62
Tabla 21 Vinculación del proyecto con el Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar III-62
Tabla 22 Vinculación del proyecto con el Plan Municipal de Desarrollo de Felipe Carrillo Puerto ... III-63
Tabla 23 Normas Oficiales Mexicanas y su vinculación con el proyecto III-67
Tabla 24 Vinculación del proyecto con instrumentos jurídicos de carácter internacional III-70

ÍNDICE DE FIGURAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

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

III.1 INTRODUCCIÓN

La presente Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional tiene la obligación sustantiva de demostrar que el proyecto denominado PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR guarda congruencia efectiva con el marco normativo vigente en los ámbitos federal, estatal y municipal, así como con los instrumentos de política ambiental, ordenamiento ecológico, desarrollo territorial y planeación energética que resultan aplicables al espacio geográfico en el que se pretende desarrollar.

Dicha obligación no constituye un ejercicio meramente formal ni declarativo, sino una condición necesaria para que la autoridad evaluadora cuente con los elementos suficientes para valorar la compatibilidad del proyecto con los objetivos de protección ambiental, desarrollo sustentable, transición energética, conservación de los recursos naturales y ordenamiento territorial establecidos en el sistema jurídico mexicano.

Esta obligación encuentra su fundamento expreso en el artículo 13, fracción III, del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, el cual establece que la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional deberá contener la vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables. La finalidad de este requerimiento es que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en su carácter de autoridad evaluadora, cuente con los elementos técnicos y jurídicos necesarios para determinar si el proyecto es compatible con las disposiciones ambientales, territoriales, forestales, hídricas, energéticas y de protección a la biodiversidad que resulten aplicables.

En este sentido, el presente capítulo tiene por objeto demostrar que la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR, a desarrollarse en el estado de Quintana Roo, dentro del ámbito territorial del municipio de Bacalar y en un Sistema Ambiental Regional que comprende los municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto, es congruente con el conjunto de disposiciones legales, reglamentarias, normativas y de planeación que le son aplicables.

Conforme a la información técnica del proyecto, la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR se localiza dentro de una poligonal de influencia aproximada de 2,040 ha, en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, en el municipio de Bacalar, Quintana Roo. Para efectos de la presente Manifestación de Impacto Ambiental, el Sistema Ambiental Regional comprende una superficie de 19,958.6168 ha, mientras que el Área del Proyecto corresponde a una superficie total de 817.19 ha. De esta última, 2.18 ha corresponden a afectación temporal, 359.41 ha a afectación permanente y 455.60 ha a zonas de reserva.

El proyecto consiste en la generación de energía eléctrica a nivel industrial mediante tecnología solar fotovoltaica, e integra como componentes principales la planta fotovoltaica, el Sistema de Almacenamiento de Energía por Baterías BESS BALAM, la Subestación Elevadora BALAM 230/34.5 kV, una línea aérea de alta tensión en 230 kV, la Subestación de Maniobras BALAM 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha. Por lo anterior, su vinculación normativa atiende tanto a la generación fotovoltaica como a sus obras eléctricas asociadas, infraestructura de evacuación, almacenamiento de energía, obra civil, manejo de residuos, protección de vida silvestre, uso del suelo, escurrimientos, drenajes y, en su caso, cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

El análisis de vinculación se desarrolla considerando el marco constitucional; la legislación federal ambiental, forestal, hídrica, energética, de vida silvestre, residuos y cambio climático; los reglamentos aplicables; las Normas Oficiales Mexicanas; los instrumentos de planeación y desarrollo; los programas de ordenamiento ecológico y territorial que resulten procedentes; así como las áreas naturales protegidas, regiones prioritarias y sitios de importancia para la conservación que guardan relación con el proyecto.

Es importante señalar que la vinculación aquí presentada no se limita a la mera enunciación de los ordenamientos aplicables, sino que analiza, para cada uno de ellos, el grado de congruencia del proyecto con sus objetivos, principios, lineamientos y disposiciones específicas. Asimismo, se identifican las obligaciones que deberán atenderse mediante medidas de prevención, mitigación, restauración, compensación ambiental o, en su caso, mediante la gestión de autorizaciones, permisos o trámites complementarios ante las autoridades competentes.

La PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR tiene como propósito contribuir a la generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de la radiación solar, mediante tecnología fotovoltaica y con apoyo de un sistema de almacenamiento por baterías. En virtud de su naturaleza, el proyecto es congruente con los objetivos nacionales de transición energética, diversificación de la matriz eléctrica, reducción de emisiones contaminantes y aprovechamiento de fuentes renovables de energía, siempre que su desarrollo se realice bajo criterios de prevención, mitigación y compensación de impactos ambientales, conforme a los términos establecidos en la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

III.2 Marco constitucional

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece las bases fundamentales sobre las que se sustenta el marco jurídico aplicable al proyecto PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR. En particular, resultan aplicables los preceptos constitucionales relativos al derecho humano a un medio ambiente sano, la rectoría del desarrollo nacional, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la regulación de la propiedad y del uso del suelo, la planeación y control del sistema eléctrico nacional, así como las atribuciones municipales en materia de desarrollo urbano, uso de suelo y autorizaciones locales.

Asimismo, considerando que el proyecto se ubica en el estado de Quintana Roo y en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, se incorpora la vinculación con las disposiciones constitucionales relativas a pueblos y comunidades indígenas, únicamente en la medida en que, conforme a la información social y territorial del proyecto, resulte aplicable la observancia de derechos colectivos, consulta o participación social.

Tabla 1 Vinculación del proyecto con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 4	*(…)* *Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.*	El proyecto se somete al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental ante la SEMARNAT con el objeto de identificar, prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales que pudieran derivarse de sus etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono. Al tratarse de una instalación de generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica,

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
		el proyecto contribuye a la diversificación de la matriz energética y al aprovechamiento de fuentes renovables. No obstante, reconoce que sus obras implican ocupación territorial, movimiento de tierras, instalación de infraestructura eléctrica, manejo de residuos, modificación temporal y permanente de superficies, así como posible afectación a flora, fauna, suelo y escurrimientos, por lo que se deberán implementar medidas de protección ambiental, manejo de vida silvestre, control de residuos, prevención de contaminación y conservación de los recursos naturales.
Artículo 25	*Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación… (…)* *Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente*	La PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR constituye un proyecto privado de generación de energía eléctrica a nivel industrial mediante tecnología solar fotovoltaica. Su desarrollo se vincula con el mandato constitucional de promover un desarrollo nacional integral y sustentable, al incorporar una fuente renovable de generación eléctrica y un sistema de almacenamiento de energía por baterías. La participación del promovente en el sector energético deberá realizarse con responsabilidad social y ambiental, sujetándose a las disposiciones federales, estatales y municipales aplicables, así como a las medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental que se deriven de la presente MIA-R y de la resolución que emita la SEMARNAT.
Artículo 27	*La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.* *Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización. (…)* *La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. (…)*	El proyecto se desarrollará en terrenos ubicados dentro del Ejido Manuel Ávila Camacho, en el municipio de Bacalar, Quintana Roo, por lo que deberá acreditar la disponibilidad legal de los predios y el cumplimiento de las disposiciones agrarias, civiles, ambientales y administrativas aplicables. Asimismo, al ocupar una superficie del Área del Proyecto de 817.19 ha, integrada por áreas de afectación temporal, permanente y zonas de reserva, su desarrollo queda sujeto a las modalidades de interés público establecidas por la legislación ambiental, forestal, hídrica, de ordenamiento territorial y de uso del suelo. En caso de que se confirme la presencia de terrenos forestales, selvas

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
		o vegetación forestal en las áreas de intervención, el promovente deberá obtener la autorización correspondiente de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, además de cumplir con las medidas de conservación, restauración y compensación que resulten aplicables.
Artículo 115	*Los estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, democrático, laico y popular, teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa, el municipio libre… (…) V Los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para: a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal; b) Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales; c) Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren Proyecto s de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios; d) Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales; e) Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana; f) Otorgar licencias y permisos para construcciones; g) Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia; h) Intervenir en la formulación y aplicación de programas de transporte público de pasajeros cuando aquellos afecten su ámbito territorial; e i) Celebrar convenios para la administración y custodia de las zonas federales. En lo conducente y de conformidad a los fines señalados en el párrafo tercero del artículo 27 de esta Constitución, expedirán los reglamentos y disposiciones administrativas que fueren necesarios. Los bienes inmuebles de la Federación ubicados en los Municipios estarán exclusivamente bajo la jurisdicción de los poderes federales, sin perjuicio de los convenios que puedan celebrar en términos del inciso i) de esta fracción.*	El proyecto se ubica en el municipio de Bacalar, Quintana Roo, y su Sistema Ambiental Regional comprende también el municipio de Felipe Carrillo Puerto. Por ello, además de la autorización federal en materia de impacto ambiental, el promovente deberá gestionar, en el ámbito de competencia municipal y estatal, las autorizaciones, factibilidades, licencias, permisos de construcción, constancias de uso de suelo, compatibilidades urbanísticas o autorizaciones administrativas que resulten procedentes conforme a la legislación local. La ejecución del proyecto deberá ser congruente con los instrumentos municipales de desarrollo urbano, ordenamiento territorial y regulación del uso del suelo que resulten aplicables.

Con base en lo anterior, la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR se vincula con el marco constitucional mexicano al constituir un proyecto de generación de energía eléctrica mediante una fuente renovable, sujeto al cumplimiento de las disposiciones ambientales, territoriales, agrarias, hídricas, forestales, energéticas y municipales aplicables. La viabilidad del proyecto dependerá de que su ejecución observe los principios constitucionales de desarrollo sustentable, protección ambiental, conservación de los recursos naturales, respeto a los derechos sociales y colectivos, legalidad en el uso del suelo y cumplimiento de las autorizaciones que emitan las autoridades competentes.

III.3 MARCO JURÍDICO FEDERAL

El presente apartado analiza la congruencia de la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR con las disposiciones de la legislación federal aplicable. Para cada ordenamiento se identifican los preceptos directamente vinculados con el proyecto y se establece la forma en que sus obras, actividades, componentes e impactos potenciales se sujetan a las obligaciones previstas por el marco jurídico ambiental mexicano.

El proyecto corresponde a una obra del sector eléctrico, consistente en la generación de energía eléctrica a nivel industrial mediante tecnología solar fotovoltaica, con infraestructura asociada para almacenamiento, transformación, interconexión y evacuación de energía. De acuerdo con la información técnica disponible, el proyecto integra la planta fotovoltaica, el sistema de almacenamiento de energía por baterías BESS BALAM, la Subestación Elevadora BALAM 230/34.5 kV, una línea aérea de alta tensión en 230 kV, la Subestación de Maniobras BALAM 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha.

En razón de lo anterior, el marco jurídico federal aplicable comprende, entre otros ordenamientos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental; la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento, en caso de confirmarse la afectación a terrenos forestales o vegetación forestal; la Ley General de Vida Silvestre; la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento; la Ley General de Cambio Climático; la legislación aplicable en materia energética; y la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

La vinculación jurídica que se presenta en este apartado considera las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono del proyecto, así como los impactos asociados a la ocupación temporal y permanente de superficies, movimiento de tierras, instalación de módulos fotovoltaicos, seguidores, inversores, transformadores, subestaciones eléctricas, líneas de media y alta tensión, sistemas de almacenamiento de energía, caminos internos, drenajes, canalizaciones, manejo de residuos y medidas de protección ambiental.

III.3.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) constituye el ordenamiento jurídico federal que establece los principios rectores de la política ambiental en México y regula la preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y con última reforma publicada el 19 de enero de 2026, esta Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable, garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano, y establecer las bases para la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en el territorio nacional.

En relación con la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR, la LGEEPA resulta aplicable por dos razones principales. La primera es que regula el procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental, al cual deben sujetarse las obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos para proteger el ambiente. La segunda es que establece los principios de política ambiental que orientan el desarrollo del proyecto, incluyendo la prevención de impactos, la protección de ecosistemas, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la responsabilidad ambiental y la compatibilidad del desarrollo económico con la conservación del ambiente.

En este contexto, la presente MIA-R se elabora con el propósito de informar a la SEMARNAT los posibles impactos ambientales derivados de la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR, así como las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación propuestas para asegurar que el proyecto se desarrolle conforme a los principios establecidos en la LGEEPA.

Tabla 2 Vinculación del proyecto con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 3	*(…)* *XXI.- Manifestación de Impacto Ambiental: El documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo; (...)*	La presente MIA-R se integra conforme a esta definición legal, al describir los impactos ambientales potenciales asociados a la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR, incluyendo sus componentes fotovoltaicos, sistema BESS, subestaciones, líneas eléctricas, caminos, canalizaciones, drenajes y demás obras auxiliares. Asimismo, el documento establece las medidas para evitar, reducir, controlar o compensar los impactos negativos que pudieran generarse durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono.
Artículo 15	*Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración de equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios: (...)* *II.- Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad; (...)* *IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente, promueva o realice acciones de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales; (...)*	El proyecto adopta el principio preventivo al someterse a evaluación de impacto ambiental antes de su ejecución. Asimismo, reconoce la necesidad de proteger los ecosistemas presentes en el SAR y en el Área del Proyecto, evitando afectaciones innecesarias y aplicando medidas de manejo ambiental. La generación eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica representa un aprovechamiento de la radiación solar, sin combustión directa durante la operación; no obstante, se implementarán medidas para prevenir impactos derivados de la ocupación del suelo, modificación de coberturas, generación de residuos, tránsito de maquinaria, instalación de infraestructura eléctrica y manejo del sistema de almacenamiento por baterías.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 19	*En la formulación del ordenamiento ecológico se deberán considerar los siguientes criterios: I.- La naturaleza y características de los ecosistemas existentes en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce soberanía y jurisdicción; II.- La vocación de cada zona o región, en función de sus recursos naturales, la distribución de la población y las actividades económicas predominantes; III.- Los desequilibrios existentes en los ecosistemas por efecto de los asentamientos humanos, de las actividades económicas o de otras actividades humanas o fenómenos naturales; IV.- El equilibrio que debe existir entre los asentamientos humanos y sus condiciones ambientales; V.- El impacto ambiental de nuevos asentamientos humanos, vías de comunicación y demás obras o actividades; VI.- Las modalidades que de conformidad con la presente Ley, establezcan los decretos por los que se constituyan las áreas naturales protegidas, así como las demás disposiciones previstas en el programa de manejo respectivo, en su caso; y VII.- Las cuencas hidrográficas e hidrológicas y acuíferos existentes regulados por los ordenamientos respectivos.*	La PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR deberá ser congruente con los instrumentos de ordenamiento ecológico y territorial aplicables al municipio de Bacalar, al estado de Quintana Roo y al ámbito regional del SAR. La presente MIA-R considera la vocación ambiental del área, la ubicación del proyecto en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, la relación con asentamientos cercanos, la existencia de infraestructura carretera y eléctrica, así como las condiciones ambientales regionales. Las obras del proyecto deberán ejecutarse respetando los criterios de protección, conservación, restauración o aprovechamiento sustentable que establezcan los ordenamientos aplicables.
Artículo 19 BIS	*El ordenamiento ecológico del territorio nacional y de las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, se llevará a cabo a través de los programas de ordenamiento ecológico: I.- General del Territorio; II.- Regionales; III.- Locales; y IV.- Marinos.*	El proyecto reconoce la obligatoriedad de considerar los programas de ordenamiento ecológico en sus diferentes niveles. En consecuencia, la vinculación del proyecto se realizará con los instrumentos de ordenamiento ecológico general, regional, estatal o local que resulten aplicables al Área del Proyecto y al Sistema Ambiental Regional, evaluando la compatibilidad de sus componentes con los usos, políticas, lineamientos y criterios ecológicos correspondientes.
Artículo 28	*La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría. (...)* *II. Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica; (…)* *VII. Quedarán sujetos a la evaluación del impacto ambiental los cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.*	La PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR se ubica dentro del supuesto de evaluación de impacto ambiental federal por tratarse de un proyecto del sector eléctrico que contempla generación de energía, transformación, almacenamiento e infraestructura de evacuación. Sus componentes incluyen la planta fotovoltaica, el sistema BESS BALAM, la Subestación Elevadora BALAM 230/34.5 kV, una línea aérea de alta tensión en 230 kV, la Subestación de Maniobras BALAM 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha. Asimismo, en caso de confirmarse la afectación a terrenos forestales, selvas o vegetación forestal, el proyecto deberá atender también el supuesto relativo al cambio de uso de suelo en terrenos forestales, conforme a la legislación aplicable.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 30	*Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en él o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. […]*	La presente MIA-R se formula para cumplir con este precepto, integrando la descripción técnica del proyecto, la caracterización del Sistema Ambiental Regional, la identificación y evaluación de impactos ambientales acumulativos, sinérgicos y residuales, así como las estrategias de prevención, mitigación, restauración y compensación. El análisis comprende tanto las obras de generación fotovoltaica como el sistema de almacenamiento, infraestructura eléctrica, caminos, drenajes, canalizaciones, subestaciones y obras de interconexión.
Artículo 35	*Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días. Para la autorización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28, la Secretaría se sujetará a lo que establezcan los ordenamientos antes señalados, así como los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico del territorio, las declaratorias de áreas naturales protegidas y las demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Asimismo, para la autorización a que se refiere este artículo, la Secretaría deberá evaluar los posibles efectos de dichas obras o actividades en el o los ecosistemas de que se trate, considerando el conjunto de elementos que los conforman y no únicamente los recursos que, en su caso, serían sujetos de aprovechamiento o afectación. Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá:* *I.- Autorizar la realización de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados;* *II.- Autorizar de manera condicionada la obra o actividad de que se trate, a la modificación del proyecto o al establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que se eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista, o* *III.- Negar la autorización solicitada, cuando: a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables; b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte*	El promovente se sujeta al procedimiento de evaluación ambiental ante la SEMARNAT y se compromete a atender las condicionantes que, en su caso, establezca la autoridad en la resolución correspondiente. La MIA-R incorpora el análisis de los ordenamientos jurídicos, instrumentos de planeación, normas oficiales mexicanas, programas de ordenamiento ecológico, áreas naturales protegidas y regiones prioritarias que resulten aplicables, a fin de acreditar la compatibilidad ambiental y territorial del proyecto.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	a una de dichas especies, o c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate. La Secretaría podrá exigir el otorgamiento de seguros o garantías respecto del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización, en aquellos casos expresamente señalados en el reglamento de la presente Ley, cuando durante la realización de las obras puedan producirse daños graves a los ecosistemas. La resolución de la Secretaría sólo se referirá a los aspectos ambientales de las obras y actividades de que se trate.	
Artículo 136	*Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:* *I. La contaminación del suelo;* *II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;* *III. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación, y* *IV. Riesgos y problemas de salud.*	Durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono, el proyecto generará residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y, potencialmente, residuos peligrosos asociados al mantenimiento de maquinaria, equipos eléctricos, transformadores, baterías, envases, aceites, materiales impregnados y componentes eléctricos. Por ello, el proyecto deberá implementar un Programa de Manejo de Residuos que contemple la separación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, valorización, reciclaje, tratamiento o disposición final mediante prestadores de servicios autorizados, evitando su disposición directa sobre el suelo y previniendo riesgos de contaminación.

Con base en lo anterior, la PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA BALAM SOLAR se considera jurídicamente vinculada con la LGEEPA al tratarse de una obra del sector eléctrico sujeta a evaluación de impacto ambiental federal. La presentación de la MIA-R constituye el instrumento mediante el cual el promovente informa a la SEMARNAT los posibles impactos ambientales del proyecto y propone las medidas necesarias para evitarlos, mitigarlos, restaurarlos o compensarlos, garantizando que su ejecución se realice bajo criterios de desarrollo sustentable, prevención de la contaminación, conservación de la biodiversidad y protección del equilibrio ecológico.

III.3.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA)

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de mayo de 2000, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 31 de octubre de 2014. Este ordenamiento constituye el instrumento reglamentario que desarrolla y da operación al procedimiento de evaluación de impacto ambiental establecido en la LGEEPA, dotándolo de precisión técnica y jurídica en cuanto a las obras y actividades sujetas a autorización, las modalidades bajo las que debe presentarse la Manifestación de Impacto Ambiental, los contenidos mínimos que ésta debe incluir, los plazos del procedimiento administrativo y las obligaciones que asume el promovente frente a la autoridad evaluadora durante todas las etapas del proceso.

Este Reglamento resulta directamente aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, ya que establece los supuestos de competencia federal en materia de impacto ambiental, las modalidades bajo las cuales debe presentarse la Manifestación de Impacto Ambiental, los contenidos mínimos que debe incluir el estudio, así como los criterios que la SEMARNAT deberá considerar al evaluar los impactos ambientales de las obras y actividades propuestas.

El Área del Proyecto se ubica dentro de una poligonal de influencia aproximada de 2,040 ha, en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, en el municipio de Bacalar, Quintana Roo. La superficie de intervención directa considerada para el proyecto comprende 817.19 ha, integradas por 2.18 ha de afectación temporal, 359.41 ha de afectación permanente y 455.60 ha de zonas de reserva.

En este contexto, la presente MIA-R se elabora en atención a los supuestos reglamentarios aplicables al sector eléctrico y a las obras asociadas al proyecto, con el propósito de que la SEMARNAT evalúe de manera integral sus posibles efectos ambientales, incluyendo los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que pudieran generarse dentro del Sistema Ambiental Regional.

Tabla 3 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 3°, fracciones I Ter, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XIII y XIV	*Para los efectos del presente Reglamento se considerarán las definiciones contenidas en la ley y la siguientes: (...)* *I Ter. Cambio de Uso de suelo: Modificación de la vocación natural o predominante de los terrenos, llevada a cabo por el hombre a través de la remoción total o parcial de la vegetación;* *II. Especies de difícil regeneración: Las especies vulnerables a la extinción biológica por la especificidad de sus requerimientos de hábitat y de las condiciones para su reproducción;* *III. Daño ambiental: Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso; (...)* *VI. Desequilibrio ecológico grave: Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas;* *VII. Impacto ambiental acumulativo: El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente;* *IX. Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la*	La **Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar** se vincula con estas definiciones al requerir la identificación y evaluación de los impactos ambientales que pudieran derivarse de sus etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono. La MIA-R considera los efectos asociados a la ocupación temporal y permanente de superficies, instalación de módulos fotovoltaicos, seguidores, inversores, transformadores, centros de transformación, sistema BESS, subestaciones, líneas eléctricas, caminos, canalizaciones, drenajes y obras auxiliares. Asimismo, el proyecto incorpora medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación orientadas a evitar, reducir o controlar impactos sobre suelo, agua, flora, fauna, paisaje, escurrimientos, residuos y funcionalidad ambiental del SAR.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
	continuidad de los procesos naturales, *X. Impacto ambiental residual: El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación; (...)*	
Artículo 4, fracciones I y VI	*Corresponde a la Secretaría:* *I. Evaluar el impacto ambiental y emitir las resoluciones correspondientes para la realización de proyectos de obras o actividades a que se refiere el presente reglamento; (…)* *VI. Vigilar el cumplimiento de las disposiciones de este reglamento, así como la observancia de las resoluciones previstas en el mismo, e imponer las sanciones y demás medidas de control y de seguridad necesarias, con arreglo a las disposiciones legales y reglamentarias aplicables, (...)*	El promovente somete el proyecto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental ante la SEMARNAT, autoridad competente para revisar la MIA-R, valorar sus impactos y, en su caso, emitir la autorización correspondiente. Asimismo, el promovente reconoce que, durante la ejecución del proyecto, quedará sujeto a las facultades de inspección, vigilancia y verificación de la autoridad ambiental, así como al cumplimiento de las condicionantes que se establezcan en la resolución respectiva.
Artículo 5, inciso K), fracciones I, II, III y IV	*Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:* *K) Industria Eléctrica:* *I. Construcción de plantas nucleoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas o termoeléctricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, con excepción de las plantas de generación con una capacidad menor o igual a medio MW, utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales;* *II. Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución;* *III. Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica, y* *IV. Plantas de cogeneración y autoabastecimiento de energía eléctrica mayores a 3MW; (…)*	El proyecto se vincula con este precepto al formar parte del sector eléctrico y contemplar obras de generación de energía eléctrica a nivel industrial, con una capacidad instalada de 202.2 MWac en la planta fotovoltaica, así como infraestructura asociada de transformación, almacenamiento e interconexión. De manera específica, el proyecto incluye la Subestación Elevadora Balam 230/34.5 kV, la Subestación de Maniobras Balam 230 kV, una línea aérea de alta tensión en 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha. Por tanto, la presentación de la MIA-R atiende el supuesto reglamentario relativo a la industria eléctrica y sus obras asociadas.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 5 inciso O, fracción I y II	*I. Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, con excepción de la construcción de vivienda unifamiliar y del establecimiento de instalaciones comerciales o de servicios en predios menores a 1000 metros cuadrados, cuando su construcción no implique el derribo de arbolado en una superficie mayor a 500 metros cuadrados, o la eliminación o fragmentación del hábitat de ejemplares de flora o fauna sujetos a un régimen de protección especial de conformidad con las normas oficiales mexicanas y otros instrumentos jurídicos aplicables;* *II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso, con excepción de las actividades agropecuarias de autoconsumo familiar, que se realicen predios con pendientes inferiores al cinco por ciento, cuando no impliquen la agregación ni el desmonte de más del veinte por ciento de la superficie total y ésta no rebase 2 hectáreas en zonas templadas y 5 en zonas áridas, (…)*	En caso de que la caracterización ambiental y forestal del Área del Proyecto confirme la presencia de vegetación forestal, selvas o terrenos forestales en las superficies de intervención, la remoción total o parcial de dicha cobertura para el establecimiento de infraestructura fotovoltaica, eléctrica, caminos, subestaciones, canalizaciones, obras auxiliares o áreas asociadas configurará el supuesto de cambio de uso de suelo en terrenos forestales. En tal caso, el promovente deberá integrar la información técnica correspondiente y gestionar las autorizaciones aplicables ante la SEMARNAT, de conformidad con la LGEEPA, el REIA, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento.
Artículo 9	*Los promoventes deberán presentar ante la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, en la modalidad que corresponda, para que ésta realice la evaluación del proyecto de la obra o actividad respecto de la que se solicita autorización.* *La información que contenga la manifestación de impacto ambiental deberá referirse a circunstancias ambientales relevantes vinculadas con la realización del proyecto.* *La Secretaría proporcionará a los promoventes guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo con el tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo. La Secretaría publicará dichas guías en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica.*	La presente MIA-R se presenta ante la SEMARNAT con el propósito de que la autoridad evalúe la viabilidad ambiental de la **Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar**, considerando la información técnica y ambiental relevante del proyecto. El estudio incorpora la descripción de las obras y actividades, la caracterización del Sistema Ambiental Regional, la identificación y evaluación de impactos, así como las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación correspondientes.
Artículo 10	*Las manifestaciones de impacto ambiental deberán presentarse en las siguientes modalidades:* *I. Regional, o* *II. Particular*	La presente Manifestación de Impacto Ambiental se presenta en modalidad Regional, considerando la magnitud del proyecto, la existencia de múltiples componentes eléctricos y de almacenamiento, la delimitación de un Sistema Ambiental Regional de 19,958.6168 ha y la necesidad de evaluar los impactos ambientales acumulativos, sinérgicos y residuales asociados a la instalación y operación

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
		del proyecto dentro del contexto ambiental regional.
Artículo 13	*La manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional, deberá contener la siguiente información:* *I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental;* *II. Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo;* *III. Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables;* *IV. Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región;* *V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;* *VI. Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional;* *VII. Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas, y* *VIII. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.*	La presente MIA-R se estructura conforme a los contenidos previstos en este artículo. En particular, el presente Capítulo III atiende la fracción III, al desarrollar la vinculación del proyecto con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables en los ámbitos constitucional, federal, estatal y municipal. Asimismo, los capítulos subsecuentes abordan la descripción del SAR, la evaluación de impactos acumulativos y residuales, las medidas de prevención y mitigación, los pronósticos ambientales y los elementos técnicos que sustentan el análisis.
Artículo 14	*Cuando la realización de una obra o actividad que requiera sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental involucre, además, el cambio de uso del suelo de áreas forestales y en selvas y zonas áridas, los promoventes podrán presentar una sola manifestación de impacto ambiental que incluya la información relativa a ambos proyectos.*	En caso de que se confirme que el proyecto involucra cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la MIA-R podrá integrar la información ambiental correspondiente para que la autoridad evalúe de manera conjunta los impactos derivados tanto de las obras del sector eléctrico como de la remoción de vegetación forestal. Lo anterior permitirá una valoración integral de los efectos del proyecto sobre el SAR y sobre los ecosistemas presentes en el Área del Proyecto.
Artículo 44	*Al evaluar las manifestaciones de impacto ambiental la Secretaría deberá considerar:* *I. Los posibles efectos de las obras o actividades a desarrollarse en el o los ecosistemas de que se trate, tomando en cuenta el conjunto de elementos que los conforman, y no únicamente los recursos que fuesen objeto de aprovechamiento o afectación;* *II. La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos, y*	La MIA-R evalúa los posibles efectos del proyecto sobre el conjunto de componentes ambientales del SAR, incluyendo suelo, agua, aire, vegetación, fauna, paisaje, escurrimientos, procesos ecológicos y elementos socioeconómicos. El análisis no se limita a las áreas de ocupación directa, sino que considera la interacción del proyecto con el contexto ambiental regional. Asimismo, el promovente propone medidas preventivas y de mitigación orientadas a reducir los impactos durante la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono del proyecto.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
	III. En su caso, la Secretaría podrá considerar las medidas preventivas, de mitigación y las demás que sean propuestas de manera voluntaria por el solicitante, para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.	

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula de manera directa con el REIA al tratarse de un proyecto del sector eléctrico sujeto al procedimiento de evaluación de impacto ambiental federal. La presentación de la MIA-R permite a la SEMARNAT analizar integralmente los impactos potenciales del proyecto y establecer, en su caso, las condiciones, medidas y obligaciones necesarias para garantizar su compatibilidad con la protección ambiental, la conservación de los ecosistemas y el desarrollo sustentable.

III.3.3 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 1 de abril de 2024. Este ordenamiento regula la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales del país, así como sus recursos y servicios ambientales asociados, estableciendo la concurrencia entre los tres órdenes de gobierno en la materia.

Este ordenamiento resulta directamente aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que las actividades de preparación del sitio, construcción e instalación de infraestructura implicarán la remoción parcial de vegetación forestal para el establecimiento de obras permanentes y temporales asociadas a la planta fotovoltaica, sistema de almacenamiento, infraestructura eléctrica, caminos, canalizaciones, subestaciones y demás obras auxiliares.

El proyecto se pretende desarrollar en el municipio de Bacalar, Quintana Roo, dentro de terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, en una poligonal de influencia aproximada de 2,040 ha. El Área del Proyecto comprende una superficie total de 817.19 ha, integrada por 2.18 ha de afectación temporal, 359.41 ha de afectación permanente y 455.60 ha de zonas de reserva. Dentro de dicha superficie se prevé la instalación de los componentes principales del proyecto, incluyendo áreas fotovoltaicas, caminos de acceso, líneas de media tensión, línea de evacuación, sistema BESS Balam, Subestación Elevadora Balam y Subestación de Maniobras Balam.

En virtud de que el proyecto implica la remoción de vegetación forestal, el promovente deberá obtener, previo al inicio de cualquier actividad que implique desmonte o eliminación de dicha cobertura, la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales ante la SEMARNAT, mediante la presentación del Estudio Técnico Justificativo correspondiente. Dicho instrumento deberá acreditar que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantiene, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación serán mitigados en las áreas afectadas por la remoción de vegetación forestal.

Asimismo, la autorización de cambio de uso de suelo deberá incorporar los programas de rescate y reubicación de especies de flora y fauna silvestre que pudieran resultar afectadas, así como las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental que resulten aplicables.

En este sentido, la presente MIA-R considera la vinculación con la legislación forestal como un componente central para la viabilidad ambiental del proyecto.

Tabla 4 Vinculación del proyecto con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 7°, fracciones VI y LXX	*VI. Cambio de uso del suelo en terreno forestal: La remoción total o parcial de la vegetación forestal de los terrenos forestales arbolados o de otros terrenos forestales para destinarlos o inducirlos a actividades no forestales.* *LXXI Terreno forestal: Es el que está cubierto por vegetación forestal o vegetación secundaria nativa, y produce bienes y servicios forestales.*	La remoción parcial de vegetación forestal para destinar las superficies intervenidas a la instalación de módulos fotovoltaicos, seguidores, inversores, centros de transformación, caminos, líneas eléctricas, sistema BESS, subestaciones y obras auxiliares configura el supuesto de cambio de uso de suelo en terreno forestal. Por ello, el promovente deberá gestionar la autorización correspondiente ante la SEMARNAT previo al inicio de cualquier actividad de desmonte o remoción de vegetación forestal. Las áreas del proyecto que presentan vegetación forestal o vegetación secundaria nativa deberán ser consideradas terrenos forestales para efectos de la LGDFS. En consecuencia, la intervención de dichas superficies deberá evaluarse conforme al procedimiento de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, considerando los bienes y servicios ambientales asociados a la cobertura vegetal existente.
Artículo 68	*Corresponderá a la Secretaría emitir los siguientes actos y autorizaciones: (…)* *I. Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, por excepción (…)* *VIII. Inscripción de prestadores de servicios forestales en el Registro Federal Nacional, y (...)*	La SEMARNAT es la autoridad competente para evaluar y, en su caso, autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales requerido por el proyecto. El promovente deberá presentar la solicitud correspondiente, acompañada del Estudio Técnico Justificativo, para acreditar la procedencia excepcional del cambio de uso de suelo y la viabilidad ambiental de la remoción de vegetación forestal.
Artículo 93	*La Secretaría solo podrá autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos cuyo contenido se establecerá en el Reglamento, los cuales demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, y que la erosión de los suelos, la capacidad de almacenamiento de carbono, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal.* *En las autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, la Secretaría deberá dar respuesta debidamente fundada y motivada a las opiniones técnicas emitidas por los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate.* *Las autorizaciones que se emitan deberán integrar un programa de rescate y reubicación de*	El promovente deberá elaborar y presentar ante la SEMARNAT el Estudio Técnico Justificativo correspondiente, en el cual se demuestre la viabilidad ambiental del cambio de uso de suelo solicitado. Dicho estudio deberá incluir el análisis de la biodiversidad, erosión de suelos, captación e infiltración de agua, almacenamiento de carbono, servicios ambientales, medidas de mitigación, programa de rescate y reubicación de flora y fauna, así como acciones de restauración y compensación ambiental. La autorización que, en su caso, emita la autoridad deberá sujetarse a los ordenamientos ecológicos, Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
	especies de la flora y fauna afectadas y su adaptación al nuevo hábitat conforme se establezca en el Reglamento. Dichas autorizaciones deberán sujetarse a lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamientos ecológicos correspondientes, las Normas Oficiales Mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables. *Tratándose de terrenos ubicados en territorios indígenas, la autorización de cambio de uso de suelo además deberá acompañarse de medidas de consulta previa, libre, informada, culturalmente adecuada y de buena fe, en los términos de la legislación aplicable. Para ello, la Secretaría se coordinará con el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.*	
Artículo 96	*Los titulares de autorizaciones de cambio de uso de suelo en terrenos forestales deberán presentar los informes periódicos sobre la ejecución y desarrollo del mismo, en los términos que establezca el Reglamento de la presente Ley.*	Una vez obtenida la autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el promovente deberá presentar ante la SEMARNAT los informes periódicos correspondientes, reportando el avance de las actividades autorizadas, el cumplimiento de condicionantes, la ejecución de medidas de rescate, mitigación, restauración y compensación, así como los resultados del seguimiento ambiental.
Artículo 97	*No se podrá otorgar autorización de cambio de uso de suelo en un terreno incendiado sin que hayan pasado 20 años y que se acredite a la Secretaría que la vegetación forestal afectada se ha regenerado, mediante los mecanismos que, para tal efecto, se establezcan en el Reglamento de esta Ley.*	Previo a la solicitud de autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, el promovente deberá verificar las condiciones de la cobertura vegetal en las áreas de intervención, así como la posible existencia de antecedentes de pérdida de vegetación por incendio, tala o desmonte. En caso de identificarse áreas con dichas condiciones, deberá acreditarse ante la autoridad la situación jurídica y ambiental correspondiente, a fin de cumplir con las restricciones establecidas por este artículo.
Artículo 98	*Los interesados en el cambio de uso de suelo en terrenos forestales deberán comprobar que realizaron el depósito ante el Fondo Forestal Mexicano, por concepto de compensación ambiental, para que se lleven a cabo acciones de restauración de los ecosistemas que se afecten, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica en donde se ubique la autorización del Proyecto, en los términos y condiciones que establezca el Reglamento.*	El promovente deberá realizar el depósito de compensación ambiental ante el Fondo Forestal Mexicano por la superficie autorizada para cambio de uso de suelo en terrenos forestales, conforme al monto y condiciones que determine la autoridad. Asimismo, deberán implementarse acciones de restauración, reforestación o compensación ambiental, preferentemente dentro de la cuenca hidrográfica donde se ubica el proyecto, con el fin de contribuir a la recuperación de los ecosistemas afectados.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula de manera directa con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, toda vez que su desarrollo implica la remoción parcial de vegetación forestal y, por tanto, requiere la obtención de la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales ante la SEMARNAT. Para ello, el promovente deberá demostrar mediante el Estudio Técnico Justificativo que la biodiversidad y los servicios ambientales de los

ecosistemas afectados se mantienen o se mitigan adecuadamente, e implementar las medidas de rescate, reubicación, restauración, compensación y seguimiento que resulten procedentes.

III.3.4 Reglamento de la Ley General del Desarrollo Forestal Sustentable

El Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de diciembre de 2020, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 20 de noviembre de 2025. Este ordenamiento desarrolla e indica las disposiciones de la LGDFS en el ámbito de competencia federal, estableciendo los procedimientos, requisitos, plazos y contenidos técnicos aplicables a los trámites forestales, con especial relevancia para la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSF).

Este ordenamiento resulta directamente aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que su desarrollo implica la remoción parcial de vegetación forestal para el establecimiento de infraestructura de generación eléctrica, almacenamiento de energía, caminos, líneas eléctricas, subestaciones, canalizaciones, áreas de maniobra y demás obras auxiliares. Por lo anterior, el promovente deberá obtener la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales ante la SEMARNAT, mediante la presentación del Estudio Técnico Justificativo correspondiente.

En este contexto, la vinculación con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable se centra en los requisitos de solicitud, el contenido mínimo del Estudio Técnico Justificativo, el procedimiento de evaluación, la visita técnica, la compensación ambiental, el manejo de materias primas forestales derivadas del cambio de uso de suelo y las obligaciones de seguimiento e informes a cargo del titular de la autorización.

Tabla 5 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Articulo 141	*Los estudios técnicos justificativos a que se refiere el artículo 93 de la Ley, deberán contener, por lo menos, lo siguiente:* *I. Descripción del o los usos que se pretendan dar al terreno;* *II. Ubicación y superficie total del o los polígonos donde se pretenda realizar el Cambio de uso del suelo en los Terrenos forestales, precisando su localización geográfica en los planos del predio correspondiente, los cuales estarán georreferenciados y expresados en coordenadas UTM;* *III. Descripción de los elementos físicos y biológicos de la Cuenca hidrográfica, subcuenca y microcuenca, donde se encuentre ubicada la superficie solicitada incluyendo clima, tipos de suelo, topografía, hidrografía, geología y la composición y estructura florística por tipos de vegetación y composición de grupos faunísticos;* *IV. Descripción de las condiciones del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales, que incluya clima, tipos de suelo, pendiente media, relieve, hidrografía y tipos de vegetación y de fauna;* *V. Un análisis comparativo de la composición florística y faunística del área sujeta a Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales con relación a los tipos de vegetación del ecosistema dentro de la cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, que permita determinar el grado de afectación por el Cambio de uso de suelo en Terrenos forestales;* *VI. Un análisis comparativo de las tasas de erosión de los suelos, así como la calidad, captación e infiltración del agua, en el área solicitada respecto a las que se tendrán después de la remoción de la Vegetación forestal;* *VII. Estimación del volumen en metros cúbicos, por especie y por predio, ¡de las Materias primas forestales derivadas del Cambio de uso de suelo;* *VIII. Plazo propuesto y la programación de las acciones para la ejecución del Cambio de uso de suelo;* *IX. Propuesta de programa de rescate y reubicación de especies de flora y fauna que pudieran resultar afectadas y su adaptación al nuevo hábitat, en caso de autorizarse el Cambio de uso de suelo;* *X. Medidas de prevención y mitigación por la afectación sobre los Recursos forestales, el agua, la flora y fauna silvestres aplicables durante las distintas etapas del desarrollo del Cambio de uso de suelo;* *XI. Servicios ambientales que se verán afectados por el Cambio de uso de suelo propuesto;* *XII. Análisis que demuestren que la biodiversidad*	El Estudio Técnico Justificativo del proyecto deberá integrar la información técnica necesaria para acreditar la procedencia del cambio de uso de suelo en terrenos forestales asociado a la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar. Dicho estudio deberá describir los usos propuestos, delimitar geográficamente los polígonos sujetos a CUSTF, caracterizar la cuenca, subcuenca o microcuenca, identificar los tipos de vegetación y fauna presentes, estimar el volumen de materias primas forestales a remover, evaluar los servicios ambientales afectados y demostrar que la biodiversidad de los ecosistemas afectados se mantiene mediante medidas de prevención, mitigación, rescate, reubicación, restauración y compensación ambiental. El proyecto deberá contar con un Programa de Rescate y Reubicación de Flora y Fauna, y un programa de reforestación asociado al CUSTF. Este programa deberá definir las especies objetivo, los sitios de rescate y reubicación, las acciones de manejo, mantenimiento y seguimiento, así como indicadores de supervivencia y adaptación. Las áreas de reubicación deberán seleccionarse preferentemente dentro del ecosistema afectado o en zonas vecinas con condiciones ambientales compatibles.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
	de los ecosistemas que se verán afectados por el Cambio del uso de suelo se mantenga; XIII. Datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios forestales que haya elaborado el estudio, y del que estará a cargo de la ejecución del Cambio de uso de suelo; XIV. Aplicación de los criterios establecidos en los programas de ordenamiento ecológico del territorio en sus diferentes categorías, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas aplicables, y XV. Los demás requisitos que establezcan otras disposiciones jurídicas. *La propuesta de programa a que se refiere la fracción IX del presente artículo deberá incluir el nombre de las especies a rescatar, la densidad de plantación, el Plano georreferenciado del sitio donde serán reubicadas dentro del ecosistema afectado, preferentemente en áreas vecinas o cercanas a donde se realizarán los trabajos de Cambio de uso de suelo, así como las acciones que aseguren al menos un ochenta por ciento de supervivencia de las referidas especies, los periodos de ejecución de dichas acciones y de su mantenimiento.* *Para efectos de lo previsto en la fracción XIV del presente artículo, los interesados identificarán los criterios de los programas de ordenamiento ecológico que emitan las autoridades competentes de los tres órdenes de gobierno, atendiendo al uso que se pretende dar al Terreno forestal*	

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula directamente con el Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, toda vez que sus obras implican la remoción parcial de vegetación forestal y, por tanto, requieren la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales. El promovente deberá elaborar el Estudio Técnico Justificativo conforme al contenido mínimo reglamentario, acreditar la disponibilidad legal de los terrenos, someterse al procedimiento de evaluación correspondiente, cubrir el depósito de compensación ambiental y cumplir con las obligaciones de seguimiento, informes, rescate, reubicación, mitigación, restauración y compensación que determine la SEMARNAT.

III.3.5 Ley General de Vida Silvestre

La Ley General de Vida Silvestre fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 16 de julio de 2025. Este ordenamiento regula la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio nacional, estableciendo las bases para la protección de las especies y poblaciones en riesgo, así como los criterios que deben observarse en el desarrollo de obras y actividades que puedan afectar los ecosistemas y su biodiversidad.

Este ordenamiento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que las obras de preparación del sitio, construcción, instalación de infraestructura y operación del proyecto se desarrollarán en un entorno con presencia de vegetación forestal que constituye hábitat para especies de flora y fauna silvestre. La remoción parcial de dicha vegetación, así como la apertura o adecuación de caminos, instalación de módulos fotovoltaicos, centros de transformación, canalizaciones, líneas eléctricas, sistema BESS, subestaciones y demás obras auxiliares, puede generar efectos sobre ejemplares, poblaciones, sitios de refugio, corredores de movilidad y áreas de alimentación o reproducción de fauna silvestre.

En este sentido, la presente MIA-R incorpora la vinculación con la Ley General de Vida Silvestre a fin de establecer las obligaciones del promovente en materia de protección, rescate, reubicación, monitoreo y manejo de flora y fauna silvestre. Asimismo, el proyecto deberá evitar actos que impliquen daño, captura, colecta, aprovechamiento, traslado o liberación de ejemplares sin la autorización correspondiente, y deberá implementar medidas preventivas para reducir la perturbación de hábitats y proteger especies que pudieran encontrarse bajo alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y sus actualizaciones.

Tabla 6 Vinculación del proyecto con la Ley General de Vida Silvestre

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 4	*Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.* *Los propietarios o legítimos poseedores de los predios en donde se distribuye la vida silvestre tendrán derechos de aprovechamiento sustentable sobre sus ejemplares, partes y derivados en los términos prescritos en la presente Ley y demás disposiciones aplicables.* *Los derechos sobre los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.*	El promovente deberá implementar acciones para evitar la destrucción, daño o perturbación innecesaria de la vida silvestre presente en el Área del Proyecto y en su zona de influencia. Para ello, se deberán aplicar medidas como recorridos previos al desmonte, ahuyentamiento controlado de fauna, rescate y reubicación de ejemplares de lento desplazamiento, protección de madrigueras o nidos activos, capacitación ambiental al personal y prohibición de caza, captura, colecta, tráfico o daño a especies silvestres.
Artículo 27	*El manejo de ejemplares y poblaciones exóticos sólo se podrá llevar a cabo en condiciones de confinamiento que garanticen la seguridad de la sociedad civil y trato digno y respetuoso hacia los ejemplares, de acuerdo con un plan de manejo que deberá ser previamente aprobado por la Secretaría y el que deberá contener lo dispuesto por el artículo 78 Bis, para evitar los efectos negativos que los ejemplares y poblaciones exóticos pudieran tener para la conservación de los ejemplares y poblaciones nativos de la vida silvestre y su hábitat.* *Las personas que posean algún o algunos ejemplares referidos en el párrafo anterior, como mascota o animal de compañía, deberán de contar con autorización expresa de la Secretaría. Aquellos ejemplares de especies que por su naturaleza, ante un inadecuado manejo o evento que ponga en riesgo a la población civil, deberán ser reubicados por la Secretaría.*	El proyecto no contempla la introducción, liberación ni aprovechamiento de especies exóticas. Sin embargo, durante las etapas de construcción y operación deberán aplicarse medidas preventivas para evitar la introducción accidental de especies exóticas o invasoras, principalmente mediante limpieza de maquinaria, control de residuos, manejo adecuado de áreas de acopio, prohibición de ingreso de fauna doméstica y restauración con especies nativas en las áreas que corresponda.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 27 Bis	*No se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras. La Secretaría determinará dentro de normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales las listas de especies exóticas invasoras. Las listas respectivas serán revisadas y actualizadas cada 3 años o antes si se presenta información suficiente para la inclusión de alguna especie o población. Las listas y sus actualizaciones indicarán el género, la especie y, en su caso, la subespecie y serán publicadas en el Diario Oficial de la Federación y en la Gaceta Ecológica. Asimismo, expedirá las normas oficiales mexicanas y/o acuerdos secretariales relativos a la prevención de la entrada de especies exóticas invasoras, así como el manejo, control y erradicación de aquéllas que ya se encuentren establecidas en el país o en los casos de introducción fortuita, accidental o ilegal.*	El proyecto deberá evitar cualquier acción que favorezca la introducción, dispersión o establecimiento de especies exóticas invasoras dentro del Área del Proyecto, caminos de acceso, zonas de reserva o áreas de restauración. Las actividades de revegetación, compensación o restauración deberán realizarse preferentemente con especies nativas propias del ecosistema regional, evitando el uso de especies que puedan desplazar a la vegetación local o alterar la composición de los hábitats.
Artículo 27 Bis 1	*No se autorizará la importación de especies exóticas invasoras o especies silvestres que sean portadoras de dichas especies invasoras que representen una amenaza para la biodiversidad, la economía o salud pública.*	Si bien el proyecto no implica importación de especies, su vinculación deriva de la obligación preventiva de no introducir organismos que puedan representar amenaza para la biodiversidad local. El promovente deberá verificar que los materiales vegetales, sustratos, insumos de restauración y actividades de manejo ambiental no favorezcan la entrada de especies exóticas invasoras al sitio.
Artículo 76.	*La conservación de las especies migratorias se llevará a cabo mediante la protección y mantenimiento de sus hábitats, el muestreo y seguimiento de sus poblaciones, así como el fortalecimiento y desarrollo de la cooperación internacional; de acuerdo con las disposiciones de esta Ley, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de las que de ellas se deriven, sin perjuicio de lo establecido en los tratados y otros acuerdos internacionales en los que México sea parte contratante.*	El proyecto deberá considerar la posible presencia de aves y otros grupos faunísticos migratorios en el área de influencia, especialmente por la existencia de vegetación forestal, claros, caminos, bordes de vegetación e infraestructura eléctrica. La línea aérea de alta tensión, la apertura de línea y las subestaciones deberán incorporar medidas para reducir riesgos de colisión, electrocución o perturbación, incluyendo señalización, diseño adecuado de estructuras y monitoreo de avifauna, cuando resulte procedente.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 80	*La Secretaría podrá autorizar la liberación de ejemplares de la vida silvestre al hábitat natural con fines de repoblación o de reintroducción, en el marco de proyectos que prevean:* *a) Una evaluación previa de los ejemplares y del hábitat que muestre que sus características son viables para el proyecto.* *b) Un plan de manejo que incluya acciones de seguimiento con los indicadores para valorar los efectos de la repoblación o reintroducción sobre los ejemplares liberados, otras especies asociadas y el hábitat, así como medidas para disminuir los factores que puedan afectar su sobrevivencia, en caso de ejemplares de especies en riesgo o de bajo potencial reproductivo.* *c) En su caso, un control sanitario de los ejemplares a liberar.*	Las acciones de reubicación o liberación de ejemplares rescatados deberán realizarse con base en criterios técnicos que aseguren la compatibilidad del sitio receptor, la salud de los ejemplares y su posibilidad de adaptación. En caso de que las medidas de manejo requieran autorización específica de la SEMARNAT, el promovente deberá gestionarla previamente.
Artículo 81	*Cuando no sea posible realizar acciones de repoblación ni de reintroducción, la Secretaría podrá autorizar la liberación de ejemplares de la vida silvestre al hábitat natural en el marco de proyectos de traslocación que incluyan los mismos componentes señalados en los dos artículos anteriores. Los ejemplares que se liberen deberán, en lo posible, pertenecer a la subespecie más cercana, genética y fisonómicamente, a la subespecie desaparecida.*	El Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre deberá contemplar, en su caso, acciones de traslocación de ejemplares que se encuentren dentro de las áreas de intervención, priorizando sitios receptores con condiciones ecológicas semejantes y fuera de las zonas de riesgo por actividades de construcción u operación.
Artículo 106.	*Sin perjuicio de las demás disposiciones aplicables, toda persona física o moral que ocasione directa o indirectamente un daño a la vida silvestre o a su hábitat, está obligada a repararlo o compensarlo de conformidad a lo dispuesto por la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.*	El promovente reconoce su responsabilidad de reparar o compensar cualquier daño que pudiera ocasionarse a la vida silvestre o su hábitat durante la ejecución del proyecto. En caso de impactos no previstos o contingencias que afecten ejemplares, nidos, madrigueras, refugios, corredores o hábitats, deberán implementarse medidas correctivas, de restauración y compensación, conforme a la legislación aplicable y a las condicionantes que determine la autoridad.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 122	*Son infracciones a los establecido en esta Ley:* *I. Realizar cualquier acto que cause la destrucción o daño de la vida silvestre o de su hábitat, en contravención de lo establecido en la presente Ley.* *II. Realizar actividades de aprovechamiento extractivo o no extractivo de la vida silvestre sin la autorización correspondiente o en contravención a los términos en que ésta hubiera sido otorgada y a las disposiciones aplicables. (...)* *V. Llevar a cabo acciones en contravención a las disposiciones que regulan la sanidad de la vida silvestre.* *XI. Liberar ejemplares de la vida silvestre a su hábitat natural sin contar con la autorización respectiva y sin observar las condiciones establecidas para ese efecto por esta Ley y las demás disposiciones que de ella se deriven.* *XXII. Exportar o importar ejemplares, partes o derivados de la vida silvestre, o transitar dentro del territorio nacional los ejemplares, partes o derivados procedentes del y destinados al extranjero en contravención a esta Ley, a las disposiciones que de ella deriven y a las medidas de regulación o restricción impuestas por la autoridad competente o, en su caso, de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre.*	Durante todas las etapas del proyecto se deberán establecer controles para evitar conductas que constituyan infracciones a la Ley. Para ello, el promovente deberá capacitar al personal, supervisar contratistas, prohibir la caza, captura o daño a fauna silvestre, controlar el tránsito de maquinaria, ejecutar rescates previos al desmonte, manejar adecuadamente los residuos y aplicar medidas de protección de hábitats. El incumplimiento de estas medidas podrá dar lugar a responsabilidades administrativas y ambientales conforme a la legislación vigente.

El cumplimiento de la Ley General de Vida Silvestre permitirá que la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se desarrolle bajo un esquema de protección y manejo responsable de la biodiversidad. La remoción de vegetación forestal y la ocupación de superficies para infraestructura deberán acompañarse de acciones de rescate, reubicación, monitoreo y conservación de flora y fauna silvestre, priorizando la protección de especies en riesgo, especies de lento desplazamiento, fauna migratoria, sitios de refugio y hábitats relevantes dentro del Sistema Ambiental Regional.

Asimismo, la implementación de medidas preventivas y de mitigación durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono contribuirá a reducir la afectación sobre la vida silvestre y su hábitat, garantizando la congruencia del proyecto con los principios de conservación, trato digno, prevención del daño ambiental y restauración ecológica previstos por la legislación aplicable

III.3.6 Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

El Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 9 de mayo de 2014. Este ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre, precisando los procedimientos, requisitos y criterios técnicos aplicables a la conservación, manejo, traslado,

rehabilitación, liberación y seguimiento de ejemplares de vida silvestre, así como a la protección de sus hábitats.

Este ordenamiento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, debido a que las actividades de preparación del sitio, remoción de vegetación forestal, construcción de caminos, instalación de infraestructura eléctrica, operación de subestaciones, línea aérea de alta tensión, sistema de almacenamiento por baterías y demás obras auxiliares pueden generar efectos sobre ejemplares, poblaciones y hábitats de vida silvestre presentes en el Área del Proyecto y su zona de influencia.

La remoción de vegetación forestal implica la modificación de hábitat, la posible pérdida de sitios de refugio, alimentación, reproducción o desplazamiento de fauna, así como el riesgo de afectación directa a ejemplares de lento desplazamiento. Por ello, el proyecto deberá incorporar medidas específicas de manejo de vida silvestre, incluyendo recorridos previos al desmonte, ahuyentamiento controlado, rescate y reubicación de fauna, protección de nidos, madrigueras o refugios activos, capacitación ambiental al personal y seguimiento posterior a las acciones de manejo.

Asimismo, en caso de que durante la ejecución del proyecto sea necesaria la liberación, reubicación o traslocación de ejemplares de vida silvestre, dichas acciones deberán realizarse conforme a los criterios técnicos previstos en el Reglamento y, cuando corresponda, bajo autorización de la SEMARNAT. El manejo de ejemplares deberá efectuarse por personal capacitado, procurando en todo momento su trato digno, la reducción del estrés, la viabilidad sanitaria y la compatibilidad ecológica de los sitios de liberación o reubicación.

Tabla 7 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 1	El Reglamento tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con este ordenamiento en tanto sus obras pueden incidir sobre ejemplares y hábitats de vida silvestre. Por ello, las medidas de prevención, rescate, reubicación, manejo y seguimiento de fauna silvestre deberán sujetarse a los criterios previstos en la Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento.
Artículo 2	Establece definiciones relevantes para la aplicación del Reglamento, entre ellas características físicas, características biológicas, especies asociadas, indicadores de éxito, liberación, medidas de contingencia, remediación y responsable técnico.	El proyecto deberá incorporar estas definiciones en sus programas ambientales, particularmente en el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre. Las acciones de manejo deberán considerar las características físicas y biológicas de los ejemplares, las especies asociadas al hábitat intervenido, indicadores de éxito para evaluar la efectividad de las medidas, medidas de contingencia ante hallazgos no previstos y la participación de responsables técnicos capacitados.
Artículo 15	La Secretaría podrá llevar a cabo estudios para determinar la existencia de plagas o enfermedades que afecten a la vida silvestre, estableciendo su distribución y prevalencia en distintas regiones del país.	Durante las actividades de rescate, manejo temporal, traslado o reubicación de fauna silvestre, el proyecto deberá considerar criterios sanitarios para evitar la dispersión de enfermedades o afectaciones a poblaciones receptoras. En caso de detectarse ejemplares enfermos, lesionados o con condiciones sanitarias inadecuadas, deberán aplicarse medidas de manejo apropiadas, dando aviso a la autoridad competente cuando resulte necesario.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 16	La Secretaría podrá establecer medidas sanitarias complementarias cuando el control sanitario de otras dependencias pueda tener efectos sobre la vida silvestre o cuando existan medidas cuya aplicación afecte a la vida silvestre.	El proyecto deberá prever medidas sanitarias durante el manejo de ejemplares rescatados, particularmente en actividades de captura temporal, resguardo, traslado y liberación. Estas medidas deberán evitar riesgos para la fauna silvestre local, para los ejemplares reubicados y para el personal que participe en las actividades de manejo.
Artículo 18	Establece que los Centros para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre deberán llevar un control de movimientos de inventario, manejo médico veterinario y etológico, medidas de contingencia y resultados conforme a objetivos, metas e indicadores de éxito.	Si durante la ejecución del proyecto se detectan ejemplares que no puedan ser liberados de manera inmediata por condiciones físicas, sanitarias o conductuales, se deberá coordinar su manejo con la autoridad competente o con instalaciones autorizadas para su atención. En estos casos, el proyecto deberá documentar los ingresos, traslados, liberaciones, canalizaciones o medidas de atención aplicadas a los ejemplares.
Artículo 57	El traslado de ejemplares vivos de especies silvestres deberá cumplir con los requisitos sanitarios que resulten aplicables y contar con la documentación que acredite la legal procedencia de los ejemplares.	Las acciones de rescate y traslado de fauna silvestre deberán realizarse de manera documentada y bajo criterios técnicos. El promovente deberá llevar registros de los ejemplares rescatados, incluyendo especie, ubicación de captura, condición física, sitio de liberación o reubicación, fecha, responsable técnico y observaciones relevantes. En caso de que se requiera autorización específica para el traslado, ésta deberá gestionarse ante la autoridad competente.
Artículo 76	La Secretaría, en coordinación con autoridades o personas interesadas en el manejo de vida silvestre, podrá formular y ejecutar programas de restauración para recuperar y restablecer las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales de la vida silvestre.	La remoción de vegetación forestal y la ocupación de superficies por infraestructura del proyecto deberán acompañarse, cuando corresponda, de acciones de restauración, revegetación o compensación que favorezcan la recuperación de condiciones de hábitat para la vida silvestre. Estas acciones deberán ser congruentes con las medidas de mitigación, compensación forestal y manejo ambiental establecidas en la MIA-R y, en su caso, en el Estudio Técnico Justificativo.
Artículo 78	Las medidas de manejo, control y remediación de ejemplares o poblaciones que se tornen perjudiciales podrán consistir, entre otras, en captura o colecta para proyectos de recuperación, reubicación de ejemplares, acciones para ahuyentar o dispersar ejemplares, o medidas para disminuir daños, conforme al orden de prelación previsto.	Durante la preparación del sitio y construcción del proyecto podrán aplicarse medidas de ahuyentamiento, dispersión, rescate o reubicación de fauna silvestre con el fin de evitar daños directos a ejemplares presentes en las áreas de intervención. Estas medidas deberán privilegiar métodos no letales, ejecutarse por personal especializado y realizarse antes del inicio de actividades de desmonte, despalme, movimiento de tierras o tránsito intensivo de maquinaria.
Artículo 80	Cuando sea necesario aplicar medidas de manejo o control de ejemplares o poblaciones perjudiciales, los interesados podrán solicitar autorización a la Secretaría, indicando especies, razones, tipo y magnitud del daño, método de control, periodo de ejecución, responsable técnico, disposición de ejemplares y medidas preventivas.	En caso de que durante la construcción u operación del proyecto se identifiquen ejemplares o poblaciones que generen riesgos para el personal, instalaciones eléctricas, sistema BESS, subestaciones o seguridad operativa, el promovente deberá aplicar medidas preventivas y, si corresponde, solicitar autorización para acciones de manejo o control.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
		Dichas medidas deberán priorizar el ahuyentamiento, exclusión, reubicación o manejo no letal.
Artículo 83	Se requiere autorización previa de la Secretaría para la liberación de ejemplares de vida silvestre. La solicitud deberá señalar el objeto de la liberación, ya sea repoblación, reintroducción, traslocación o medidas de control, e incluir el listado de especies a liberar, nombre común y científico, cantidad de ejemplares, edades, proporción de sexos y marcas a utilizar.	Cuando las acciones del proyecto impliquen liberación, reubicación o traslocación de ejemplares de vida silvestre en términos del Reglamento, el promovente deberá gestionar la autorización correspondiente ante la SEMARNAT o integrar dichas medidas en el plan de manejo aprobado por la autoridad. Las actividades deberán documentarse con listados de especies, número de ejemplares, sitios de captura y liberación, responsable técnico y evidencia de seguimiento.
Artículo 84	La Secretaría emitirá respuesta a la solicitud de autorización de liberación de ejemplares y podrá establecer medidas para el seguimiento de los ejemplares o poblaciones liberadas.	El proyecto deberá atender las medidas de seguimiento que, en su caso, establezca la autoridad para los ejemplares liberados o reubicados. Este seguimiento podrá incluir monitoreos posteriores, registros de supervivencia, evaluación de adaptación al sitio receptor e identificación de factores de riesgo.
Artículo 85	Para autorizar la liberación se tomará en consideración la información técnica y científica disponible sobre la viabilidad de la liberación, en función de las características biológicas de la especie, la calidad del hábitat y las condiciones del área.	Los sitios propuestos para la reubicación o liberación de fauna deberán seleccionarse con base en criterios ecológicos, considerando la distribución natural de las especies, disponibilidad de refugio, alimento, conectividad, ausencia de riesgos inmediatos y compatibilidad con el hábitat de origen.
Artículo 86	La Secretaría deberá establecer medidas para disminuir factores que puedan afectar la supervivencia y reproducción de los ejemplares a liberar, cuando se trate de especies en riesgo o de bajo potencial reproductivo, así como medidas de seguimiento.	Para especies incluidas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, o para especies de baja movilidad o bajo potencial reproductivo, el proyecto deberá establecer medidas reforzadas de protección, rescate, reubicación y seguimiento, a fin de reducir el riesgo de mortalidad o afectación a sus poblaciones.
Artículo 90	Queda prohibida la liberación de ejemplares de especies domésticas o exóticas.	El proyecto no deberá liberar especies domésticas, exóticas o invasoras dentro del Área del Proyecto, zonas de reserva o áreas de compensación. Asimismo, deberá prohibirse el ingreso de mascotas y controlar la presencia de fauna doméstica asociada a frentes de obra, campamentos o áreas de acopio, con el fin de evitar depredación, competencia o transmisión de enfermedades a la fauna silvestre.
Artículo 132	La Secretaría determinará los eventos biológicos, hábitats y poblaciones de vida silvestre en donde deberán regularse actividades que pudieran causar impactos significativos, considerando la relevancia del evento biológico, tamaño de la población, frecuencia y posibles efectos sobre el ciclo biológico.	La ejecución del proyecto deberá considerar la presencia de eventos biológicos relevantes, tales como reproducción, anidación, refugio, alimentación, tránsito o migración de especies silvestres. En caso de identificarse sitios o periodos sensibles, las actividades de desmonte, movimiento de tierras, construcción o mantenimiento deberán ajustarse mediante restricciones temporales, exclusión de áreas, protección de nidos o refugios y monitoreo específico.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con el Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre al requerir medidas específicas para el manejo de ejemplares y hábitats de vida silvestre durante las actividades de preparación del sitio, remoción de vegetación forestal, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono.

El promovente deberá implementar un Programa de Rescate y Reubicación de Fauna Silvestre que considere recorridos previos, ahuyentamiento, rescate, manejo temporal, traslado, liberación o reubicación de ejemplares, con énfasis en especies de lento desplazamiento, especies en riesgo, fauna migratoria, nidos, madrigueras, refugios y áreas de importancia biológica. Asimismo, deberá evitar la introducción o liberación de especies domésticas, exóticas o invasoras, y documentar técnicamente las acciones de manejo realizadas.

El cumplimiento de este Reglamento permitirá que el proyecto reduzca los impactos sobre la vida silvestre y su hábitat, asegurando que las medidas de manejo se ejecuten con criterios técnicos, sanitarios, ecológicos y de trato digno, en congruencia con la Ley General de Vida Silvestre, la NOM-059-SEMARNAT-2010, la autorización de impacto ambiental y, en su caso, la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

III.3.7 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 19 de enero de 2026. Este ordenamiento es reglamentario de las disposiciones constitucionales relativas a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos en el territorio nacional. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable mediante la prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, así como prevenir la contaminación de sitios y llevar a cabo su remediación.

Este ordenamiento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que durante sus etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono se generarán distintos tipos de residuos derivados de las actividades de obra civil, remoción de vegetación, movimiento de tierras, instalación de infraestructura eléctrica, montaje de módulos fotovoltaicos, seguidores, inversores, centros de transformación, líneas eléctricas, subestaciones, sistema de almacenamiento por baterías, caminos, canalizaciones, áreas de acopio y actividades del personal.

Durante la etapa de preparación del sitio y construcción se prevé la generación de residuos sólidos urbanos asociados a la presencia de trabajadores; residuos de manejo especial derivados de la construcción, mantenimiento y adecuación de caminos, embalajes, restos de materiales, metales, cables, plásticos, maderas, cartón, concreto, suelo excedente, residuos vegetales y materiales de obra; así como residuos peligrosos que pudieran derivarse del mantenimiento de maquinaria, equipos, vehículos, envases contaminados, aceites, grasas, lubricantes, solventes, trapos impregnados, baterías, filtros o materiales que presenten características de peligrosidad.

Durante la operación y mantenimiento, la generación de residuos será menor y estará asociada principalmente a residuos sólidos urbanos, refacciones, componentes eléctricos, empaques, materiales derivados del mantenimiento de módulos fotovoltaicos, equipos de media y alta tensión, transformadores, subestaciones, sistemas auxiliares y sistema BESS Balam. Asimismo, al final de la vida útil del proyecto, el desmantelamiento de paneles solares, inversores, cables, estructuras metálicas, centros de transformación, baterías, equipos eléctricos y demás componentes deberá

realizarse bajo esquemas de valorización, reciclaje, manejo especializado y disposición final conforme a la legislación aplicable.

En este sentido, el proyecto deberá contar con un Programa de Manejo Integral de Residuos que contemple la prevención, minimización, separación, almacenamiento temporal, reutilización, valorización, reciclaje, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos generados, asegurando que los residuos peligrosos sean manejados únicamente por empresas autorizadas por la SEMARNAT y que los residuos de manejo especial y sólidos urbanos se gestionen conforme a las disposiciones estatales y municipales aplicables.

Tabla 8 Vinculación del proyecto con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 16	*La clasificación de un residuo como peligroso, minero o metalúrgico, se debe establecer en las normas oficiales mexicanas que especifiquen la forma de determinar sus características, que incluyan los listados de los mismos y fijen los límites de concentración de las sustancias contenidas en ellos, con base en los conocimientos científicos y las evidencias acerca de su peligrosidad y riesgo.*	Los residuos derivados del mantenimiento de maquinaria, vehículos, transformadores, equipos eléctricos, baterías, envases contaminados, aceites, grasas, lubricantes, solventes, trapos impregnados, filtros y demás materiales con potencial de peligrosidad deberán identificarse y clasificarse conforme a las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, particularmente aquellas relativas a la identificación, clasificación y manejo de residuos peligrosos.
Artículo 18	*Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.*	Los residuos sólidos urbanos generados por el personal durante la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento deberán separarse en orgánicos e inorgánicos, almacenarse en contenedores adecuados, mantenerse en condiciones sanitarias y entregarse al sistema municipal o a prestadores autorizados, evitando su dispersión en frentes de obra, zonas de acopio, caminos, áreas de subestaciones y zonas de operación.
Artículo 19	*Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes: (…)* *III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades (...)* *VII. Residuos de la Construcción, mantenimiento y demolición en general. (...)*	El proyecto generará residuos de manejo especial asociados a la construcción, mantenimiento, embalajes, estructuras, materiales eléctricos, cables, metales, plásticos, residuos vegetales derivados de la remoción de vegetación, residuos tecnológicos y componentes que al término de su vida útil requieran manejo específico. Asimismo, el sistema **BESS Balam** deberá gestionarse bajo criterios de manejo especializado de baterías y componentes asociados, conforme a la clasificación y regulación que resulte aplicable.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 31	*Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:* *I. Aceites lubricantes usados;* *II. Disolventes orgánicos usados;* *III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores;* *IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo;* *V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio; (...)* *La Secretaría determinará, conjuntamente con las partes interesadas, otros residuos peligrosos que serán sujetos a planes de manejo, cuyos listados específicos serán incorporados en la norma oficial mexicana que establece las bases para su clasificación.*	Durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto podrían generarse aceites lubricantes usados, solventes, baterías, lámparas, envases contaminados, materiales impregnados y otros residuos sujetos a plan de manejo conforme a la normatividad aplicable. Estos residuos deberán almacenarse temporalmente en áreas acondicionadas, separarse por tipo, etiquetarse, evitar mezclas incompatibles y entregarse a empresas autorizadas para su manejo, tratamiento, valorización o disposición final..
Artículo 40	*Los residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos deben ser manejados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, su Reglamento, las normas oficiales mexicanas y las demás disposiciones que de este ordenamiento se deriven.*	Los residuos peligrosos que se generen por mantenimiento de maquinaria, equipos eléctricos, transformadores, subestaciones, sistema BESS, vehículos o actividades auxiliares deberán manejarse conforme a la LGPGIR, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas aplicables. El proyecto deberá contar con áreas de almacenamiento temporal debidamente señalizadas, impermeabilizadas y con medidas de contención, así como bitácoras, manifiestos y documentación de entrega a gestores autorizados.
Artículo 41	*Los generadores de residuos peligrosos, mineros y metalúrgicos, así como los gestores de este tipo de residuos, deben manejarlos de manera segura y ambientalmente adecuada conforme a los términos señalados en esta Ley.*	El promovente y sus contratistas deberán asegurar que cualquier residuo peligroso generado sea manejado en condiciones seguras, evitando derrames, fugas, mezcla con residuos no peligrosos, infiltración al suelo o exposición del personal. Las actividades de mantenimiento deberán realizarse preferentemente en talleres o áreas acondicionadas, con equipo de contención y procedimientos de respuesta ante contingencias.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación de proyecto
Artículo 42	*Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.* *La responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genera. En el caso de que se contraten los servicios de manejo y disposición final de residuos peligrosos por empresas autorizadas por la Secretaría y los residuos sean entregados a dichas empresas, la responsabilidad por las operaciones será de éstas, independientemente de la responsabilidad que tiene el generador.* *Los generadores de residuos peligrosos que transfieran éstos a empresas o gestores que presten los servicios de manejo, deberán cerciorarse ante la Secretaría que cuentan con las autorizaciones respectivas y vigentes; en caso contrario, serán responsables de los daños que ocasione su manejo.*	Los residuos peligrosos generados por el proyecto deberán ser entregados únicamente a empresas autorizadas por la SEMARNAT para su transporte, tratamiento, reciclaje, valorización o disposición final. El promovente deberá verificar la vigencia de dichas autorizaciones y conservar la documentación que acredite la trazabilidad de los residuos, incluyendo manifiestos, bitácoras, contratos y comprobantes de disposición final.
Artículo 45	*Los generadores de residuos peligrosos deberán identificar, clasificar y manejar sus residuos de conformidad con las disposiciones contenidas en esta Ley y en su Reglamento, así como en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría.* *En cualquier caso, los generadores deberán dejar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, las instalaciones en las que se hayan generado éstos, cuando se cierren o se dejen de realizar en ellas las actividades generadoras de tales residuos.*	El proyecto deberá identificar y clasificar los residuos peligrosos desde su generación, asegurando su manejo separado y seguro. Al concluir las obras, finalizar frentes de trabajo, cerrar áreas de almacenamiento temporal o ejecutar el abandono del proyecto, las instalaciones deberán quedar libres de residuos peligrosos y de contaminación que pueda representar riesgos a la salud o al ambiente.
Artículo 54	*Se deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con otros materiales o residuos para no contaminarlos y no provocar reacciones, que puedan poner en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales. La Secretaría establecerá los procedimientos a seguir para determinar la incompatibilidad entre un residuo peligroso y otro material o residuo.*	Los residuos peligrosos deberán almacenarse de manera segregada y compatible, evitando su mezcla con residuos sólidos urbanos, de manejo especial o con residuos peligrosos incompatibles. Las áreas de almacenamiento deberán contar con contenedores adecuados, señalización, medidas de contención, piso impermeable, protección contra lluvia cuando corresponda y procedimientos de atención a derrames o emergencias.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula de manera directa con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, toda vez que sus actividades generarán residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos en distintas

etapas del proyecto. La correcta aplicación de esta Ley permitirá prevenir la contaminación del suelo, agua y ecosistemas, reducir riesgos a la salud, promover la valorización de materiales y asegurar que los residuos sean manejados de forma segura, trazable y ambientalmente adecuada.

El promovente deberá implementar un Programa de Manejo Integral de Residuos que contemple la separación en fuente, almacenamiento temporal, etiquetado, señalización, capacitación al personal, transporte autorizado, disposición final adecuada, valorización, reciclaje y control documental. Dicho programa deberá considerar tanto los residuos generados durante la construcción como aquellos derivados de la operación, mantenimiento y eventual desmantelamiento de paneles solares, baterías, componentes eléctricos, estructuras, cables, transformadores, inversores y demás infraestructura asociada al proyecto.

III.3.8 Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos

El Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2006, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 31 de octubre de 2014. Este ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y establecer las disposiciones aplicables para la identificación, clasificación, manejo, almacenamiento, transporte, tratamiento, reutilización, reciclaje, co-procesamiento y disposición final de los residuos peligrosos.

Este Reglamento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que durante sus etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono se generarán residuos de distinta naturaleza, incluyendo residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. Particularmente, el Reglamento es relevante para aquellos residuos peligrosos que puedan derivarse del mantenimiento de maquinaria, equipos, vehículos, transformadores, instalaciones eléctricas, subestaciones, sistema de almacenamiento por baterías, aceites, grasas, lubricantes, filtros, envases contaminados, trapos impregnados, solventes, baterías, equipos eléctricos y demás materiales que presenten características de peligrosidad.

El proyecto deberá implementar medidas de control desde la generación de los residuos hasta su disposición final, asegurando la identificación, segregación, almacenamiento temporal, etiquetado, compatibilidad, transporte y entrega a empresas autorizadas por la SEMARNAT. Asimismo, deberá mantener control documental mediante bitácoras, manifiestos, contratos, comprobantes de entrega, evidencias de disposición final y registros de manejo interno, según corresponda a la categoría del generador y al tipo de residuo.

En este contexto, la vinculación con el Reglamento de la LGPGIR permite establecer las obligaciones específicas que deberán observarse durante el manejo de residuos peligrosos y residuos asociados a la construcción, operación, mantenimiento y abandono de la infraestructura fotovoltaica, eléctrica y de almacenamiento de energía del proyecto.

Tabla 9 Vinculación del proyecto con el Reglamento y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 1	El Reglamento tiene por objeto reglamentar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de la SEMARNAT.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar deberá observar las disposiciones reglamentarias aplicables al manejo de residuos peligrosos que se generen durante la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono. El promovente deberá asegurar que dichos residuos sean identificados, almacenados,

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
		transportados, tratados o dispuestos conforme a las disposiciones federales aplicables.
Artículo 35	Los residuos peligrosos se identificarán conforme a los que sean considerados como tales en la Ley; los clasificados en las Normas Oficiales Mexicanas; los derivados de la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos; y los provenientes del tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos, así como aquellos equipos y construcciones que hubiesen estado en contacto con residuos peligrosos y sean desechados.	Los residuos peligrosos que pudieran generarse por el proyecto, tales como aceites lubricantes usados, grasas, solventes, filtros, estopas o trapos impregnados, envases contaminados, materiales absorbentes, baterías, componentes eléctricos, residuos asociados a transformadores o equipos que hayan estado en contacto con sustancias peligrosas, deberán identificarse conforme a este artículo y a las Normas Oficiales Mexicanas aplicables, particularmente la NOM-052-SEMARNAT-2005.
Artículo 39	Cuando exista una mezcla de residuos listados como peligrosos o caracterizados como tales por su toxicidad con otros residuos, la mezcla será considerada peligrosa. Cuando se mezclen residuos con otros caracterizados como peligrosos por corrosividad, reactividad, explosividad o inflamabilidad, y conserven dichas características, serán considerados residuos peligrosos sujetos a condiciones particulares de manejo.	El proyecto deberá evitar la mezcla de residuos peligrosos con residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial o materiales incompatibles. Los residuos peligrosos se almacenarán de manera segregada, identificados por tipo y característica, en contenedores adecuados y dentro de áreas acondicionadas para prevenir contaminación secundaria, reacciones indeseadas, riesgos al personal o afectaciones al ambiente.
Artículo 40	La mezcla de suelos con residuos peligrosos listados será considerada como residuo peligroso y se manejará como tal cuando se transfiera. En caso de contaminación de suelos con residuos peligrosos, el suelo contaminado deberá manejarse como residuo peligroso.	En caso de derrames accidentales de aceites, combustibles, lubricantes, solventes u otras sustancias peligrosas sobre el suelo durante la construcción, mantenimiento u operación del proyecto, el material contaminado deberá retirarse y manejarse como residuo peligroso. Para ello, deberán implementarse medidas de atención a contingencias, uso de materiales absorbentes, confinamiento temporal y entrega a empresas autorizadas.
Artículo 42	Atendiendo a las categorías establecidas en la Ley, los generadores de residuos peligrosos deberán registrarse ante la Secretaría, indicando la categoría que les corresponda.	Si la generación de residuos peligrosos del proyecto actualiza los supuestos de registro como microgenerador, pequeño generador o gran generador, el promovente deberá realizar el trámite correspondiente ante la SEMARNAT y cumplir con las obligaciones derivadas de su categoría, incluyendo bitácoras, manifiestos, reportes o planes de manejo, según corresponda.
Artículo 46	Los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos deberán identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen; manejar separadamente los residuos incompatibles; envasarlos conforme a su estado físico y características de peligrosidad; marcarlos o etiquetarlos; almacenarlos adecuadamente; transportarlos conforme a las disposiciones aplicables; y llevar registros de generación y manejo.	Durante el desarrollo del proyecto se deberá identificar, clasificar, envasar, etiquetar y almacenar adecuadamente cualquier residuo peligroso generado. El promovente y sus contratistas deberán mantener registros de generación y entrega, así como asegurar que los residuos sean transportados únicamente por empresas autorizadas y con la documentación correspondiente.
Artículo 71	Las bitácoras que lleven los grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos deberán	El proyecto deberá contar con bitácoras de control para los residuos peligrosos generados,

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	contener información sobre generación, manejo, almacenamiento, entradas y salidas del almacén temporal, prestadores de servicio, destino de los residuos y demás datos que permitan dar seguimiento a su manejo.	registrando tipo de residuo, cantidad, fecha de generación, área de procedencia, almacenamiento temporal, empresa transportista, destino final y comprobantes de manejo. Esta documentación permitirá verificar la trazabilidad de los residuos y el cumplimiento de las obligaciones ambientales.
Artículo 82	Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos deberán cumplir condiciones básicas de seguridad, incluyendo ubicación adecuada, protección contra inundaciones, ventilación, señalización, pisos impermeables, contención de derrames, compatibilidad de residuos y medidas para prevenir la liberación de contaminantes.	El proyecto deberá habilitar áreas de almacenamiento temporal de residuos peligrosos con piso impermeable, techado o protección contra lluvia cuando corresponda, contención secundaria, señalización, acceso restringido, ventilación, contenedores compatibles, equipo para atención de derrames y medidas de seguridad. Estas áreas deberán ubicarse fuera de zonas de escurrimiento, cuerpos de agua, áreas de vegetación conservada o zonas de tránsito no controlado.
Artículo 83	Establece requisitos adicionales para el almacenamiento de residuos peligrosos en áreas cerradas, incluyendo características de muros, pisos, drenajes, ventilación, iluminación, señalamientos, sistemas contra incendios y restricciones de compatibilidad.	Si el proyecto utiliza almacenes cerrados para residuos peligrosos, éstos deberán cumplir con los requisitos constructivos y de seguridad aplicables, incluyendo piso impermeable, ventilación, señalización, control de acceso, equipo contra incendios y medidas para evitar escurrimientos o infiltraciones.
Artículo 84	Establece requisitos para el almacenamiento de residuos peligrosos en áreas abiertas, incluyendo separación de áreas de producción, protección de suelo, contención de lixiviados o derrames, señalización y compatibilidad de residuos.	En caso de emplearse áreas abiertas de almacenamiento temporal durante la construcción o mantenimiento, éstas deberán acondicionarse para evitar contaminación del suelo y agua, contar con medidas de contención, protección contra lluvia cuando proceda, señalización y segregación por tipo de residuo. No se permitirá el almacenamiento directo sobre suelo natural.
Artículo 85	Los residuos peligrosos deberán ser recolectados y transportados por prestadores de servicios autorizados, conforme a las disposiciones aplicables.	La recolección y transporte externo de residuos peligrosos generados por el proyecto deberán realizarse únicamente mediante empresas autorizadas por la SEMARNAT y, en su caso, por la autoridad competente en transporte. El promovente deberá verificar la vigencia de las autorizaciones y conservar los manifiestos y comprobantes de recepción, tratamiento o disposición final.
Artículo 86	Los generadores de residuos peligrosos deberán entregar sus residuos a prestadores de servicios autorizados y conservar los documentos que acrediten el manejo correspondiente.	El promovente deberá conservar la documentación que acredite la entrega de residuos peligrosos a gestores autorizados, incluyendo manifiestos, comprobantes de transporte, certificados de tratamiento, reciclaje, valorización o disposición final, así como cualquier evidencia requerida por la autoridad.
Artículos 87 y 88	Regulan la reutilización, reciclaje y co-procesamiento de residuos peligrosos, estableciendo que estas actividades deberán	Los residuos peligrosos que puedan ser valorizados, reciclados o co-procesados deberán enviarse a prestadores autorizados, privilegiando alternativas de manejo que reduzcan la disposición

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	realizarse conforme a las disposiciones aplicables y, en su caso, por prestadores autorizados.	final, siempre que no representen riesgos al ambiente o a la salud. Esto puede aplicar a aceites usados, metales contaminados, baterías, componentes eléctricos u otros residuos que cuenten con opciones de manejo autorizadas.
Artículo 90	El tratamiento de residuos peligrosos deberá realizarse conforme a las disposiciones reglamentarias, normativas y autorizaciones aplicables.	Los residuos peligrosos generados por el proyecto que requieran tratamiento deberán ser enviados a instalaciones autorizadas para tal fin. El promovente no realizará tratamiento in situ salvo que cuente con las autorizaciones correspondientes; su obligación principal será asegurar el almacenamiento temporal seguro y la entrega a gestores autorizados.
Artículos 91 a 99	Regulan la disposición final de residuos peligrosos, incluyendo las condiciones para confinamiento, operación de instalaciones autorizadas y manejo ambientalmente seguro.	La disposición final de residuos peligrosos generados por el proyecto deberá realizarse únicamente en instalaciones autorizadas. El promovente deberá asegurarse de que los residuos que no puedan ser reutilizados, reciclados, tratados o valorizados sean enviados a sitios de disposición final autorizados, conservando la documentación que acredite su manejo ambientalmente adecuado.
Artículo 129	Establece que las personas responsables de la contaminación de un sitio, así como los propietarios o poseedores de predios de dominio privado y titulares de áreas concesionadas cuyos suelos se encuentren contaminados, deberán llevar a cabo las acciones de remediación conforme a la Ley, su Reglamento y demás disposiciones aplicables.	En caso de que durante la construcción, operación, mantenimiento o abandono se produzca contaminación del suelo por residuos peligrosos, combustibles, aceites, solventes u otras sustancias, el promovente deberá ejecutar las acciones de contención, retiro, caracterización, limpieza y remediación que correspondan. Asimismo, deberá dar aviso a la autoridad competente cuando se actualicen los supuestos legales aplicables.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula directamente con el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, ya que sus actividades pueden generar residuos peligrosos que requieren identificación, segregación, almacenamiento temporal, transporte, tratamiento, reciclaje, valorización o disposición final bajo condiciones controladas.

El promovente deberá establecer un sistema de manejo integral de residuos que incluya áreas de almacenamiento temporal adecuadas, contenedores compatibles, señalización, control de acceso, bitácoras de generación, manifiestos de entrega, capacitación al personal, medidas de atención a derrames y contratación de empresas autorizadas. Asimismo, deberá prevenir la mezcla de residuos peligrosos con otros residuos, evitar su disposición sobre suelo natural y asegurar que cualquier suelo contaminado sea manejado conforme a la normatividad aplicable.

El cumplimiento de este Reglamento permitirá reducir los riesgos de contaminación del suelo, agua y ecosistemas, así como garantizar la trazabilidad y manejo ambientalmente seguro de los residuos peligrosos generados durante todas las etapas del proyecto.

III.3.9 Ley General de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 1 de abril de 2024. Esta Ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional, y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Asimismo, es reglamentaria de las disposiciones constitucionales en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.

Este ordenamiento tiene entre sus objetivos garantizar el derecho a un medio ambiente sano; establecer la concurrencia de facultades entre la Federación, las entidades federativas y los municipios en materia de adaptación y mitigación; regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas frente a los efectos adversos del cambio climático; promover una economía competitiva, sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente; y establecer las bases para que México contribuya al cumplimiento de sus compromisos internacionales en materia climática.

La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con la Ley General de Cambio Climático por tratarse de un proyecto de generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la radiación solar, es decir, mediante una fuente renovable que no requiere combustión directa de combustibles fósiles durante su operación ordinaria. Asimismo, el proyecto incorpora el sistema de almacenamiento de energía por baterías BESS Balam, el cual favorece la integración de generación renovable al sistema eléctrico, al permitir el almacenamiento, regulación y entrega de energía conforme a las necesidades operativas del sistema.

En este sentido, la vinculación con la Ley General de Cambio Climático se enfoca en dos dimensiones: por una parte, la contribución del proyecto a la transición energética y a la generación de electricidad con menores emisiones operativas; y por otra, la obligación de prevenir, reducir, controlar o compensar las emisiones y afectaciones climáticas asociadas a la ejecución del proyecto, incluyendo las vinculadas al cambio de uso de suelo, pérdida de cobertura vegetal, residuos, transporte y consumo energético durante sus distintas etapas.

Tabla 10 Vinculación del proyecto con la Ley General de Cambio Climático

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 1	La Ley es de orden público, interés general y observancia en todo el territorio nacional, y establece disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Es reglamentaria de las disposiciones constitucionales en materia de protección al ambiente, desarrollo sustentable, preservación y restauración del equilibrio ecológico.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con este precepto al constituir un proyecto de generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, compatible con los objetivos de desarrollo sustentable y transición energética. Su ejecución deberá atender medidas para prevenir y mitigar emisiones temporales durante la construcción, operación de maquinaria, transporte, mantenimiento y abandono, así como medidas de compensación asociadas a la remoción de vegetación forestal.
Artículo 2	Establece los objetivos de la Ley, entre ellos garantizar el derecho a un medio ambiente sano; regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; promover acciones de mitigación y adaptación; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas; promover la transición hacia una economía competitiva,	El proyecto contribuye a los objetivos de mitigación al generar energía eléctrica a partir de una fuente renovable, sin emisiones directas por combustión durante su operación ordinaria. Asimismo, la integración del sistema BESS Balam favorece la gestión de energía renovable, la estabilidad de suministro y la incorporación de tecnologías

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	sustentable, de bajas emisiones de carbono y resiliente; y contribuir al cumplimiento del Acuerdo de París.	limpias. No obstante, el promovente deberá implementar medidas para reducir emisiones temporales durante la construcción y mantenimiento, así como medidas para mitigar la pérdida de carbono derivada de la remoción de vegetación forestal.
Artículo 3	Define conceptos relevantes como cambio climático, emisiones, fuentes emisoras, gases de efecto invernadero, mitigación, resiliencia, riesgo, sumidero, toneladas de bióxido de carbono equivalente y vulnerabilidad.	La MIA-R deberá considerar estos conceptos en la identificación y evaluación de impactos del proyecto, particularmente respecto de emisiones temporales generadas por maquinaria y transporte, pérdida de sumideros de carbono por remoción de vegetación forestal, medidas de mitigación, manejo de residuos, control de polvo y reducción de vulnerabilidad ambiental frente a fenómenos hidrometeorológicos.
Artículo 7	Establece atribuciones de la Federación en materia de cambio climático, incluyendo formular y conducir la política nacional, aplicar instrumentos de política climática, e instrumentar acciones de mitigación y adaptación en materias como preservación y restauración de ecosistemas, energía, planeación nacional del desarrollo, transporte federal, comunicaciones, desarrollo regional y desarrollo urbano.	El proyecto se vincula con la política climática federal en materia energética, ambiental y territorial. Al formar parte del sector eléctrico, su desarrollo deberá ser congruente con los instrumentos nacionales de mitigación y adaptación al cambio climático, así como con las disposiciones ambientales relativas a preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
Artículo 26	En la formulación de la política nacional de cambio climático deberán observarse principios como sustentabilidad, corresponsabilidad, prevención, precaución, conservación de ecosistemas, participación ciudadana, responsabilidad ambiental y transparencia.	La ejecución del proyecto deberá observar los principios de sustentabilidad, prevención y responsabilidad ambiental, mediante la identificación anticipada de impactos, la reducción de emisiones temporales, la aplicación de medidas de manejo de vegetación y fauna, la compensación por cambio de uso de suelo forestal, el manejo adecuado de residuos y la implementación de programas ambientales verificables.
Artículo 33	Establece que los objetivos de las políticas públicas para la mitigación incluyen promover la protección del medio ambiente, el desarrollo sustentable y el derecho a un medio ambiente sano a través de la mitigación de emisiones; así como reducir emisiones nacionales mediante políticas y programas que fomenten la transición hacia una economía sustentable, competitiva y de bajas emisiones de carbono.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar es congruente con estos objetivos al generar energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica y al incorporar almacenamiento por baterías, lo cual favorece el aprovechamiento de energías renovables. El proyecto deberá complementar esta contribución con acciones de mitigación de impactos locales, tales como control de emisiones de maquinaria, mantenimiento preventivo, control de polvos, manejo de residuos y compensación ambiental por la pérdida de vegetación forestal.
Artículo 34	Establece criterios y acciones para la reducción de emisiones en distintos sectores, incluyendo energía, transporte, agricultura, bosques y otros usos de suelo, residuos y procesos industriales, promoviendo eficiencia energética, tecnologías limpias, conservación de carbono y gestión integral de residuos.	El proyecto se vincula con este precepto al incorporar tecnología limpia de generación eléctrica y un sistema de almacenamiento de energía. Asimismo, deberá atender las acciones relacionadas con bosques y otros usos de suelo mediante la mitigación y compensación de la remoción de vegetación forestal; y con el sector residuos mediante un manejo integral que reduzca

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
		emisiones indirectas y evite prácticas inadecuadas de disposición o quema.
Artículo 87	La SEMARNAT deberá integrar y hacer público de forma agregada el Registro de emisiones generadas por las fuentes fijas y móviles de emisiones que se identifiquen como sujetas a reporte. Las disposiciones reglamentarias establecerán las fuentes obligadas, sectores, subsectores, umbrales, metodologías y sistemas de monitoreo, reporte y verificación.	Durante la operación ordinaria del proyecto no se prevén emisiones directas por combustión asociadas al proceso de generación eléctrica, al utilizarse radiación solar como fuente primaria. Sin embargo, durante la construcción, mantenimiento y abandono existirán emisiones temporales derivadas de fuentes móviles, maquinaria y transporte. En caso de que el proyecto actualice los supuestos y umbrales establecidos por el Reglamento en materia del Registro Nacional de Emisiones, el promovente deberá integrar y presentar la información correspondiente.
Artículo 88	Las personas físicas y morales responsables de las fuentes sujetas a reporte están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios sobre sus emisiones directas e indirectas para la integración del Registro.	Si el proyecto se ubica dentro de los supuestos de fuente sujeta a reporte, el promovente deberá proporcionar la información relativa a sus emisiones directas e indirectas, conforme a las metodologías, periodicidad y formatos que establezca la normatividad aplicable. Para ello, deberá conservar información documental sobre consumo de combustibles, operación de maquinaria, vehículos, equipos auxiliares y cualquier otra fuente de emisiones que resulte aplicable.
Artículo 89	Las personas físicas o morales que lleven a cabo proyectos o actividades que tengan como resultado la mitigación o reducción de emisiones podrán inscribir dicha información en el Registro, conforme a las disposiciones reglamentarias que se expidan.	El proyecto, por su naturaleza fotovoltaica y de almacenamiento de energía, podrá generar información útil respecto de la contribución a la reducción de emisiones frente a escenarios de generación eléctrica convencional. En caso de que el promovente decida registrar reducciones de emisiones o participar en mecanismos de reconocimiento, deberá hacerlo conforme a las disposiciones reglamentarias aplicables, evitando la doble contabilidad de reducciones.
Artículo 90	Las disposiciones reglamentarias establecerán los procedimientos y reglas para llevar a cabo el monitoreo, reporte y verificación y, en su caso, la certificación de reducciones de emisiones obtenidas en proyectos inscritos en el Registro.	En caso de que el promovente registre reducciones de emisiones asociadas a la generación solar o al sistema de almacenamiento, deberá atender los procedimientos de monitoreo, reporte y verificación que establezca la autoridad competente. Lo anterior será independiente del cumplimiento de las medidas ambientales de la MIA-R, del manejo de residuos, del CUSTF y de las demás autorizaciones aplicables.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula de manera directa con la Ley General de Cambio Climático al tratarse de un proyecto de generación eléctrica mediante energía renovable, con infraestructura de almacenamiento que favorece la integración de fuentes limpias al sistema eléctrico. Su operación ordinaria no implica combustión directa de combustibles fósiles para la generación de electricidad, por lo que contribuye a los objetivos de mitigación y transición hacia una economía baja en carbono.

No obstante, el proyecto también genera obligaciones ambientales relacionadas con la reducción y control de emisiones temporales durante la construcción, operación de maquinaria, tránsito vehicular, mantenimiento y eventual abandono, así como con la mitigación y compensación de los efectos derivados de la remoción de vegetación forestal. Por ello, el promovente deberá implementar medidas de control de emisiones, mantenimiento preventivo, manejo integral de residuos, control de polvos, protección de suelos, compensación forestal y seguimiento ambiental, en congruencia con la política nacional de cambio climático y con las disposiciones aplicables en materia de evaluación de impacto ambiental y cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

III.3.10 Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia de Registro Nacional de Emisiones

El Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del Registro Nacional de Emisiones fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2014. Este ordenamiento tiene por objeto reglamentar las disposiciones de la Ley General de Cambio Climático relativas al Registro Nacional de Emisiones, estableciendo los sectores, subsectores y actividades sujetos a reporte, los gases y compuestos de efecto invernadero que deben reportarse, el umbral de emisiones aplicable, las metodologías de cálculo y los mecanismos de monitoreo, reporte y verificación.

Este Reglamento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar en la medida en que el proyecto forma parte del sector energía, subsector generación, transmisión y distribución de electricidad. No obstante, por la naturaleza del proyecto, la generación eléctrica se realizará mediante tecnología solar fotovoltaica, por lo que durante la etapa de operación ordinaria no se prevén emisiones directas de gases de efecto invernadero derivadas de procesos de combustión para la producción de electricidad.

El proyecto incorpora el sistema de almacenamiento de energía BESS Balam, con una potencia de 60 MW y capacidad de almacenamiento de 240 MWh, el cual permite complementar la generación fotovoltaica y favorecer una mejor integración de energía renovable. En consecuencia, el proyecto se vincula con este Reglamento tanto por pertenecer al sector energía como por la necesidad de verificar, en su caso, si las emisiones directas o indirectas generadas por el establecimiento alcanzan el umbral de reporte establecido por la normatividad aplicable.

Tabla 11 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia de Registro Nacional de Emisiones

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 1	El Reglamento tiene por objeto regular el Registro Nacional de Emisiones y establecer las disposiciones para identificar los establecimientos sujetos a reporte, así como los gases o compuestos de efecto invernadero que deberán reportarse.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con este Reglamento al formar parte del sector energía. Aunque durante su operación ordinaria no se prevén emisiones directas por combustión para la generación de electricidad, el promovente deberá verificar si, por la suma de emisiones directas e indirectas derivadas de sus actividades, se actualiza la obligación de reporte ante el Registro Nacional de Emisiones.
Artículo 2, fracción VI	Define establecimiento sujeto a reporte como el conjunto de fuentes fijas y móviles con las cuales se desarrolla una actividad productiva, comercial o de servicios, cuya operación genere emisiones directas o indirectas de gases o compuestos de efecto invernadero.	El proyecto puede integrar fuentes móviles y, en menor medida, fuentes fijas asociadas a actividades de construcción, mantenimiento, operación auxiliar y eventual abandono. Por ello, deberá llevar control de las emisiones directas e indirectas generadas por el uso de combustibles en maquinaria, vehículos, equipos auxiliares y

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
		demás fuentes que resulten aplicables, a fin de determinar si se actualizan los supuestos de reporte.
Artículo 3	Identifica los sectores y subsectores en los que se agrupan los establecimientos sujetos a reporte. Dentro del sector energía se incluye el subsector generación, transmisión y distribución de electricidad.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar pertenece al sector energía, subsector generación de electricidad, por lo que se ubica dentro de los sectores considerados por el Reglamento. La generación será mediante tecnología solar fotovoltaica y se complementará con infraestructura de almacenamiento, transformación, transmisión interna e interconexión, por lo que deberá verificarse el cumplimiento de las obligaciones aplicables al sector.
Artículo 4	Establece las actividades que se consideran establecimientos sujetos a reporte dentro de los sectores y subsectores señalados en el artículo anterior. En el sector energía se incluye la generación, transmisión y distribución de electricidad.	El proyecto se vincula con este precepto al consistir en una instalación de generación de energía eléctrica a nivel industrial, integrada por planta fotovoltaica, sistema BESS Balam, Subestación Elevadora Balam, Subestación de Maniobras Balam, línea aérea de alta tensión y apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha. En consecuencia, deberá verificarse si las emisiones del establecimiento alcanzan el umbral anual establecido por el Reglamento.
Artículo 5	Establece los gases o compuestos de efecto invernadero sujetos a reporte, entre ellos bióxido de carbono, metano, óxido nitroso, carbono negro u hollín, clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre, trifluoruro de nitrógeno, éteres halogenados, halocarbonos y mezclas de los anteriores.	Durante la operación ordinaria de la planta fotovoltaica no se prevé la emisión directa de gases de efecto invernadero por combustión. Sin embargo, durante la preparación del sitio, construcción, mantenimiento y abandono se generarán emisiones temporales de bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y otros contaminantes asociados al uso de maquinaria y vehículos. Asimismo, en equipos eléctricos de alta tensión deberá observarse el manejo adecuado de gases o sustancias reguladas que, en su caso, pudieran utilizarse en equipos especializados.
Artículo 6	Establece que el umbral a partir del cual los establecimientos sujetos a reporte deberán presentar información de sus emisiones directas o indirectas será igual o superior a 25,000 toneladas de bióxido de carbono equivalente al año.	El proyecto deberá estimar sus emisiones directas e indirectas anuales. En caso de que la suma anual de emisiones sea igual o superior a 25,000 toneladas de CO_2 equivalente, el promovente deberá presentar el reporte correspondiente ante el Registro Nacional de Emisiones. Considerando la naturaleza fotovoltaica del proyecto, se prevé que las emisiones operativas directas sean reducidas; sin embargo, la obligación deberá evaluarse con base en los consumos reales de combustibles, electricidad auxiliar y demás fuentes aplicables.
Artículo 7	Establece que los establecimientos sujetos a reporte deberán identificar y calcular sus emisiones directas e indirectas de gases o compuestos de	El promovente deberá contar con registros de consumo de combustibles, operación de maquinaria, vehículos, equipos auxiliares, generación de residuos y cualquier otra fuente

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	efecto invernadero, conforme a las metodologías aplicables.	que resulte relevante para el cálculo de emisiones. Esta información permitirá determinar la procedencia o improcedencia del reporte ante el RENE y, en su caso, integrar los datos conforme a las metodologías aplicables.
Artículo 8	Señala que los establecimientos sujetos a reporte deberán calcular sus emisiones directas e indirectas de conformidad con los factores de emisión, potenciales de calentamiento global y metodologías que establezca la autoridad competente.	En caso de que el proyecto sea sujeto a reporte, el cálculo de emisiones deberá realizarse conforme a los factores y metodologías oficiales. Lo anterior deberá considerar, en su caso, consumo de diésel, gasolina u otros combustibles por maquinaria y transporte, emisiones de equipos auxiliares, consumo eléctrico indirecto, manejo de residuos y demás fuentes aplicables.
Artículo 9	Establece que el reporte de emisiones deberá presentarse conforme a los formatos, medios electrónicos y plazos que determine la Secretaría.	Si el proyecto actualiza la obligación de reporte, el promovente deberá presentar la información de emisiones en los plazos y medios establecidos por la SEMARNAT, conservando la evidencia documental que soporte los datos reportados.
Artículo 12	Los establecimientos sujetos a reporte deberán conservar la información, datos y documentos que sustenten el reporte de emisiones, conforme a las disposiciones aplicables.	El promovente deberá conservar la documentación relativa a consumos de combustibles, facturas, bitácoras de operación, registros de mantenimiento, manifiestos de residuos, estimaciones de emisiones y demás información que permita acreditar el cálculo de emisiones directas e indirectas, cuando resulte aplicable.
Artículo 16	Establece que los establecimientos sujetos a reporte deberán presentar el reporte anual de emisiones directas e indirectas de gases o compuestos de efecto invernadero.	En caso de que la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar alcance el umbral de 25,000 toneladas de CO_2 equivalente anual, deberá presentar el reporte anual correspondiente, atendiendo los criterios de monitoreo, reporte y verificación previstos por el Reglamento.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del Registro Nacional de Emisiones por pertenecer al sector energía, subsector generación de electricidad. No obstante, debido a que la generación eléctrica será mediante tecnología solar fotovoltaica, durante la operación ordinaria no se prevén emisiones directas por combustión asociadas al proceso de generación eléctrica.

Las emisiones del proyecto se concentrarán principalmente en las etapas de preparación del sitio, construcción, mantenimiento y abandono, derivadas del uso temporal de maquinaria, vehículos, transporte de materiales y equipos auxiliares. En consecuencia, el promovente deberá mantener registros de consumo de combustibles y demás fuentes emisoras, calcular sus emisiones directas e indirectas cuando corresponda y verificar si éstas alcanzan el umbral de 25,000 toneladas de CO_2 equivalente anual. En caso de actualizarse dicho supuesto, deberá presentar el reporte correspondiente ante el Registro Nacional de Emisiones conforme a los plazos, formatos y metodologías que establezca la SEMARNAT.

Asimismo, el proyecto deberá considerar que la remoción de vegetación forestal implica una disminución de la capacidad de captura y almacenamiento de carbono en las áreas intervenidas, por

lo que dicha afectación deberá ser evaluada y compensada mediante las medidas ambientales y forestales correspondientes, en congruencia con la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales y con las estrategias de mitigación previstas en la MIA-R.

III.3.11 Ley de Planeación y Transición Energética

La Ley de Planeación y Transición Energética fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2025. Este ordenamiento es reglamentario de los artículos 25, párrafo tercero; 27, párrafos sexto y séptimo; y 28, párrafo cuarto, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Es de orden público e interés social y de observancia general en los Estados Unidos Mexicanos.

La Ley tiene por objeto establecer y regular la planeación vinculante en el Sector Energético, así como fortalecer la Transición Energética, el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, el cumplimiento de las obligaciones en materia de Energías Limpias y la reducción de Emisiones Contaminantes, manteniendo la competitividad de los sectores productivos, con el fin de coadyuvar con la soberanía, justicia y autosuficiencia energética.

Este ordenamiento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, ya que se trata de un proyecto del sector eléctrico destinado a la generación de energía eléctrica a nivel industrial mediante tecnología solar fotovoltaica, con una capacidad instalada de 202.2 MWac, y que incorpora un sistema de almacenamiento de energía por baterías BESS Balam de 60 MW y 240 MWh. Asimismo, el proyecto integra infraestructura de transformación, interconexión y evacuación de energía, incluyendo la Subestación Elevadora Balam 230/34.5 kV, una línea aérea de alta tensión en 230 kV, la Subestación de Maniobras Balam 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha.

En virtud de que la Ley reconoce a la radiación solar como una fuente de energía renovable y considera el almacenamiento eléctrico como una tecnología limpia, el proyecto se vincula de manera favorable con los objetivos de transición energética, aprovechamiento sustentable de la energía, reducción de emisiones contaminantes y diversificación de la matriz eléctrica. No obstante, su desarrollo deberá sujetarse a la planeación del sector energético, a la regulación eléctrica aplicable, a las condiciones de interconexión, a las disposiciones ambientales y a las autorizaciones que resulten procedentes.

Tabla 12 Vinculación del proyecto con la Ley de Planeación y Transición Energética

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 1	La Ley tiene por objeto establecer y regular la planeación vinculante en el Sector Energético y el fortalecimiento de la Transición Energética, así como el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, el cumplimiento de las obligaciones en materia de Energías Limpias y la reducción de Emisiones Contaminantes, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula directamente con este precepto al constituir un proyecto de generación eléctrica mediante energía solar fotovoltaica. Su operación permitirá aprovechar una fuente renovable de energía y contribuir a la diversificación de la matriz eléctrica, bajo un esquema compatible con la transición energética y la reducción de emisiones contaminantes.
Artículo 2	Señala que la Secretaría de Energía está a cargo de la planeación vinculante en el Sector Energético, la cual incluye el desarrollo de áreas estratégicas para preservar la soberanía, seguridad, autosuficiencia y justicia energética, así como garantizar la	El proyecto deberá desarrollarse en congruencia con la planeación energética nacional y con las disposiciones aplicables al Sistema Eléctrico Nacional. Su infraestructura de generación, almacenamiento e interconexión deberá

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	continuidad, accesibilidad, seguridad y confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional. Entre sus objetivos se encuentran impulsar el desarrollo sustentable del sector energético, establecer obligaciones para la transición energética, promover energías limpias y reducir emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.	atender los criterios de confiabilidad, seguridad y operación que determinen las autoridades competentes, en particular respecto de la conexión con la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha y la infraestructura de evacuación asociada.
Artículo 3, fracción I	Define el Aprovechamiento Sustentable de la Energía como el uso óptimo de la energía que contribuya a la conservación de los recursos energéticos y del medio ambiente en todos los procesos y actividades para su exploración, extracción, explotación, producción, transformación, acondicionamiento, distribución, almacenamiento y consumo, incluyendo la eficiencia energética como mecanismo principal.	El proyecto se vincula con este concepto al aprovechar la radiación solar para la producción de electricidad, reduciendo la dependencia de fuentes fósiles durante la operación. Asimismo, la incorporación del sistema BESS Balam permite almacenar energía y mejorar la gestión de la generación fotovoltaica, contribuyendo al uso eficiente y sustentable de la energía generada.
Artículo 3, fracción IX	Define las Energías Limpias como aquellas fuentes de energía y procesos de generación de energía de bajas emisiones, incluidos los definidos como tales en la Ley del Sector Eléctrico.	La generación de electricidad mediante tecnología solar fotovoltaica constituye una fuente de bajas emisiones durante su operación ordinaria. Por ello, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se alinea con la promoción de energías limpias, sin perjuicio de que durante la construcción y mantenimiento deban controlarse emisiones temporales provenientes de maquinaria, transporte y actividades auxiliares.
Artículo 3, fracción X	Define las Energías Renovables como aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable y que se regeneran naturalmente o con capacidad de regeneración a escala del tiempo humano. Entre ellas se reconoce expresamente la radiación solar, en todas sus formas.	El proyecto aprovecha la radiación solar como fuente primaria para la generación de energía eléctrica, por lo que se ubica dentro de las fuentes de energía renovable reconocidas por la Ley. En consecuencia, su desarrollo es congruente con los objetivos nacionales de aprovechamiento sustentable de recursos renovables y transición energética.
Artículo 3, fracción XXVI	Define las Tecnologías Limpias como el almacenamiento eléctrico, hidrógeno, rebombeo, captura y almacenamiento de dióxido de carbono, así como las tecnologías usadas para generar Energía Limpia y las que determine la Secretaría.	El proyecto incorpora el sistema BESS Balam, consistente en almacenamiento eléctrico mediante baterías, con una potencia instalada de 60 MW y capacidad de almacenamiento de 240 MWh. Dicho componente se vincula con las tecnologías limpias reconocidas por la Ley, al permitir almacenar energía y favorecer la integración de la generación fotovoltaica al sistema eléctrico.
Artículo 3, fracción XXVII	Define la Transición Energética como la modificación del sistema energético que consiste en la migración de un sistema basado en Energías Fósiles hacia uno sustentado preponderantemente en Energías Renovables y de bajas Emisiones.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar contribuye a la transición energética al generar electricidad a partir de una fuente renovable y de bajas emisiones operativas. La integración del sistema de almacenamiento por baterías fortalece esta contribución, al favorecer la disponibilidad y gestión de la energía generada mediante tecnología fotovoltaica.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 15	Corresponde al Centro Nacional de Control de Energía administrar el acceso a la Red Nacional de Transmisión y a las Redes Generales de Distribución de las Centrales Eléctricas, incluyendo las Energías Limpias, acorde con la planeación del sector y dando prioridad a la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional. Asimismo, debe tomar en consideración las acciones en materia de almacenamiento de energía incluidas en el PLATEASE.	El proyecto deberá sujetarse a las disposiciones aplicables en materia de interconexión, acceso a la red y confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional. La conexión de la planta mediante la Subestación Elevadora Balam, la Subestación de Maniobras Balam y la apertura de la línea LT Chunhuhub - Xul Ha deberá atender los criterios técnicos y operativos que establezcan el CENACE, la Comisión Nacional de Energía, la SENER y demás autoridades competentes.
Artículo 24	Establece que la Estrategia Nacional de Transición Energética constituye el instrumento rector de la política nacional de mediano y largo plazo en materia de transición energética, aprovechamiento sustentable de la energía, eficiencia energética, energías limpias, justicia energética, innovación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos del sector energético.	El proyecto es congruente con los objetivos de la política nacional de transición energética, al incorporar generación renovable, almacenamiento eléctrico y tecnología de bajas emisiones. Su ejecución deberá atender la planeación energética vigente y procurar que sus componentes contribuyan al cumplimiento de las metas nacionales en materia de energías limpias y reducción de emisiones.
Artículo 25	La Estrategia debe incluir metas de Energías Renovables y demás Energías Limpias, eficiencia energética, reducción de pobreza energética, electrificación de usos finales de la energía y reducción de emisiones contaminantes, reflejando las aportaciones del Sector Energético a los compromisos de cambio climático de México.	La generación eléctrica mediante radiación solar y el almacenamiento mediante baterías permiten que el proyecto contribuya al cumplimiento de metas relacionadas con energías renovables, energías limpias y reducción de emisiones contaminantes. Esta contribución será ambientalmente favorable siempre que se acompañe de medidas de mitigación y compensación por los impactos locales del proyecto, incluyendo remoción de vegetación forestal, manejo de residuos y protección de vida silvestre.
Artículo 26	Las metas de Energías Renovables y demás Energías Limpias establecidas en la Estrategia deben constituir porcentajes mínimos en relación con el total de generación de electricidad en México.	La energía generada por la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se sumará a la capacidad nacional de generación mediante fuentes renovables y limpias, contribuyendo a los porcentajes mínimos que se establezcan en los instrumentos de planeación energética.
Artículo 28	El PLATEASE es el documento para la planeación de la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, con horizonte de 15 años, que debe establecer actividades, programas y proyectos derivados de la Estrategia durante el periodo de encargo del Ejecutivo Federal.	El proyecto deberá observar, en lo conducente, los objetivos y líneas de acción del PLATEASE que resulten aplicables a proyectos de generación renovable, almacenamiento de energía, eficiencia energética y reducción de emisiones.
Artículo 29	El PLATEASE debe actualizarse anualmente y contener metas de Energías Renovables y demás Energías Limpias, eficiencia energética, reducción de pobreza energética, acciones de transición energética, acciones de investigación, desarrollo tecnológico, redes inteligentes, almacenamiento de energía, biocombustibles e hidrógeno renovable, entre otras.	El sistema BESS Balam y la generación fotovoltaica se vinculan con las acciones de almacenamiento de energía y energías renovables previstas en los instrumentos de transición energética. En consecuencia, el proyecto se alinea con la promoción de tecnologías que facilitan la integración de energías limpias al sistema eléctrico.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 30	El PLATEASE debe identificar, evaluar, diseñar, innovar, establecer e instrumentar estrategias, acciones y proyectos en materia de redes eléctricas inteligentes y almacenamiento de energía.	La incorporación del sistema de almacenamiento por baterías del proyecto se vincula directamente con este precepto, al constituir infraestructura de almacenamiento eléctrico que puede contribuir a la gestión de la energía generada por la planta fotovoltaica y a la operación más eficiente del sistema.
Artículo 32	El PLADESE es el documento del desarrollo y modernización de la infraestructura del Sector Eléctrico con horizonte de 15 años. La Secretaría, la Comisión Nacional de Energía, los organismos públicos sectorizados en energía y la SEMARNAT, en el ámbito de sus atribuciones, deben considerar el PLADESE en el otorgamiento de permisos y autorizaciones de su competencia, de modo que la inversión pública y privada y la operación del sector energético contribuyan a las metas de mediano y largo plazo establecidas.	El proyecto deberá ser congruente con los instrumentos de planeación del sector eléctrico, particularmente con el PLADESE, en materia de generación, interconexión, infraestructura de evacuación, confiabilidad y modernización del sistema eléctrico. Las autorizaciones energéticas y ambientales deberán considerar la planeación sectorial aplicable.
Artículo 60	Con el objetivo de fomentar el crecimiento de Energías Limpias, la Secretaría establece criterios para reconocer a los generadores de Energía Limpia y otorgar Certificados de Energías Limpias, en términos de la Ley del Sector Eléctrico.	Dado que el proyecto genera electricidad mediante una fuente renovable, podrá vincularse con los mecanismos de reconocimiento de generación limpia y, en su caso, con Certificados de Energías Limpias, conforme a las disposiciones que emitan las autoridades competentes. Este aspecto será independiente del cumplimiento de las obligaciones ambientales derivadas de la MIA-R, el CUSTF, el manejo de residuos y demás permisos aplicables.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula de manera favorable con la Ley de Planeación y Transición Energética, al tratarse de un proyecto de generación eléctrica mediante radiación solar, fuente reconocida como energía renovable, y al incorporar almacenamiento eléctrico mediante el sistema BESS Balam, tecnología considerada limpia por la propia Ley.

El proyecto contribuye a los objetivos nacionales de transición energética, aprovechamiento sustentable de la energía, diversificación de la matriz eléctrica, reducción de emisiones contaminantes e incorporación de tecnologías limpias. No obstante, esta congruencia energética no exime al promovente del cumplimiento de las obligaciones ambientales aplicables, particularmente aquellas relacionadas con la evaluación de impacto ambiental, cambio de uso de suelo en terrenos forestales, protección de vida silvestre, manejo integral de residuos, control de emisiones temporales, protección de suelos, drenajes, escurrimientos y cumplimiento de condicionantes que establezcan las autoridades competentes.

III.3.12 Ley de Aguas Nacionales

La Ley de Aguas Nacionales fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 11 de diciembre de 2025. Este ordenamiento es reglamentario del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; sus disposiciones son de orden público e interés social

y tienen por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Este ordenamiento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que durante sus etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono se requerirá el uso de agua para actividades de obra civil, control de polvos, compactación, limpieza, servicios sanitarios, higiene del personal y mantenimiento de determinadas áreas o equipos. No obstante, conforme a la información disponible del proyecto, no se identifican cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto, por lo que no se prevé la ocupación, modificación o afectación directa de cauces, vasos, zonas federales o cuerpos receptores nacionales.

La aplicación de esta Ley se relaciona principalmente con el abastecimiento legal del agua requerida por el proyecto, el manejo adecuado de las aguas residuales sanitarias generadas por el personal, la prevención de contaminación del suelo y subsuelo, así como la conservación de la funcionalidad de los escurrimientos pluviales naturales mediante obras de drenaje, cunetas y control de escorrentías. En principio, el proyecto no contempla el aprovechamiento directo de aguas nacionales superficiales o subterráneas ni la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales. En caso de que en etapas posteriores se requiera alguno de estos supuestos, el promovente deberá obtener previamente las concesiones, permisos o autorizaciones correspondientes ante la Comisión Nacional del Agua.

En caso de que el suministro de agua se realice mediante terceros, el promovente deberá verificar que éstos cuenten con los títulos, permisos o autorizaciones vigentes que amparen la extracción, aprovechamiento, transporte o suministro del recurso hídrico. De igual manera, las aguas residuales generadas por sanitarios, limpieza o servicios auxiliares deberán manejarse mediante prestadores autorizados, evitando cualquier descarga directa al suelo, subsuelo o ambiente.

Tabla 13 Vinculación del proyecto con la Ley de Aguas Nacionales

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 1	La Ley es reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de aguas nacionales y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar deberá desarrollarse bajo criterios de protección y uso sustentable del recurso hídrico. Aunque su operación ordinaria no requiere agua como insumo principal para la generación eléctrica, sí se prevé el uso de agua en actividades auxiliares, principalmente durante la preparación del sitio, construcción, control de polvos, limpieza, servicios sanitarios y mantenimiento. Por ello, el promovente deberá asegurar que el abastecimiento, uso, manejo y disposición del agua se realice conforme a la legislación aplicable.
Artículo 2	Las disposiciones de esta Ley son aplicables a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo, así como a los bienes nacionales que la propia Ley señala.	El proyecto no contempla la ocupación ni afectación directa de cuerpos de agua, cauces o zonas federales, ya que no se identifican cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto. No obstante, las obras de caminos, plataformas, drenajes, cunetas, canalizaciones y cimentaciones deberán diseñarse y ejecutarse de manera que mantengan la funcionalidad del drenaje superficial y eviten procesos de erosión, arrastre de sedimentos o contaminación del suelo y subsuelo.
Artículo 3	Define conceptos relevantes para la aplicación de la Ley, entre ellos aguas	La MIA-R deberá considerar estos conceptos en lo relativo al abastecimiento de agua, manejo de aguas

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	nacionales, aguas residuales, aprovechamiento, cauce, concesión, cuerpo receptor, cuenca hidrológica, descarga, gestión del agua, humedales, permisos y zona federal.	residuales sanitarias, prevención de contaminación del suelo y subsuelo, y control de escurrimientos pluviales. Dado que no se identifican cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto, la vinculación se centra en prevenir descargas no autorizadas, infiltraciones contaminantes, derrames y alteraciones al drenaje superficial natural.
Artículo 7	Declara de utilidad pública la gestión integrada de los recursos hídricos, la protección y conservación de las aguas nacionales, las cuencas, los acuíferos, los cauces, vasos y demás depósitos de propiedad nacional, así como el restablecimiento del equilibrio hidrológico.	El proyecto deberá ser congruente con la protección de los recursos hídricos y del equilibrio hidrológico del área. Las actividades de remoción de vegetación forestal, movimiento de tierras, construcción de caminos, instalación de plataformas, drenajes y canalizaciones deberán ejecutarse con medidas que prevengan erosión, arrastre de sedimentos, contaminación del suelo y subsuelo, así como alteraciones al drenaje superficial natural.
Artículo 20	La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de la Comisión Nacional del Agua o del Organismo de Cuenca que corresponda.	El proyecto no contempla el aprovechamiento directo de aguas nacionales superficiales o subterráneas. El agua requerida para obra civil, control de polvos, servicios sanitarios, limpieza y actividades auxiliares será suministrada preferentemente mediante terceros autorizados. El promovente deberá verificar que los proveedores cuenten con los títulos, permisos o autorizaciones vigentes que amparen la extracción, transporte o suministro del recurso hídrico. En caso de que posteriormente se requiera el aprovechamiento directo de aguas nacionales, deberá obtenerse previamente la concesión correspondiente ante la CONAGUA.
Artículo 21	La solicitud de concesión o asignación deberá contener, entre otros elementos, datos del solicitante, cuenca hidrológica, acuífero, región hidrológica, municipio, localidad, volumen solicitado, uso inicial del agua, punto de extracción, descarga de aguas residuales y demás información requerida.	Aunque el proyecto no prevé el aprovechamiento directo de aguas nacionales, en caso de que en etapas posteriores se determine la necesidad de gestionar una concesión, asignación o permiso relacionado con el uso de aguas nacionales, la solicitud deberá integrar la información técnica y legal requerida, incluyendo fuente de abastecimiento, volumen necesario, uso del agua, ubicación del aprovechamiento y condiciones aplicables.
Artículo 21 BIS	La persona promovente deberá adjuntar a la solicitud los documentos que acrediten la propiedad o posesión del inmueble donde se localizará la extracción de aguas nacionales, así como la documentación técnica y legal aplicable.	En caso de tramitar algún título de concesión o autorización ante la CONAGUA, el promovente deberá acreditar la disponibilidad legal del sitio donde se ubique el punto de extracción, almacenamiento, descarga u obra hidráulica relacionada con el agua. Dado que el proyecto se ubica en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, deberá integrarse la documentación agraria o contractual correspondiente cuando resulte aplicable.
Artículo 29	Las personas concesionarias o asignatarias tendrán obligaciones relacionadas con el uso de aguas nacionales conforme al título respectivo, las condiciones establecidas por la autoridad y las disposiciones de la Ley, sus reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas.	Si el promovente obtiene una concesión, asignación o autorización para el aprovechamiento de aguas nacionales, deberá cumplir con las obligaciones establecidas en el título correspondiente, incluyendo el uso autorizado, volúmenes, medición, pago de derechos, conservación de infraestructura, prevención

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
		de contaminación y demás condiciones que determine la autoridad.
Artículo 29 BIS 5	La Autoridad del Agua podrá negar concesiones, asignaciones o permisos de descarga cuando se afecten recursos hídricos destinados a reservas nacionales, exista causa de interés público o social, o se actualicen los supuestos previstos en la Ley.	El proyecto deberá verificar que cualquier suministro o aprovechamiento de agua que llegue a requerirse sea compatible con la disponibilidad hídrica, las vedas, reservas, zonas reglamentadas o restricciones aplicables. En caso de utilizar proveedores externos, deberá verificarse que el agua provenga de fuentes legalmente autorizadas y no de aprovechamientos irregulares.
Artículo 88	Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por la Autoridad del Agua para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.	El proyecto no contempla descargas de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales. Las aguas residuales generadas por servicios sanitarios durante la construcción y operación deberán manejarse mediante sanitarios portátiles, fosas o sistemas autorizados, con recolección, transporte y disposición final por empresas autorizadas, evitando descargas directas al suelo, subsuelo o ambiente. En caso de que posteriormente se prevea alguna descarga a cuerpo receptor nacional, deberá tramitarse previamente el permiso correspondiente ante la CONAGUA.
Artículo 88 BIS	Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a cuerpos receptores deberán cumplir con las obligaciones establecidas en la Ley, incluyendo condiciones particulares de descarga, Normas Oficiales Mexicanas, monitoreo y demás requisitos aplicables.	En virtud de que el proyecto no contempla descargas a cuerpos receptores nacionales, la obligación principal del promovente será prevenir cualquier vertimiento no autorizado y asegurar el manejo externo de las aguas residuales sanitarias. En caso de que en etapas posteriores se actualice un supuesto de descarga regulada, deberán cumplirse las condiciones particulares de descarga, parámetros de calidad, monitoreos y reportes que determine la autoridad competente.
Artículo 88 BIS 1	Las descargas de aguas residuales de uso doméstico que no formen parte de un sistema municipal de alcantarillado podrán realizarse con sujeción a las Normas Oficiales Mexicanas aplicables y mediante aviso por escrito a la Autoridad del Agua, en los casos previstos por la Ley.	Las aguas residuales domésticas generadas por el personal durante la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento deberán manejarse conforme a la normatividad aplicable. Se deberán utilizar sistemas sanitarios adecuados, preferentemente sanitarios portátiles con recolección periódica por empresa autorizada, evitando infiltraciones, derrames, descargas al suelo o disposición sin control.
Artículo 96 BIS	La Autoridad del Agua intervendrá para prevenir y controlar la contaminación del agua y preservar su calidad, conforme a la Ley y demás disposiciones aplicables.	El promovente deberá prevenir cualquier contaminación de aguas superficiales o subterráneas derivada de residuos, combustibles, aceites, lubricantes, materiales de construcción, aguas residuales, sedimentos o escurrimientos contaminados. Para ello, deberán implementarse medidas de manejo de residuos, control de derrames, áreas de almacenamiento impermeabilizadas, mantenimiento preventivo de maquinaria, protección del suelo y conducción adecuada de aguas pluviales.
Artículo 113	La Ley identifica bienes nacionales asociados al agua, incluyendo cauces, vasos,	Conforme a la información disponible, no se identifican cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto ni se

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	riberas, zonas federales, playas y demás bienes públicos inherentes a las aguas nacionales.	prevé la ocupación directa de cauces, vasos o zonas federales. No obstante, si durante estudios posteriores o trabajos de campo se identificara algún bien nacional asociado al agua dentro del área de influencia, deberá respetarse su delimitación y régimen jurídico, y gestionarse las autorizaciones correspondientes previo a cualquier intervención.
Artículo 113 BIS	Los materiales pétreos localizados dentro de los cauces de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes quedan a cargo de la Autoridad del Agua, y su aprovechamiento requiere concesión.	El proyecto no contempla la extracción de materiales pétreos de cauces, vasos o bienes nacionales. Los materiales de construcción que se utilicen deberán provenir de bancos o proveedores autorizados, evitando aprovechamientos irregulares de cauces, escurrimientos, zonas federales o bienes nacionales asociados al agua.
Artículo 118 BIS 2 y correlativos	Corresponde a la Autoridad del Agua realizar actos de verificación e inspección para comprobar el cumplimiento de la Ley y sus disposiciones derivadas, pudiendo sustanciar procedimientos administrativos sancionadores cuando existan infracciones.	El promovente deberá mantener disponible la documentación que acredite el origen legal del agua utilizada, la gestión de aguas residuales, contratos con prestadores autorizados, bitácoras de recolección sanitaria, comprobantes de disposición final y medidas de control ambiental. En caso de inspección, deberá acreditar el cumplimiento de las disposiciones hídricas aplicables.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con la Ley de Aguas Nacionales principalmente por el uso de agua requerido durante sus distintas etapas, el manejo de aguas residuales sanitarias, la prevención de contaminación del suelo y subsuelo, y la conservación del drenaje superficial natural mediante obras de control pluvial. Conforme a la información disponible, no se identifican cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto, por lo que no se prevé la ocupación o afectación directa de cauces, vasos, zonas federales o cuerpos receptores nacionales.

El promovente deberá verificar que el agua utilizada provenga de fuentes autorizadas; evitar cualquier descarga de aguas residuales sin autorización; manejar sanitarios, aguas residuales y lodos mediante prestadores autorizados; prevenir derrames de aceites, combustibles o sustancias que puedan contaminar el suelo, subsuelo o acuífero; y diseñar las obras de drenaje, cunetas y control de escurrimientos de forma que se preserve la funcionalidad hidrológica del sitio. En caso de que en etapas posteriores se requiera el aprovechamiento directo de aguas nacionales o la descarga a cuerpos receptores nacionales, deberán gestionarse previamente las autorizaciones correspondientes ante la CONAGUA.

III.3.13 Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994, siendo su última reforma la publicada en el DOF el 25 de agosto de 2014. Este ordenamiento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales y establecer las disposiciones aplicables a la administración, uso, aprovechamiento, control, preservación y protección de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.

Este Reglamento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono se requerirá el uso de agua para actividades auxiliares, tales como obra civil,

compactación, control de polvos, limpieza, servicios sanitarios, higiene del personal y mantenimiento de determinadas áreas o instalaciones. No obstante, conforme a la información disponible, no se identifican cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto, por lo que no se prevé la ocupación, modificación o afectación directa de cauces, vasos, zonas federales o cuerpos receptores nacionales.

En principio, el proyecto no contempla la extracción directa de aguas nacionales superficiales o subterráneas, ni la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales. El abastecimiento de agua se realizará preferentemente mediante terceros autorizados, por lo que el promovente deberá verificar que los proveedores cuenten con los títulos, permisos o autorizaciones vigentes que amparen la extracción, transporte y suministro del recurso hídrico.

Asimismo, las aguas residuales sanitarias generadas por el personal deberán manejarse mediante sanitarios portátiles, fosas o sistemas autorizados, con recolección, transporte y disposición final por prestadores de servicios autorizados, evitando descargas directas al suelo, subsuelo o ambiente. Las obras de drenaje, cunetas y control pluvial deberán diseñarse de manera que conserven la funcionalidad del drenaje superficial natural y prevengan procesos de erosión, arrastre de sedimentos, encharcamientos, infiltraciones contaminantes o afectaciones al suelo.

Tabla 14 Vinculación del proyecto con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 1	El Reglamento tiene por objeto reglamentar la Ley de Aguas Nacionales. Sus disposiciones son aplicables a las aguas nacionales y a los bienes públicos inherentes a éstas.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar deberá observar este Reglamento en lo relativo al abastecimiento legal del agua que se utilice en obra, al manejo de aguas residuales sanitarias y a la prevención de contaminación del suelo, subsuelo y acuífero. Conforme a la información disponible, no se identifican cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto, por lo que no se prevé la intervención directa de bienes nacionales asociados al agua.
Artículo 29	Las solicitudes de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales deberán presentarse ante la Autoridad del Agua con la información y documentación que establezcan la Ley y el propio Reglamento.	El proyecto no contempla el aprovechamiento directo de aguas nacionales superficiales o subterráneas. Sin embargo, en caso de que posteriormente se requiera una fuente propia de abastecimiento, el promovente deberá gestionar previamente la concesión, asignación o autorización correspondiente ante la CONAGUA, integrando la información técnica y legal requerida.
Artículo 30	La solicitud de concesión o asignación deberá acompañarse de la documentación que acredite la propiedad o posesión del inmueble donde se localizará el aprovechamiento, así como la información técnica que permita evaluar la procedencia de la solicitud.	Si en etapas posteriores el proyecto requiere tramitar un aprovechamiento directo de aguas nacionales, deberá acreditarse la disponibilidad legal del sitio donde se ubique la obra de extracción o infraestructura relacionada. Dado que el proyecto se localiza en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, deberá integrarse la documentación agraria o contractual que resulte aplicable.
Artículo 31	La Autoridad del Agua podrá requerir información adicional cuando la solicitud de concesión, asignación o permiso no contenga los	En caso de que se tramite algún título, permiso o autorización relacionado con aguas nacionales, el promovente deberá atender oportunamente

	datos o documentos necesarios para resolver sobre su procedencia.	cualquier prevención o requerimiento de información que formule la CONAGUA, aportando la documentación técnica, legal o ambiental necesaria para acreditar la procedencia del trámite.
Artículo 86	Los usuarios de aguas nacionales deberán utilizar el recurso conforme a los términos del título respectivo, así como observar las condiciones, limitaciones y obligaciones establecidas por la Ley, el Reglamento y la autoridad competente.	Aunque el proyecto no contempla aprovechamiento directo de aguas nacionales, el promovente deberá asegurar que el agua suministrada por terceros provenga de fuentes legalmente autorizadas. En caso de que se obtenga un título de concesión o autorización propia, el uso del agua deberá ajustarse estrictamente a los volúmenes, usos, condiciones y obligaciones que establezca la autoridad.
Artículo 119	Los usuarios deberán prevenir la contaminación de las aguas nacionales y cumplir con las disposiciones aplicables en materia de calidad del agua, descargas y protección de cuerpos receptores.	El proyecto deberá prevenir cualquier contaminación derivada de residuos, combustibles, aceites, lubricantes, aguas residuales sanitarias, sedimentos o escurrimientos contaminados. Para ello, se deberán implementar áreas de almacenamiento impermeabilizadas, manejo adecuado de residuos, mantenimiento preventivo de maquinaria, equipos para atención de derrames y control de escurrimientos pluviales.
Artículo 134	Las personas físicas o morales que descarguen aguas residuales deberán adoptar las medidas necesarias para evitar la contaminación de cuerpos receptores y cumplir con las condiciones establecidas en los permisos y Normas Oficiales Mexicanas aplicables.	El proyecto no contempla descargas de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales. Las aguas residuales sanitarias deberán manejarse mediante sanitarios portátiles o sistemas autorizados, con recolección y disposición final por empresas autorizadas. En caso de que en etapas posteriores se prevea alguna descarga regulada, deberán gestionarse previamente los permisos correspondientes y cumplirse las condiciones de calidad aplicables.
Artículo 135	Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a cuerpos receptores deberán contar con permiso de descarga expedido por la Comisión; tratar las aguas residuales previamente a su vertido cuando sea necesario; cubrir los derechos correspondientes; e instalar y mantener dispositivos de aforo y accesos para muestreo que permitan verificar los volúmenes y calidad de las descargas.	En virtud de que no se prevén descargas a cuerpos receptores nacionales, el proyecto deberá evitar cualquier vertimiento directo al suelo, subsuelo o ambiente. Las aguas residuales sanitarias serán recolectadas y manejadas por prestadores autorizados. Si en etapas posteriores se plantea una descarga a un cuerpo receptor nacional, deberá obtenerse previamente el permiso de descarga ante la CONAGUA y cumplirse con las condiciones particulares, monitoreos, dispositivos de control y Normas Oficiales Mexicanas aplicables.
Artículo 136	Las personas responsables de descargas deberán cumplir con las condiciones particulares de descarga, las Normas Oficiales Mexicanas aplicables y las obligaciones de monitoreo, control y reporte que correspondan.	En caso de que el proyecto llegara a generar descargas sujetas a permiso federal, el promovente deberá cumplir con los límites máximos permisibles, condiciones particulares de descarga, monitoreo, muestreo, reportes y demás obligaciones que determine la autoridad. Para el escenario previsto, el proyecto manejará las aguas residuales mediante prestadores autorizados, sin descarga directa a cuerpos receptores nacionales.
Artículo 151	La Autoridad del Agua podrá realizar visitas de inspección y verificación para comprobar el cumplimiento de la Ley, el Reglamento, títulos,	El promovente deberá mantener disponible la documentación que acredite el origen legal del agua utilizada, los contratos o comprobantes de

	permisos, concesiones, asignaciones y demás disposiciones aplicables.	suministro, la recolección y disposición de aguas residuales sanitarias, el mantenimiento de sanitarios portátiles o sistemas autorizados, así como las medidas de prevención de contaminación y control de escurrimientos implementadas en el proyecto.
Artículo 153	Las visitas de inspección podrán tener por objeto verificar la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, las descargas de aguas residuales, el cumplimiento de permisos y la observancia de las disposiciones aplicables.	En caso de inspección, el promovente deberá acreditar que no realiza aprovechamiento directo de aguas nacionales sin autorización, que no descarga aguas residuales al ambiente o a cuerpos receptores sin permiso, y que el manejo de agua, residuos, combustibles, aceites y escurrimientos se realiza conforme a la normatividad aplicable.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales principalmente por el abastecimiento de agua requerido para actividades auxiliares, el manejo de aguas residuales sanitarias, la prevención de contaminación del suelo y subsuelo, y el diseño de obras de drenaje y control pluvial. Conforme a la información disponible, no se identifican cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto, por lo que no se prevé la ocupación o afectación directa de cauces, vasos, zonas federales o cuerpos receptores nacionales.

El promovente deberá verificar que el agua utilizada provenga de fuentes legalmente autorizadas; evitar descargas directas de aguas residuales al suelo, subsuelo o ambiente; manejar sanitarios, aguas residuales y lodos mediante prestadores autorizados; prevenir derrames de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias que puedan contaminar el suelo o el acuífero; y diseñar las obras de drenaje, cunetas y control de escurrimientos de forma que se preserve la funcionalidad hidrológica del sitio.

En caso de que en etapas posteriores se requiera el aprovechamiento directo de aguas nacionales o la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales, el promovente deberá gestionar previamente las concesiones, asignaciones, permisos o autorizaciones correspondientes ante la CONAGUA, y cumplir con las condiciones particulares, monitoreos, reportes y Normas Oficiales Mexicanas que resulten aplicables.

III.3.14 Ley del Sector Eléctrico

La Ley del Sector Eléctrico fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de marzo de 2025. Es reglamentaria de los artículos 25, párrafos cuarto y quinto; 27, párrafo sexto; y 28, párrafo cuarto, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, así como las demás actividades del sector eléctrico.

Este ordenamiento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que se trata de una central eléctrica de generación de energía mediante tecnología solar fotovoltaica, con una capacidad instalada de 202.2 MWac, así como infraestructura asociada para almacenamiento, transformación, interconexión y ordenamiento resulta aplicable al proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, toda vez que se trata de una evacuación de energía eléctrica. El proyecto integra, además de la planta fotovoltaica, el sistema de almacenamiento de energía por baterías BESS Balam, la Subestación Elevadora Balam 230/34.5 kV, una línea aérea de alta tensión en 230 kV, la Subestación de Maniobras Balam 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha.

La Ley reconoce que el sector eléctrico comprende las actividades de generación, almacenamiento, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, así como la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional y la operación del Mercado Eléctrico Mayorista. En ese sentido, el proyecto se ubica dentro de las actividades reguladas por dicho ordenamiento, particularmente en lo relativo a generación eléctrica, energías limpias, almacenamiento eléctrico, interconexión, permisos, operación conforme a instrucciones del CENACE, cumplimiento de Reglas del Mercado, uso y ocupación superficial, y presentación de la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético.

Asimismo, la Ley reconoce como Energía Limpia a la energía proveniente de la radiación solar, por lo que la generación fotovoltaica del proyecto es congruente con los objetivos de transición energética, diversificación de fuentes de energía, reducción de emisiones contaminantes y descarbonización del sector eléctrico. No obstante, esta congruencia sectorial no exime al promovente de cumplir con las autorizaciones ambientales, forestales, sociales, energéticas, municipales y demás permisos aplicables para la ejecución del proyecto.

Tabla 15 Vinculación del proyecto con la Ley del Sector Eléctrico

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 1	La Ley tiene por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, así como las demás actividades del sector eléctrico. Sus finalidades incluyen preservar la seguridad y autosuficiencia energética de la Nación; procurar la eficiencia, calidad, continuidad, accesibilidad, seguridad, confiabilidad y sostenibilidad del Sistema Eléctrico Nacional; determinar la forma en que los particulares pueden participar en el sector eléctrico; impulsar el desarrollo sostenible; promover el uso de energías limpias y transición energética; y procurar la reducción de emisiones contaminantes.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula directamente con este precepto, ya que constituye un proyecto privado de generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, con infraestructura asociada para almacenamiento e interconexión. Su desarrollo contribuye al aprovechamiento de energías limpias y a la reducción de emisiones asociadas a la generación eléctrica convencional; no obstante, deberá ejecutarse conforme a la planeación, regulación, permisos, autorizaciones y criterios técnicos aplicables al sector eléctrico.
Artículo 2	El sector eléctrico comprende las actividades de generación, almacenamiento, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, así como la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional, la operación del Mercado Eléctrico Mayorista y la proveeduría de insumos primarios. Las actividades del sector eléctrico son de interés público. La planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el Servicio Público de Transmisión y Distribución, son áreas estratégicas exclusivas del Estado.	El proyecto se ubica dentro del sector eléctrico por integrar generación solar fotovoltaica y almacenamiento eléctrico mediante el sistema BESS Balam. Asimismo, contempla infraestructura de transformación, interconexión y evacuación de energía. La ejecución del proyecto deberá respetar que la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el Servicio Público de Transmisión y Distribución, son funciones reservadas al Estado, por lo que su interconexión y operación deberán sujetarse a las instrucciones y disposiciones emitidas por las autoridades competentes.
Artículo 3, fracción V	Define Central Eléctrica como las instalaciones y equipos que, en un sitio determinado, permiten generar energía eléctrica y productos asociados.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar constituye una Central Eléctrica, al estar integrada por módulos fotovoltaicos, seguidores solares, inversores, centros de transformación, redes internas, subestación elevadora y demás equipos destinados a generar energía eléctrica. Por ello, deberá cumplir con las obligaciones técnicas,

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
		regulatorias y administrativas aplicables a las centrales eléctricas.
Artículo 3, fracción XXI	Define Energías Limpias como aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias. Entre ellas se considera la radiación solar en todas sus formas.	La generación eléctrica del proyecto se realizará mediante el aprovechamiento de la radiación solar, por lo que se vincula con la categoría de Energía Limpia prevista en la Ley. Esta condición favorece su congruencia con los objetivos de transición energética y descarbonización del sector eléctrico, sin perjuicio del cumplimiento de las medidas ambientales derivadas de la MIA-R, el Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales y demás autorizaciones aplicables.
Artículo 3, fracción XXIII	Define Generadora como la persona titular de uno o varios permisos para generar electricidad en Centrales Eléctricas con autorización de la Comisión Nacional de Energía, o titular de un contrato de Participante del Mercado que representa en el Mercado Eléctrico Mayorista a dichas centrales.	El promovente deberá obtener, en el ámbito energético, las autorizaciones, permisos o contratos que resulten aplicables para la operación de la central eléctrica. Debido a la capacidad instalada del proyecto, la generación eléctrica no se ubica en el supuesto de generación exenta, por lo que deberá contar con el permiso de generación correspondiente y sujetarse a las reglas aplicables a las generadoras.
Artículo 3, fracción L	Define Sistema de Almacenamiento de Energía Eléctrica como el conjunto de componentes, equipos de control y supervisión, comunicaciones, protecciones, equipos de conversión de energía y equipos auxiliares que permiten extraer energía eléctrica de una red eléctrica o de una fuente de energía y almacenarla para su posterior uso o inyección.	El sistema BESS Balam, con potencia de 60 MW y capacidad de almacenamiento de 240 MWh, se vincula directamente con esta definición, ya que constituye infraestructura destinada al almacenamiento de energía eléctrica generada por el proyecto y a su posterior gestión o inyección conforme a las condiciones operativas que resulten aplicables.
Artículo 14	El Estado ejerce el Control Operativo del Sistema Eléctrico Nacional a través del CENACE, quien determina los elementos de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución que corresponden al Mercado Eléctrico Mayorista, así como las operaciones correspondientes y los procedimientos de coordinación.	La interconexión y operación del proyecto deberán sujetarse al control operativo del CENACE. En consecuencia, la Subestación Elevadora Balam, la línea aérea de alta tensión, la Subestación de Maniobras Balam y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha deberán diseñarse, construirse y operarse conforme a los criterios técnicos, operativos y de coordinación que determine la autoridad competente.
Artículo 15	Las instrucciones que emita el CENACE en ejercicio del Control Operativo del Sistema Eléctrico Nacional son obligatorias para todos los integrantes del sector eléctrico.	Una vez en operación e interconectado al Sistema Eléctrico Nacional, el proyecto deberá atender las instrucciones operativas del CENACE relacionadas con despacho, coordinación, seguridad, confiabilidad, mantenimiento, restricciones operativas y cualquier otra condición aplicable.
Artículo 16	La generación de energía eléctrica en Centrales Eléctricas puede ser realizada por el Estado, los particulares por sí mismos o en conjunto en esquemas de inversión mixta, en los términos establecidos por la Ley.	El proyecto corresponde a una central eléctrica privada de generación solar fotovoltaica, por lo que su desarrollo se encuadra dentro de las formas de participación de particulares previstas por la Ley, siempre que se obtengan los permisos, autorizaciones y contratos correspondientes.

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
Artículo 17	La actividad de generación puede realizarse a través de generación distribuida, autoconsumo o generación para el Mercado Eléctrico Mayorista.	Dada su escala industrial y capacidad instalada, el proyecto deberá ubicarse en la figura que corresponda conforme al modelo de operación, interconexión y comercialización autorizado por la autoridad competente. Para efectos de esta MIA-R, se reconoce su carácter de proyecto de generación eléctrica a gran escala, sujeto a los permisos y condiciones que correspondan.
Artículo 18	Para realizar la actividad de generación mediante autoconsumo o generación para el Mercado Eléctrico Mayorista se requiere permiso otorgado por la Comisión Nacional de Energía.	El promovente deberá obtener el permiso de generación correspondiente ante la Comisión Nacional de Energía, previo al inicio de operaciones comerciales del proyecto, en la modalidad que resulte aplicable conforme al esquema de generación e interconexión aprobado.
Artículo 19	Todas las Centrales Eléctricas con capacidad igual o mayor a 0.7 MW deben contar con permiso de generación vigente. Las Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.7 MW son Generadoras Exentas y no requieren permiso para generar energía eléctrica.	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar cuenta con una capacidad instalada de 202.2 MWac, por lo que rebasa ampliamente el umbral de 0.7 MW previsto por la Ley. En consecuencia, deberá contar con permiso de generación vigente en los términos establecidos por la Ley del Sector Eléctrico.
Artículo 21	Las Centrales Eléctricas con permiso de generación que participen en el Mercado Eléctrico Mayorista deberán ser representadas por una Generadora Participante del Mercado Eléctrico Mayorista, de acuerdo con las Reglas del Mercado y la regulación aplicable.	En caso de que el proyecto participe en el Mercado Eléctrico Mayorista, deberá contar con la representación de una Generadora Participante del Mercado Eléctrico Mayorista, cumplir con las Reglas del Mercado y observar las obligaciones que correspondan al permisionario y a su representante.
Artículo 22	Los Participantes del Mercado en modalidad de generadora que representen a Centrales Eléctricas interconectadas al Sistema Eléctrico Nacional deberán presentar contratos de interconexión vigentes; operar cumpliendo las Bases y Reglas del Mercado Eléctrico Mayorista, así como instrucciones del CENACE; sujetar el mantenimiento de sus centrales a la coordinación e instrucciones del CENACE; y notificar retiros programados.	El proyecto deberá contar con los contratos de interconexión que resulten aplicables para su conexión con la infraestructura eléctrica existente. Asimismo, deberá operar conforme a las Reglas del Mercado, instrucciones del CENACE y condiciones técnicas de interconexión, incluyendo la coordinación de mantenimientos y retiros programados de sus instalaciones.
Artículo 44	La Transportista y la Distribuidora son responsables de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución, respectivamente, y operan sus redes conforme a las instrucciones del CENACE, priorizando la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.	La infraestructura de evacuación del proyecto deberá coordinarse con la red eléctrica existente y con las entidades competentes. La apertura de la línea LT Chunhuhub - Xul Ha y la interconexión de la planta deberán realizarse conforme a los criterios de confiabilidad, coordinación, operación y seguridad del Sistema Eléctrico Nacional.
Artículo 57	El Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica es un área estratégica exclusiva del Estado y de utilidad pública. Están sujetos a servidumbre legal los predios necesarios para la instalación de la Red Nacional de	En caso de que alguna obra de interconexión o infraestructura asociada implique transmisión, distribución, afectación superficial, derecho de vía o servidumbre, el promovente deberá sujetarse a las disposiciones aplicables y coordinarse con las entidades competentes. Esto no exime del

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	Transmisión y las Redes Generales de Distribución.	cumplimiento de autorizaciones ambientales, forestales, agrarias, municipales y de uso de suelo que correspondan.
Artículo 58	El transporte de energía eléctrica a través de Redes Particulares se sujeta a las disposiciones administrativas de carácter general que emita la Comisión Nacional de Energía. Los permisos de generación comprenden el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación, ampliación, modernización, vigilancia y conservación de las Redes Particulares necesarias para transportar la producción de las Centrales Eléctricas hasta los puntos de interconexión.	La línea aérea de alta tensión, subestaciones, redes internas y demás infraestructura de evacuación del proyecto deberán sujetarse a las disposiciones aplicables a redes particulares y a las condiciones del permiso de generación e interconexión. Su diseño, construcción, operación y mantenimiento deberán observar los criterios técnicos, de seguridad, confiabilidad y ambientales correspondientes.
Artículo 85	Los Sistemas de Almacenamiento de Energía Eléctrica que instalen los Participantes del Mercado y Permisionarios pueden ofrecer energía y productos asociados para aumentar la flexibilidad operativa y contribuir a la accesibilidad, confiabilidad, calidad, seguridad, eficiencia y sostenibilidad del Sistema Eléctrico Nacional, conforme a las Reglas del Mercado.	El sistema BESS Balam se vincula directamente con este artículo, al constituir un sistema de almacenamiento eléctrico asociado al proyecto fotovoltaico. Su operación podrá contribuir a la flexibilidad, eficiencia y sostenibilidad del sistema, siempre que se realice conforme a las Reglas del Mercado, disposiciones operativas, criterios de interconexión y medidas de seguridad aplicables al almacenamiento de energía.
Artículo 88	El sector eléctrico se considera de utilidad pública. Procede la ocupación o afectación superficial o la constitución de servidumbres necesarias para determinados proyectos de infraestructura, conforme a las disposiciones aplicables. La Federación, estados, municipios y alcaldías deben contribuir al desarrollo de proyectos de generación, transmisión y distribución mediante procedimientos y bases de coordinación que agilicen y garanticen el otorgamiento de permisos y autorizaciones en el ámbito de su competencia.	El proyecto deberá acreditar la disponibilidad legal de los terrenos donde se pretende desarrollar, así como obtener las autorizaciones ambientales, forestales, energéticas, agrarias, municipales y de uso de suelo que correspondan. La utilidad pública del sector eléctrico no sustituye las obligaciones de evaluación ambiental, CUSTF, compatibilidad territorial, permisos municipales ni cumplimiento de derechos sociales y agrarios.
Artículo 134	La Secretaría debe informar a los interesados en la ejecución de proyectos de infraestructura del sector eléctrico sobre la presencia de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas en las áreas donde se desarrollen, con el fin de implementar acciones para salvaguardar sus derechos.	El proyecto deberá considerar la posible presencia de comunidades indígenas, afromexicanas o equiparables dentro de su área de influencia social, conforme a la información que emita la autoridad competente. En su caso, deberán implementarse las acciones necesarias para salvaguardar derechos colectivos, territoriales, culturales y de participación social.
Artículo 135	Con la finalidad de tomar en cuenta los intereses y derechos de pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas donde se desarrollen proyectos de infraestructura eléctrica, la Secretaría debe llevar a cabo procedimientos de consulta previa, libre e informada y cualquier otra actividad necesaria para su salvaguarda, en coordinación con la Empresa Pública del Estado o los interesados, según corresponda.	En caso de que la autoridad identifique la presencia de pueblos o comunidades indígenas, afromexicanas o equiparables susceptibles de afectación por el proyecto, deberán observarse los procedimientos de consulta previa, libre e informada que correspondan, en coordinación con la Secretaría y conforme a la normatividad aplicable.
Artículo 136	La Empresa Pública del Estado o los interesados en desarrollar proyectos de infraestructura	El promovente deberá elaborar y presentar la Manifestación de Impacto Social del Sector

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	eléctrica deben elaborar y presentar a la Secretaría la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético, con enfoque participativo, perspectiva de género y respeto a los derechos humanos. Esta deberá contener, al menos, descripción de etapas y actividades del proyecto, delimitación de áreas de influencia, identificación y caracterización de comunidades o localidades y pueblos, identificación y valoración de impactos sociales positivos y negativos, y medidas de prevención y mitigación integradas en un Plan de Gestión Social.	Energético ante la Secretaría de Energía, o la autoridad competente en la materia, conforme a los requisitos aplicables. Este instrumento deberá caracterizar el área de influencia social del proyecto, identificar localidades, comunidades y actores sociales, valorar impactos sociales positivos y negativos, y proponer medidas de prevención, mitigación y gestión social.
Artículo 137	Las personas interesadas en desarrollar proyectos de infraestructura eléctrica deben presentar a la Secretaría la solicitud de autorización de la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético, salvo en casos específicos, como centrales que no requieran permiso o ampliaciones y mantenimientos sin impacto social significativo.	Dado que el proyecto requiere permiso de generación por su capacidad instalada y constituye infraestructura eléctrica nueva, deberá contar con la autorización correspondiente en materia de Manifestación de Impacto Social del Sector Energético antes del inicio del desarrollo de infraestructura vinculada al proyecto, salvo que la autoridad determine formalmente lo contrario.
Artículo 139	La Secretaría debe emitir la autorización de la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético en un término no mayor a noventa días naturales, pudiendo autorizar el proyecto, autorizarlo de manera condicionada o negar la autorización. Para el inicio del desarrollo de infraestructura vinculada al proyecto es necesaria la autorización definitiva de la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético, sin menoscabo del cumplimiento de requisitos de otras autoridades.	El inicio de las obras del proyecto deberá sujetarse a la obtención de la autorización definitiva de la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético, además de las autorizaciones ambientales, forestales, municipales, agrarias, energéticas y demás permisos aplicables. Las medidas y condicionantes sociales deberán integrarse al programa de ejecución del proyecto.
Artículo 140	Los términos y condicionantes de la autorización de la Manifestación de Impacto Social deberán incluir, al menos, el aviso a la Secretaría cuando se realicen cambios o modificaciones al proyecto autorizado; la presentación de un informe anual de implementación del Plan de Gestión Social; y la conservación de la información actualizada del proyecto por cinco años.	El promovente deberá cumplir con los términos y condicionantes que se establezcan en la autorización social, incluyendo avisos de modificación, informes anuales de implementación del Plan de Gestión Social y conservación de información del proyecto. Estas obligaciones deberán coordinarse con el seguimiento ambiental de la MIA-R y demás programas de cumplimiento.
Artículo 141	La Secretaría debe verificar el cumplimiento de los términos y condicionantes de las autorizaciones de la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético y de las obligaciones establecidas en la normatividad aplicable.	El promovente deberá mantener evidencia documental del cumplimiento de la Manifestación de Impacto Social, del Plan de Gestión Social y de las medidas de prevención, mitigación o compensación social que se establezcan, a fin de atender verificaciones de la autoridad competente.
Artículo 142	La Secretaría debe implementar mecanismos que permitan la diversificación de fuentes de energía, la transición energética, autosuficiencia energética, seguridad energética y promoción de Energías Limpias. Asimismo, debe establecer instrumentos para medir y evaluar la	La generación solar fotovoltaica del proyecto y el sistema BESS Balam son congruentes con la diversificación de fuentes de energía, la promoción de Energías Limpias y la transición energética. Sin embargo, esta contribución deberá acompañarse de medidas ambientales, forestales

Disposición jurídica	Lineamiento	Vinculación del proyecto
	descarbonización y transición energética del sector eléctrico.	y sociales que aseguren la sostenibilidad integral del proyecto.
Transitorio Segundo	Se abroga la Ley de la Industria Eléctrica publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto de 2014, así como las demás disposiciones que se opongan al Decreto.	Para efectos de la presente vinculación, el marco jurídico vigente aplicable al sector eléctrico es la Ley del Sector Eléctrico publicada en el DOF el 18 de marzo de 2025. Por lo anterior, la regulación del proyecto deberá actualizarse conforme a este nuevo ordenamiento y las disposiciones que deriven del mismo.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula de manera directa con la Ley del Sector Eléctrico, al constituir una central eléctrica de generación solar fotovoltaica con infraestructura asociada de almacenamiento, transformación e interconexión. Debido a su capacidad instalada de 202.2 MWac, el proyecto deberá contar con permiso de generación vigente, cumplir con las condiciones de interconexión, atender las Reglas del Mercado y sujetarse a las instrucciones del CENACE y demás autoridades competentes.

Asimismo, el proyecto se vincula con las disposiciones relativas a Energías Limpias, al aprovechar la radiación solar como fuente primaria de generación; con las disposiciones sobre Sistemas de Almacenamiento de Energía Eléctrica, al incorporar el sistema BESS Balam; y con las obligaciones en materia de Manifestación de Impacto Social del Sector Energético, al tratarse de infraestructura eléctrica nueva que debe identificar, valorar y gestionar sus impactos sociales.

La aplicación de esta Ley será complementaria al cumplimiento de las autorizaciones ambientales y forestales que correspondan, incluyendo la autorización en materia de impacto ambiental, la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, el manejo integral de residuos, la protección de vida silvestre, la prevención de contaminación, las autorizaciones municipales y la acreditación de disponibilidad legal de los terrenos.

III.4 Programas de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano

III.5 Planes y programas sectoriales

Los planes y programas sectoriales constituyen instrumentos de planeación que orientan la actuación de las autoridades en materias estratégicas para el desarrollo nacional, estatal y municipal, tales como medio ambiente, infraestructura, desarrollo urbano, desarrollo económico, bienestar social, ordenamiento territorial, transición energética y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Para el caso del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, estos instrumentos resultan relevantes debido a que se trata de una obra del sector eléctrico destinada a la generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, con infraestructura asociada para almacenamiento, transformación, interconexión y evacuación de energía. Asimismo, por su ubicación y características, el proyecto implica ocupación territorial, remoción de vegetación forestal, modificación de cobertura vegetal, manejo de residuos, instalación de infraestructura eléctrica, construcción de caminos, obras de drenaje, tránsito de maquinaria y operación de un sistema de almacenamiento por baterías.

El análisis de vinculación con planes y programas sectoriales permite identificar la congruencia del proyecto con los objetivos de desarrollo sustentable, transición energética, protección ambiental,

infraestructura para el bienestar, desarrollo urbano incluyente y planeación municipal. No obstante, dicha congruencia debe entenderse condicionada al cumplimiento de las disposiciones ambientales, forestales, sociales, energéticas, agrarias, municipales y demás autorizaciones aplicables.

Para efectos del presente apartado se consideran los instrumentos estatales y municipales que guardan relación con el proyecto, sin perjuicio de que la vinculación específica con programas de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano se aborde en el apartado correspondiente.

III.5.1 Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

El Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 constituye el instrumento rector de la planeación nacional para el periodo correspondiente a la Administración Pública Federal 2024-2030. De conformidad con el Sistema Nacional de Planeación Democrática, este instrumento establece los objetivos, estrategias y prioridades nacionales que orientan la actuación del Gobierno Federal y sirven de base para la formulación de programas sectoriales, especiales, institucionales y regionales.

La vinculación del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar con este instrumento deriva de su naturaleza como proyecto de infraestructura energética, orientado a la generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, con infraestructura asociada de almacenamiento, transformación, interconexión y evacuación. En este sentido, el proyecto se relaciona con los objetivos nacionales de desarrollo sustentable, transición energética, fortalecimiento de infraestructura estratégica, diversificación de fuentes de energía, reducción de emisiones contaminantes e impulso a proyectos productivos que contribuyan al desarrollo regional.

El proyecto contempla la instalación de una planta fotovoltaica con capacidad de generación de 202.2 MWac, así como el sistema de almacenamiento de energía por baterías BESS Balam, con potencia de 60 MW y capacidad de almacenamiento de 240 MWh. Asimismo, incluye la Subestación Elevadora Balam 230/34.5 kV, una línea aérea de alta tensión en 230 kV, la Subestación de Maniobras Balam 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub - Xul Ha. Estos componentes permiten vincularlo con las directrices nacionales relativas al fortalecimiento del sector eléctrico, la modernización de infraestructura energética y la incorporación de tecnologías limpias.

Desde la perspectiva ambiental, la congruencia del proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030 debe analizarse considerando que, si bien la generación fotovoltaica representa una fuente de energía limpia durante su operación ordinaria, el proyecto también implica ocupación territorial, remoción de vegetación forestal, modificación de hábitat, generación de residuos, movimiento de tierras, construcción de caminos, instalación de infraestructura eléctrica y manejo de aguas residuales sanitarias. Por ello, su viabilidad queda condicionada al cumplimiento de las autorizaciones ambientales, forestales, sociales, energéticas, agrarias, estatales y municipales que resulten aplicables.

Tabla 16 Vinculación de proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030	Instrumento rector de la planeación nacional que establece los objetivos, estrategias y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país, orientando la actuación de la Administración Pública Federal y la formulación de los programas derivados.	El proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con el Plan Nacional de Desarrollo al constituir infraestructura energética de generación renovable, con almacenamiento eléctrico e infraestructura de interconexión. Su desarrollo contribuye a la diversificación de fuentes de energía, al aprovechamiento de la radiación solar y a la incorporación de tecnologías limpias. No obstante, su congruencia con el instrumento rector nacional dependerá de que se ejecute bajo criterios de sustentabilidad ambiental, cumplimiento normativo,

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
		prevención de impactos, protección de biodiversidad, compensación forestal, manejo integral de residuos y responsabilidad social.

Con base en lo anterior, el proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar presenta congruencia general con el Plan Nacional de Desarrollo 2025-2030, al tratarse de un proyecto de generación eléctrica mediante una fuente renovable y con infraestructura de almacenamiento de energía. Sin embargo, esta congruencia estratégica no exime al promovente de cumplir con las obligaciones específicas en materia de impacto ambiental, cambio de uso de suelo en terrenos forestales, vida silvestre, residuos, prevención de contaminación, gestión social, autorizaciones energéticas, disponibilidad legal de los predios y permisos municipales.

Para control de fuente: el PND 2025-2030 forma parte del Sistema Nacional de Planeación Democrática; este esquema se sustenta en el artículo 25 constitucional y en la Ley de Planeación, que prevén la aprobación de un Plan Nacional de Desarrollo de duración sexenal para ordenar las acciones de la Administración Pública Federal.

III.5.2 Plan Estatal de Desarrollo 2023-2027 Quintana Roo

El Plan Estatal de Desarrollo 2023-2027 de Quintana Roo constituye el instrumento rector de la planeación estatal durante el periodo de gobierno correspondiente. En él se establecen las directrices generales para orientar el desarrollo económico, social, ambiental, territorial e institucional del estado, así como las bases para la coordinación entre la administración pública estatal, los municipios, la federación y los sectores social y privado.

La vinculación del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar con este instrumento deriva de su localización en el estado de Quintana Roo y de su naturaleza como infraestructura energética de escala industrial. El proyecto se ubica en el municipio de Bacalar, dentro de terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho, y forma parte del sector eléctrico, subsector energía solar fotovoltaica.

Desde la perspectiva estatal, el proyecto puede contribuir a la diversificación de la infraestructura productiva y energética, al aprovechamiento de fuentes renovables de energía y a la generación de inversión y empleo durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento. Asimismo, al incorporar tecnología solar fotovoltaica y almacenamiento de energía mediante el sistema BESS Balam, se relaciona con los objetivos de transición energética, reducción de emisiones contaminantes y fortalecimiento de infraestructura estratégica.

No obstante, su desarrollo deberá atender los principios de sustentabilidad ambiental, conservación de los recursos naturales, protección de la biodiversidad, prevención de impactos, compensación ambiental y cumplimiento normativo. Lo anterior es particularmente relevante debido a que el proyecto implica remoción de vegetación forestal, ocupación de superficies permanentes y temporales, manejo de residuos, obras eléctricas y modificación del uso actual del suelo en determinadas áreas.

Tabla 17 Vinculación del proyecto con el Plan de Desarrollo 2023-2027 de Quintana Roo

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
Plan Estatal de Desarrollo 2023-2027 de Quintana Roo	Establece las directrices generales para el desarrollo integral del estado, incluyendo bienestar social, desarrollo económico,	El proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con este instrumento al tratarse de infraestructura energética ubicada en Quintana Roo, con potencial para contribuir al desarrollo económico regional, inversión

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
	infraestructura, sustentabilidad, protección ambiental, gobernanza y coordinación institucional.	productiva, generación de empleo y aprovechamiento de energía renovable. Su congruencia con el Plan Estatal dependerá de que se ejecute bajo criterios de sustentabilidad, prevención de impactos ambientales, cumplimiento de autorizaciones, protección de biodiversidad y respeto a la planeación territorial aplicable.

Con base en lo anterior, el proyecto se considera compatible en términos generales con los objetivos de desarrollo estatal, siempre que su ejecución se realice con estricto apego a la normatividad ambiental, forestal, energética, social, municipal y territorial aplicable.

III.5.3 Programa Sectorial del Medio Ambiente y Sustentabilidad

El Programa Sectorial de Medio Ambiente y Sustentabilidad forma parte de los Programas de Desarrollo 2023-2027 del estado de Quintana Roo y corresponde al instrumento sectorial emitido por la autoridad estatal en materia ambiental. Este programa orienta la política pública estatal relacionada con la conservación del patrimonio natural, la protección de los ecosistemas, la sustentabilidad, el manejo de recursos naturales, la prevención de la contaminación, el fortalecimiento de la gestión ambiental y la atención de problemáticas ambientales prioritarias.

Este programa resulta particularmente relevante para el proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, ya que su ejecución implica la intervención de superficies con vegetación forestal, la modificación de hábitat, la generación de residuos, la instalación de infraestructura eléctrica, la construcción de caminos, el manejo de aguas residuales sanitarias y la necesidad de implementar medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación ambiental.

La vinculación con este instrumento se centra en asegurar que el proyecto se desarrolle bajo criterios de conservación de la biodiversidad, manejo adecuado de recursos naturales, reducción de impactos ambientales, protección de flora y fauna silvestre, prevención de contaminación del suelo y subsuelo, gestión integral de residuos y compensación por la remoción de vegetación forestal.

Tabla 18 Vinculación del proyecto con el Programa Sectorial del Medio Ambiente y Sustentabilidad

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
Programa Sectorial de Medio Ambiente y Sustentabilidad	Orienta la política ambiental estatal hacia la protección, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la prevención de la contaminación, la restauración ambiental y el fortalecimiento de la gestión ambiental.	El proyecto se vincula directamente con este programa, ya que implica remoción de vegetación forestal, modificación de hábitat, manejo de residuos y ocupación de superficies. En consecuencia, deberá aplicar medidas de rescate y reubicación de flora y fauna, compensación ambiental, manejo integral de residuos, control de emisiones temporales, prevención de derrames, protección de suelos, restauración de áreas temporales y seguimiento ambiental durante todas sus etapas.

Con base en lo anterior, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar será congruente con el Programa Sectorial de Medio Ambiente y Sustentabilidad en la medida en que garantice la protección de los ecosistemas y recursos naturales presentes en el Área del Proyecto y en el Sistema Ambiental Regional. La obtención de la autorización en materia de impacto ambiental y de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales será fundamental para acreditar dicha congruencia.

III.5.4 Programa Sectorial de Desarrollo Urbano Incluyente

El Programa Sectorial de Desarrollo Urbano Incluyente forma parte de los Programas de Desarrollo 2023-2027 del estado de Quintana Roo y se relaciona con la planeación territorial, el desarrollo urbano, la ocupación ordenada del territorio, la infraestructura, la movilidad, el acceso a servicios y el crecimiento urbano bajo criterios de inclusión y sustentabilidad.

Este instrumento resulta aplicable al análisis del proyecto debido a que la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar implica la ocupación de una superficie territorial significativa, la instalación de infraestructura eléctrica, la construcción y adecuación de caminos de acceso e interiores, la apertura de zanjas y canalizaciones, así como la instalación de subestaciones, línea aérea de alta tensión, sistema BESS y obras auxiliares.

Aunque el proyecto no constituye un desarrollo urbano habitacional ni turístico, sí representa una infraestructura que incide sobre el territorio municipal y regional. Por ello, su desarrollo deberá ser compatible con los usos de suelo aplicables, la planeación territorial, las autorizaciones municipales y las disposiciones relativas a ocupación del suelo, construcción, accesibilidad, seguridad, infraestructura y servicios.

Tabla 19 Vinculación del proyecto con el Programa Sectorial de Desarrollo Urbano Incluyente

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
Programa Sectorial de Desarrollo Urbano Incluyente	Orienta la planeación territorial y urbana del estado, promoviendo un desarrollo ordenado, incluyente, sostenible y compatible con la infraestructura, los servicios y la vocación territorial.	El proyecto se vincula con este programa al requerir ocupación territorial, infraestructura eléctrica, caminos internos, accesos, subestaciones, obras auxiliares y áreas de operación. Su desarrollo deberá ser congruente con la planeación territorial aplicable, obtener las autorizaciones municipales correspondientes y evitar conflictos con usos de suelo, asentamientos humanos, infraestructura existente y criterios de seguridad territorial.

Con base en lo anterior, el proyecto será compatible con este instrumento siempre que acredite la disponibilidad legal de los predios, obtenga las autorizaciones municipales y estatales que correspondan, respete los instrumentos de planeación territorial aplicables y ejecute sus obras con medidas que reduzcan impactos sobre el territorio, accesos, caminos, paisaje, seguridad y funcionalidad local.

III.5.5 Programa Sectorial de Infraestructura para el Bienestar

El Programa Sectorial de Infraestructura para el Bienestar forma parte de los Programas de Desarrollo 2023-2027 del estado de Quintana Roo y se relaciona con la planeación, fortalecimiento y desarrollo de infraestructura pública y estratégica para mejorar las condiciones de bienestar, conectividad, servicios, desarrollo regional y competitividad territorial.

La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con este programa en virtud de que constituye infraestructura energética de escala industrial, integrada por una planta fotovoltaica, sistema de almacenamiento por baterías, subestación elevadora, subestación de maniobras, línea aérea de alta tensión, apertura de línea existente, caminos de acceso, viales internos, drenajes, canalizaciones y obras complementarias.

El proyecto no solo incorpora infraestructura de generación eléctrica, sino también componentes necesarios para la evacuación de la energía generada hacia la red existente. Por ello, su desarrollo se relaciona con la modernización y fortalecimiento de infraestructura estratégica, siempre que su

ejecución se realice conforme a criterios de seguridad, sustentabilidad, eficiencia, confiabilidad, prevención de impactos ambientales y cumplimiento de autorizaciones aplicables.

Tabla 20 Vinculación del proyecto con el Programa Sectorial de Infraestructura para el Bienestar

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
Programa Sectorial de Infraestructura para el Bienestar	Orienta la planeación y desarrollo de infraestructura que contribuya al bienestar, conectividad, servicios, desarrollo regional y fortalecimiento territorial del estado.	El proyecto se vincula con este programa al constituir infraestructura energética de generación, almacenamiento, transformación e interconexión eléctrica. La Subestación Elevadora Balam, la Subestación de Maniobras Balam, la línea aérea de alta tensión y la apertura de la línea LT Chunhuhub - Xul Ha forman parte de la infraestructura necesaria para evacuar la energía generada. Su desarrollo deberá realizarse con criterios técnicos, ambientales, sociales y de seguridad, evitando impactos no mitigados sobre el entorno.

Con base en lo anterior, el proyecto presenta congruencia general con el Programa Sectorial de Infraestructura para el Bienestar, al contribuir al desarrollo de infraestructura energética. Sin embargo, dicha congruencia se encuentra condicionada al cumplimiento de la evaluación de impacto ambiental, la autorización de Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales, la gestión social, la protección de vida silvestre, el manejo integral de residuos y las autorizaciones municipales correspondientes.

III.5.6 Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar

El Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar constituye el instrumento rector de la planeación municipal para orientar las acciones del ayuntamiento en materia de desarrollo social, económico, infraestructura, servicios públicos, protección ambiental, ordenamiento territorial, gobernanza y bienestar de la población.

Este instrumento resulta relevante para el proyecto debido a que el Área del Proyecto se ubica en el municipio de Bacalar, Quintana Roo, dentro de terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho. Por lo tanto, además de las autorizaciones federales en materia ambiental, forestal y energética, el promovente deberá atender las disposiciones municipales aplicables en materia de uso de suelo, construcción, protección civil, caminos, accesos, servicios, seguridad y demás trámites administrativos que resulten procedentes.

La vinculación con el Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar se centra en verificar que el proyecto contribuya al desarrollo local sin comprometer la protección ambiental, la funcionalidad territorial, la calidad de vida de las comunidades cercanas ni la prestación de servicios públicos. Asimismo, al tratarse de infraestructura energética de escala industrial, deberá contemplar medidas de comunicación social, atención a comunidades, contratación local cuando sea posible, seguridad en obra, control de impactos y coordinación con autoridades municipales.

Tabla 21 Vinculación del proyecto con el Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar	Orienta la planeación municipal en materia de desarrollo económico, bienestar social, infraestructura, servicios públicos, protección ambiental, uso del suelo, gobernanza	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se ubica en el municipio de Bacalar, por lo que deberá ser congruente con la planeación municipal y obtener las autorizaciones locales que correspondan. El proyecto puede contribuir a la inversión y empleo local durante sus distintas etapas; no obstante, deberá prevenir afectaciones ambientales, sociales, territoriales y de seguridad, así como mantener

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
	y atención a las necesidades de la población.	coordinación con el ayuntamiento para atender aspectos de caminos, accesos, protección civil, servicios y uso del suelo.

Con base en lo anterior, el proyecto se vincula con el Plan Municipal de Desarrollo de Bacalar al ubicarse dentro de su ámbito territorial. Su ejecución deberá realizarse con apego a la normatividad municipal aplicable, respetando los criterios de desarrollo local, sustentabilidad, protección ambiental, seguridad, participación social y compatibilidad territorial.

III.5.7 Plan Municipal de Desarrollo de Felipe Carrillo Puerto

El Plan Municipal de Desarrollo de Felipe Carrillo Puerto 2024-2027 constituye el instrumento de planeación municipal que orienta las acciones del gobierno local durante el periodo administrativo correspondiente. Si bien el Área del Proyecto se ubica en el municipio de Bacalar, el Sistema Ambiental Regional definido para la MIA-R comprende también el municipio de Felipe Carrillo Puerto, por lo que resulta necesario considerar su planeación municipal dentro del análisis regional.

La vinculación con este instrumento se justifica por la amplitud del Sistema Ambiental Regional, la relación funcional entre municipios, la continuidad territorial y ambiental de la región, y la necesidad de evaluar los posibles impactos acumulativos, sinérgicos o indirectos del proyecto en el contexto regional. Asimismo, el municipio de Felipe Carrillo Puerto forma parte de una zona con relevancia social, cultural, ambiental y territorial, por lo que el análisis regional debe considerar sus criterios de desarrollo municipal, bienestar social, infraestructura, ordenamiento territorial y protección ambiental.

De acuerdo con el propio Plan Municipal de Desarrollo 2024-2027 de Felipe Carrillo Puerto, este instrumento se orienta a atender demandas prioritarias de la población, propiciar el desarrollo sostenible del municipio, asegurar la participación de la sociedad, vincularse con los planes estatal y federal, aplicar racionalmente los recursos públicos e impulsar el desarrollo equitativo, económico, sostenible y social del municipio.

Tabla 22 Vinculación del proyecto con el Plan Municipal de Desarrollo de Felipe Carrillo Puerto

Instrumento	Lineamiento general	Vinculación del proyecto
Plan Municipal de Desarrollo de Felipe Carrillo Puerto 2024-2027	Orienta el desarrollo municipal hacia la atención de demandas prioritarias, el desarrollo sostenible, la participación social, la coordinación con la planeación estatal y federal, y el desarrollo equitativo, económico y social.	Aunque el Área del Proyecto se ubica en Bacalar, el Sistema Ambiental Regional comprende también Felipe Carrillo Puerto. Por ello, el proyecto deberá evaluarse considerando su contexto regional, evitando impactos acumulativos o indirectos sobre el territorio, ecosistemas, servicios ambientales, comunidades y dinámica regional. Asimismo, la MIA-R deberá asegurar que las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación contribuyan a mantener la funcionalidad ambiental del SAR y sean compatibles con los objetivos de desarrollo sostenible municipal.

Con base en lo anterior, el proyecto se vincula con el Plan Municipal de Desarrollo de Felipe Carrillo Puerto en el marco del análisis regional de la MIA-R. Si bien las obras del proyecto se ubican en Bacalar, la delimitación del SAR obliga a considerar las condiciones ambientales, sociales y territoriales de Felipe Carrillo Puerto, a fin de asegurar que el proyecto no genere impactos

regionales no previstos y que sus medidas ambientales contribuyan a la protección de la funcionalidad ecológica y territorial del sistema analizado.

III.6 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Los decretos y programas de conservación y manejo de áreas naturales protegidas, así como los instrumentos de priorización biológica e hidrológica, constituyen referentes relevantes para valorar la compatibilidad ambiental del proyecto dentro de su contexto territorial y ecológico. Su análisis permite identificar si el Área del Proyecto o el Sistema Ambiental Regional se ubican dentro de polígonos sujetos a conservación, si existe relación con regiones prioritarias para la biodiversidad o la hidrología, y si el desarrollo de las obras puede generar afectaciones directas o indirectas a sitios de especial relevancia ecológica.

Para el caso del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, con un Área del Proyecto de 817.19 ha y un Sistema Ambiental Regional de 19,958.6168 ha, ubicado en los municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto, se realizó una revisión cartográfica de los instrumentos de conservación aplicables, a fin de determinar su vinculación con el proyecto.

III.6.1 Áreas Naturales Protegidas (ANP) de jurisdicción federal, estatal o local

Las Áreas Naturales Protegidas son porciones del territorio nacional o estatal sujetas a un régimen especial de protección debido a la relevancia de sus ecosistemas, biodiversidad, servicios ambientales y valores paisajísticos. Estas áreas pueden ser de jurisdicción federal, estatal o local y cuentan con un decreto de creación y, en su caso, con programas de manejo que regulan los usos y actividades permitidas en su interior.

Con base en la revisión cartográfica realizada para el proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, no se identificó que el Área del Proyecto se ubique dentro de un Área Natural Protegida de jurisdicción federal, estatal o municipal. En consecuencia, las obras y actividades previstas no implican una ocupación directa ni una intervención al interior de polígonos formalmente decretados bajo esta categoría de protección.

No obstante, en el contexto regional del sur y centro de Quintana Roo existen Áreas Naturales Protegidas relevantes, particularmente dentro del municipio de Felipe Carrillo Puerto, por lo que su consideración resulta pertinente a escala del Sistema Ambiental Regional. En este sentido, aunque el proyecto no se localiza dentro de dichos polígonos, sí deberá desarrollarse bajo criterios de prevención y mitigación que eviten efectos indirectos sobre la funcionalidad ecológica regional, especialmente en términos de conservación de cobertura forestal, conectividad biológica, protección de fauna silvestre y control de procesos de contaminación o degradación ambiental.

La vinculación del proyecto con este apartado es, por tanto, de no afectación directa a ANP, sin perjuicio de que el promovente deba cumplir las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación derivadas de la evaluación de impacto ambiental y, en su caso, del cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

III.6.2 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

Las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) son sitios identificados por su valor para la conservación de poblaciones de aves residentes, migratorias, endémicas o en alguna categoría de riesgo, así como por su relevancia como sitios de alimentación, reproducción, descanso o refugio.

De la revisión cartográfica efectuada, no se identificó coincidencia directa del Área del Proyecto con un polígono AICA. En ese sentido, el proyecto no implica una ocupación directa de áreas formalmente reconocidas bajo esta categoría.

Sin embargo, debido a que el proyecto se localiza en una región de selva del estado de Quintana Roo, donde la avifauna constituye un componente relevante de la biodiversidad regional, su desarrollo deberá contemplar medidas específicas para evitar afectaciones a las aves y a sus hábitats. Entre dichas medidas destacan la delimitación precisa de las áreas de desmonte, la conservación de áreas de reserva dentro del predio, el rescate y ahuyentamiento de fauna previo al desmonte, la restricción de actividades innecesarias fuera de las zonas autorizadas, el control del ruido y del tránsito de maquinaria, así como la adecuada gestión de residuos.

En consecuencia, la vinculación del proyecto con este instrumento es de no coincidencia territorial directa, pero sí de atención preventiva a la avifauna, considerando el contexto ecológico de la región y la necesidad de minimizar la pérdida o fragmentación de hábitat.

III.6.3 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

Las Regiones Terrestres Prioritarias son unidades territoriales identificadas por su alta relevancia para la conservación de la biodiversidad terrestre, por la presencia de ecosistemas representativos, especies prioritarias, procesos ecológicos relevantes o por su grado de integridad ecológica.

Con base en la revisión de la información disponible, no se advierte una coincidencia directa del Área del Proyecto con una Región Terrestre Prioritaria en términos de ocupación específica del polígono del proyecto. No obstante, el Sistema Ambiental Regional se inserta en una zona de importancia ecológica para la continuidad de las selvas del centro y sur de Quintana Roo, por lo que el análisis de vinculación debe reconocer el valor regional del paisaje forestal y de la conectividad biológica.

En este sentido, aun cuando el proyecto no se localice al interior de una RTP decretada o delimitada para conservación prioritaria, sus obras y actividades sí pueden generar presiones sobre la cobertura vegetal, la fauna silvestre y la conectividad ecológica si no se aplican medidas adecuadas. Por ello, resulta relevante que el proyecto considere la conservación de áreas de reserva, la restricción del desmonte únicamente a las superficies autorizadas, el rescate y reubicación de ejemplares de flora y fauna, y la restauración de superficies de afectación temporal.

La vinculación del proyecto con este instrumento se establece, por tanto, en términos de compatibilidad condicionada, toda vez que no existe una afectación directa identificada sobre una RTP, pero sí la necesidad de conservar en la medida de lo posible la funcionalidad ecológica del paisaje regional.

III.6.4 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

Las Regiones Hidrológicas Prioritarias son áreas identificadas por su relevancia para la conservación de procesos hidrológicos, cuerpos de agua, humedales, cenotes, acuíferos, zonas de recarga y otros componentes del sistema hídrico que resultan estratégicos para el mantenimiento del equilibrio ecológico.

En el caso del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, y de acuerdo con la información disponible, no se identifican cuerpos de agua superficiales cercanos al Área del Proyecto, ni una relación directa con humedales o sistemas lagunares que implique afectación inmediata sobre una Región Hidrológica Prioritaria. En consecuencia, el proyecto no presenta una vinculación directa por ocupación o intervención de este tipo de zonas.

No obstante, dado que el estado de Quintana Roo se ubica sobre una plataforma kárstica con alta permeabilidad, el componente hidrológico subterráneo reviste especial importancia. Por ello, aun en ausencia de cuerpos de agua superficiales cercanos, el proyecto deberá implementar medidas de prevención orientadas a proteger el suelo y el subsuelo, evitando derrames de combustibles, aceites, lubricantes o cualquier otra sustancia contaminante; asimismo, deberá asegurar el manejo adecuado de residuos y aguas residuales sanitarias, así como el control de escurrimientos y erosión.

En este contexto, la vinculación con las RHP es de no afectación directa, aunque con la obligación de aplicar medidas preventivas para evitar impactos al medio físico y al sistema hidrológico subterráneo regional.

III.6.5 Sitios Ramsar

Los Sitios Ramsar son humedales de importancia internacional reconocidos en el marco de la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas. Su conservación es prioritaria debido a los servicios ambientales que prestan y a su relevancia ecológica global.

Para el proyecto objeto de estudio, no se identificó coincidencia directa del Área del Proyecto con un Sitio Ramsar, ni una relación funcional inmediata con humedales de importancia internacional. Asimismo, como ya se indicó, no existen cuerpos de agua cercanos al área de implantación, por lo que no se prevé una afectación directa sobre este tipo de sitios.

Sin perjuicio de lo anterior, el promovente deberá garantizar que el proyecto no genere impactos indirectos que, por arrastre, infiltración o disposición inadecuada de residuos, pudieran comprometer la calidad ambiental regional. En este sentido, el manejo integral de residuos, el control de sustancias peligrosas, la prevención de derrames, el adecuado funcionamiento de sanitarios y servicios temporales durante la construcción, así como las medidas de restauración y seguimiento ambiental, constituyen acciones indispensables para asegurar que el proyecto no contribuya a la degradación de ecosistemas acuáticos o humedales regionales.

Por lo anterior, la vinculación del proyecto con este instrumento se establece como de no coincidencia territorial ni afectación directa a Sitios Ramsar, manteniéndose únicamente una relación preventiva en términos de control ambiental.

III.6.6 Conclusión del apartado

Con base en la revisión cartográfica y el análisis territorial efectuado, se concluye que el proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar no se localiza dentro de Áreas Naturales Protegidas, no presenta coincidencia directa con Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, no afecta directamente Regiones Terrestres Prioritarias ni Regiones Hidrológicas Prioritarias, y no se ubica dentro de Sitios Ramsar.

No obstante, por tratarse de un proyecto que implica remoción de vegetación forestal, ocupación de superficies, instalación de infraestructura eléctrica y modificación del terreno, su desarrollo deberá realizarse con estricto apego a las medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación que se determinen en la presente Manifestación de Impacto Ambiental Regional y en las autorizaciones aplicables. Ello permitirá evitar afectaciones indirectas al contexto ecológico regional y mantener la funcionalidad ambiental del Sistema Ambiental Regional.

III.7 Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas constituyen instrumentos técnicos de observancia obligatoria que establecen especificaciones, límites máximos permisibles, procedimientos, criterios de manejo,

métodos de prueba y medidas de control aplicables a obras, actividades, procesos, productos o servicios que puedan generar riesgos al ambiente, a los recursos naturales, a la salud humana o a la seguridad.

Para el caso del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, las Normas Oficiales Mexicanas aplicables se relacionan principalmente con la protección de flora y fauna silvestre, la remoción de vegetación forestal, el manejo de residuos peligrosos y de manejo especial, el control de emisiones atmosféricas generadas por maquinaria y vehículos, la prevención de contaminación del suelo y subsuelo, el control de ruido, el manejo de aguas residuales sanitarias y la prevención de impactos derivados de las actividades de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono.

El proyecto implica la instalación de infraestructura de generación solar fotovoltaica, sistema de almacenamiento de energía por baterías BESS Balam, subestaciones eléctricas, línea aérea de alta tensión, apertura de línea existente, caminos, canalizaciones, drenajes y obras auxiliares. Asimismo, contempla remoción de vegetación forestal y generación de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. Por ello, la vinculación con las NOM debe entenderse como parte de las obligaciones técnicas que deberán observarse durante todas las etapas del proyecto.

Tabla 23 Normas Oficiales Mexicanas y su vinculación con el proyecto

Norma Oficial Mexicana	Publicación y última modificación vigente	Vinculación con el proyecto
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.	Publicada en el DOF el 30 de diciembre de 2010. Última modificación vigente identificada: modificación al Anexo Normativo III publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019.	El proyecto deberá identificar, durante la caracterización ambiental y los trabajos de campo, las especies de flora y fauna presentes en el Área del Proyecto y el SAR que se encuentren incluidas en esta NOM. En caso de registrar especies bajo alguna categoría de riesgo, deberán implementarse medidas específicas de protección, rescate, reubicación, monitoreo y seguimiento. Esta norma es particularmente relevante debido a que el proyecto implica remoción de vegetación forestal y modificación de hábitat.
NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007. Que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en terrenos forestales y en terrenos de uso agropecuario.	Publicada en el DOF el 16 de enero de 2009. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	El proyecto no deberá emplear fuego para actividades de desmonte, limpieza o eliminación de residuos vegetales. Las actividades de remoción de vegetación forestal deberán realizarse mediante métodos mecánicos o manuales autorizados, evitando quemas. En caso de requerirse alguna práctica relacionada con fuego, deberá sujetarse estrictamente a esta NOM y a la autorización de la autoridad competente.
NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Publicada en el DOF el 23 de junio de 2006. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	Durante la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono podrán generarse residuos peligrosos como aceites usados, grasas, lubricantes, filtros, trapos impregnados, envases contaminados, solventes, materiales absorbentes, baterías o componentes eléctricos. Estos residuos deberán identificarse y clasificarse conforme a esta NOM para asegurar su manejo,

Norma Oficial Mexicana	Publicación y última modificación vigente	Vinculación con el proyecto
		almacenamiento, transporte y disposición final mediante empresas autorizadas.
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.	Publicada en el DOF el 22 de octubre de 1993. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	En caso de que exista duda sobre la peligrosidad de determinados residuos generados por el proyecto, o si se requiere confirmar su toxicidad, deberán aplicarse los procedimientos establecidos por esta NOM. Esto puede ser relevante para residuos asociados a mantenimiento de equipos, materiales impregnados, suelos contaminados o residuos de composición no claramente identificada.
NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos.	Publicada en el DOF el 22 de octubre de 1993. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	Los residuos peligrosos generados por el proyecto deberán almacenarse de manera segregada, evitando mezclas incompatibles. Esta NOM será aplicable para definir condiciones de almacenamiento temporal, separación, etiquetado y manejo seguro de residuos como aceites, solventes, materiales impregnados, baterías, envases contaminados y otros residuos peligrosos.
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.	Publicada en el DOF el 1 de febrero de 2013. Última modificación vigente identificada: DOF 5 de noviembre de 2014.	El proyecto generará residuos de manejo especial derivados de construcción, embalajes, metales, plásticos, madera, cartón, cableado, materiales eléctricos, componentes tecnológicos, residuos de obra, residuos vegetales y, durante el abandono, paneles solares, estructuras, inversores, transformadores, cables y componentes asociados. Cuando por tipo o volumen se actualicen los supuestos de esta NOM, deberán formularse o aplicarse los planes de manejo correspondientes.
NOM-001-SEMARNAT-2021. Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la Nación.	Publicada en el DOF el 11 de marzo de 2022. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	Conforme a la información disponible, el proyecto no contempla descargas de aguas residuales a cuerpos receptores nacionales ni existen cuerpos de agua cercanos al Área del Proyecto. Sin embargo, si en etapas posteriores se prevé alguna descarga a bienes nacionales, el promovente deberá obtener el permiso correspondiente y cumplir con los límites y condiciones establecidos en esta NOM. En el escenario previsto, las aguas residuales sanitarias deberán manejarse mediante sanitarios portátiles o sistemas autorizados, con recolección y disposición por prestadores autorizados.
NOM-041-SEMARNAT-2015. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Publicada en el DOF el 10 de junio de 2015. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	Durante la construcción, operación y mantenimiento del proyecto se utilizarán vehículos ligeros y de apoyo que pueden operar con gasolina. Dichas unidades deberán encontrarse en buen estado mecánico, cumplir con los programas de verificación

Norma Oficial Mexicana	Publicación y última modificación vigente	Vinculación con el proyecto
		vehicular que resulten aplicables y recibir mantenimiento preventivo para reducir emisiones contaminantes.
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.	Publicada en el DOF el 8 de marzo de 2018. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	Durante la preparación del sitio y construcción se empleará maquinaria pesada, camiones, equipos de transporte y vehículos que pueden utilizar diésel. El promovente y sus contratistas deberán asegurar que dichos equipos se encuentren en buen estado de mantenimiento, a fin de reducir emisiones de humo y partículas, cumpliendo con los límites de opacidad aplicables.
NOM-080-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Publicada en el DOF el 13 de enero de 1995. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	Los vehículos utilizados durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento deberán mantenerse en condiciones mecánicas adecuadas, evitando emisiones de ruido superiores a los límites permitidos. Deberá prohibirse el uso innecesario de claxon, escapes modificados o equipos en mal estado que incrementen el ruido.
NOM-081-SEMARNAT-1994. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Publicada en el DOF el 13 de enero de 1995. Última modificación vigente identificada: DOF 3 de diciembre de 2013.	Durante la operación del proyecto, las fuentes fijas de ruido podrán estar asociadas a inversores, transformadores, subestaciones, sistema BESS, equipos auxiliares y mantenimiento. El proyecto deberá cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de ruido, particularmente en los límites del predio y respecto de posibles receptores sensibles. Durante construcción deberán aplicarse medidas de control como mantenimiento de maquinaria, horarios de trabajo, barreras operativas y supervisión de niveles sonoros cuando corresponda.
NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación.	Publicada en el DOF el 10 de septiembre de 2013. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	En caso de derrames de combustibles, aceites, lubricantes o hidrocarburos durante la construcción, operación, mantenimiento o abandono, el promovente deberá aplicar medidas de contención, retiro de suelo contaminado, caracterización y, en su caso, remediación conforme a esta NOM. Esta norma es relevante por el uso de maquinaria, vehículos, equipos de mantenimiento y áreas de almacenamiento temporal.
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.	Publicada en el DOF el 2 de marzo de 2007. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	En caso de que ocurra contaminación del suelo por materiales, componentes, baterías, residuos eléctricos, equipos, derrames o disposición inadecuada de residuos con presencia de metales regulados, deberán aplicarse los criterios de caracterización y remediación establecidos en esta NOM. Su aplicación será preventiva y correctiva ante eventos no previstos de contaminación.

Norma Oficial Mexicana	Publicación y última modificación vigente	Vinculación con el proyecto
NOM-006-CONAGUA-1997. Fosas sépticas prefabricadas — Especificaciones y métodos de prueba.	Publicada en el DOF el 29 de enero de 1999. Sin modificación posterior identificada en el texto vigente consultado.	Si durante la construcción u operación se instalan fosas sépticas prefabricadas como parte del manejo de aguas residuales sanitarias, éstas deberán cumplir con las especificaciones técnicas de esta NOM. En caso de utilizar sanitarios portátiles con recolección externa por prestador autorizado, esta NOM solo será aplicable si se opta por instalar infraestructura sanitaria fija o semipermanente.

III.8 INSTRUMENTOS JURÍDICOS DE CARÁCTER INTERNACIONAL

Los instrumentos jurídicos de carácter internacional suscritos por el Estado Mexicano forman parte del marco de referencia que orienta la política ambiental nacional y la interpretación de diversas disposiciones internas en materia de biodiversidad, cambio climático, humedales, residuos peligrosos, protección de vida silvestre, derechos humanos, participación social y desarrollo sustentable.

En el caso del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, estos instrumentos resultan relevantes en la medida en que el proyecto implica generación de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, almacenamiento de energía, remoción de vegetación forestal, modificación de hábitat, manejo de residuos, protección de flora y fauna silvestre, prevención de contaminación y aplicación de medidas de mitigación, restauración y compensación ambiental.

Si bien los tratados y convenios internacionales son asumidos por el Estado Mexicano, su cumplimiento se materializa principalmente a través de la legislación nacional aplicable, tales como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Cambio Climático, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley de Aguas Nacionales y demás disposiciones reglamentarias y normativas vinculadas con la materia ambiental.

Por ello, la vinculación que se presenta a continuación tiene por objeto identificar la congruencia del proyecto con los principios, objetivos y compromisos internacionales que México ha incorporado a su política ambiental y climática.

Tabla 24 Vinculación del proyecto con instrumentos jurídicos de carácter internacional

Instrumento internacional	Objeto o lineamiento general	Vinculación con el proyecto
Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992	Establece principios rectores del desarrollo sustentable, entre ellos la integración de la protección ambiental en el proceso de desarrollo, la prevención del daño ambiental, la participación social, el principio precautorio y la responsabilidad de los Estados en la conservación de los recursos naturales.	El proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se vincula con este instrumento al someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, mediante el cual se identifican, valoran y proponen medidas para prevenir, mitigar, restaurar y compensar los impactos ambientales. Su desarrollo deberá realizarse bajo criterios de sustentabilidad, prevención del daño ambiental, responsabilidad del promovente y atención a los componentes naturales y sociales del Sistema Ambiental Regional.

Instrumento internacional	Objeto o lineamiento general	Vinculación con el proyecto
Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992	Tiene como objetivos la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos. El Convenio reconoce que la biodiversidad comprende especies, ecosistemas y procesos ecológicos, y que su conservación es parte del desarrollo sustentable.	El proyecto se vincula con este Convenio debido a que implica remoción de vegetación forestal y modificación de hábitat de flora y fauna silvestre. En consecuencia, deberá implementar medidas para conservar la biodiversidad local y regional, tales como rescate y reubicación de flora y fauna, delimitación de áreas de afectación, conservación de zonas de reserva, restauración de áreas temporales, manejo de suelos, reducción de fragmentación y compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales. El Convenio sobre la Diversidad Biológica fue firmado por 150 gobiernos en la Cumbre de Río de 1992 y se orienta a promover el desarrollo sustentable. (Convention on Biological Diversity)
Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, Convención Ramsar, 1971	Su misión es la conservación y uso racional de todos los humedales mediante acciones locales, nacionales e internacionales, como contribución al desarrollo sustentable. Las Partes se comprometen a promover el uso racional de los humedales, designar sitios para la Lista Ramsar y cooperar en sistemas de humedales compartidos y especies asociadas. (Ramsar)	Conforme a la revisión cartográfica, el Área del Proyecto no se ubica dentro de un Sitio Ramsar ni se identifican cuerpos de agua superficiales cercanos al sitio. No obstante, el proyecto deberá prevenir cualquier impacto indirecto sobre sistemas hídricos regionales mediante manejo adecuado de residuos, control de derrames, manejo de aguas residuales sanitarias, control de escurrimientos pluviales y prevención de contaminación del suelo y subsuelo.
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992	Establece el marco internacional para la cooperación frente al cambio climático, con el objetivo de estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que evite interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.	El proyecto se vincula con este instrumento al consistir en una central de generación eléctrica mediante energía solar fotovoltaica, fuente que no requiere combustión directa durante la operación ordinaria. Por lo tanto, contribuye a la transición hacia tecnologías de menor emisión. No obstante, deberán mitigarse las emisiones temporales derivadas de maquinaria, transporte, construcción, mantenimiento y remoción de vegetación forestal, incluyendo medidas de compensación por pérdida de almacenamiento de carbono.
Acuerdo de París, 2015	Es un tratado internacional jurídicamente vinculante sobre cambio climático, adoptado en 2015 y en vigor desde el 4 de noviembre de 2016. Su objetivo central es mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C respecto de los niveles preindustriales y proseguir esfuerzos para limitarlo a 1.5 °C. (UNFCCC)	La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar es congruente con los objetivos de mitigación climática al generar electricidad a partir de radiación solar e incorporar almacenamiento mediante el sistema BESS Balam, lo cual favorece la integración de energías renovables. Sin embargo, esta contribución deberá complementarse con medidas para reducir emisiones durante la construcción y operación auxiliar, prevenir contaminación, manejar residuos y compensar la remoción de vegetación forestal.

Instrumento internacional	Objeto o lineamiento general	Vinculación con el proyecto
Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, 1989	Es el tratado ambiental global más amplio sobre residuos peligrosos y otros residuos; busca proteger la salud humana y el ambiente frente a los efectos adversos de la generación, manejo, movimientos transfronterizos y disposición de residuos peligrosos y otros residuos. (Basel Convention)	El proyecto se vincula con este instrumento por la posible generación de residuos peligrosos y residuos de manejo especial, incluyendo aceites usados, lubricantes, filtros, envases contaminados, materiales impregnados, componentes eléctricos, baterías y residuos derivados del mantenimiento o desmantelamiento. Aunque no se prevé movimiento transfronterizo de residuos, el manejo deberá realizarse bajo criterios de gestión ambientalmente adecuada, mediante segregación, almacenamiento temporal, transporte autorizado, valorización, tratamiento o disposición final conforme a la legislación mexicana.
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CITES, 1973	Tiene como finalidad regular el comercio internacional de ejemplares, partes o derivados de especies de flora y fauna silvestres amenazadas, a fin de evitar que dicho comercio ponga en riesgo su supervivencia.	El proyecto no contempla el aprovechamiento, comercio, exportación o importación de ejemplares de flora o fauna silvestre. Sin embargo, se vincula de manera preventiva con este instrumento en la medida en que durante los trabajos de rescate, reubicación o manejo de flora y fauna deberá prohibirse cualquier colecta, posesión, traslado, aprovechamiento o comercialización no autorizada de ejemplares, partes o derivados de vida silvestre.
Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre Pueblos Indígenas y Tribales, 1989	Reconoce derechos de pueblos indígenas y tribales respecto de su identidad cultural, tierras, territorios, recursos naturales, participación y consulta previa cuando se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente.	El proyecto se ubica en Quintana Roo, entidad con presencia de población y comunidades indígenas mayas. En caso de que la autoridad competente determine que existen pueblos o comunidades indígenas susceptibles de afectación directa por el proyecto, deberán observarse los procedimientos de consulta y participación que resulten aplicables. Asimismo, la Manifestación de Impacto Social del Sector Energético deberá identificar comunidades, localidades, impactos sociales y medidas de gestión social correspondientes.
Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible	Constituye una agenda internacional adoptada por los Estados miembros de Naciones Unidas que establece objetivos y metas para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar prosperidad bajo un enfoque de sostenibilidad. Aunque no es un tratado ambiental en sentido estricto, orienta políticas públicas y acciones relacionadas con energía limpia, acción climática, ecosistemas terrestres, agua, comunidades sostenibles y producción responsable.	El proyecto se vincula con la Agenda 2030 principalmente con los objetivos relacionados con energía asequible y no contaminante, acción por el clima, vida de ecosistemas terrestres, agua limpia, producción y consumo responsables, e infraestructura sostenible. Esta vinculación será positiva en la medida en que la generación de energía renovable se acompañe de medidas efectivas de protección ambiental, manejo de residuos, compensación forestal, conservación de biodiversidad y responsabilidad social.

Capítulo IV

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

MAYO 2026

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[I]

[I] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

ÍNDICE DE CONTENIDO

IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN IV-1

IV.1 Delimitación y justificación del sistema ambiental regional (SAR) donde pretende establecerse el proyecto IV-1

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional IV-3

IV.2.1 Medio abiótico IV-3

IV.2.1.1 Clima IV-3

IV.2.1.2 Geomorfología IV-6

IV.2.1.3 Geología IV-7

IV.2.1.3.1 Fallas y fracturas IV-7

IV.2.1.3.2 Sismos IV-7

IV.2.1.4 Suelo IV-8

IV.2.1.4.1 Degradación de los suelos IV-9

IV.2.1.5 Hidrología IV-9

IV.2.1.5.1 Hidrología superficial IV-9

IV.2.1.5.2 Hidrología subterránea IV-11

IV.2.2 Medio Biótico IV-12

IV.2.2.1 Vegetación IV-12

IV.2.2.1.1 Diseño de muestreo y forma de los PM IV-13

IV.2.2.1.2 Suficiencia estadística del muestreo IV-14

IV.2.2.2 Fauna IV-16

IV.2.2.2.1 Marco de referencia nacional IV-17

IV.2.2.2.2 Marco de referencia estatal IV-19

IV.2.2.2.3 Metodología IV-22

IV.2.2.2.4 Análisis de información IV-29

IV.2.2.2.5 Resultados del trabajo de gabinete IV-31

IV.2.2.2.6 Curvas de acumulación de especies IV-56

IV.2.3 Paisaje IV-58

IV.3 Bibliografía IV-59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla IV.1 Insumos cartográficos y documentales utilizados para la caracterización del SAR IV-1
Tabla IV.2-A Datos generales del Sistema Ambiental Regional IV-3
Tabla IV.3 Tipos de clima identificados en el SAR IV-3

Tabla IV.4 Síntesis de precipitación y temperatura en el SAR IV-6
Tabla IV.5 Unidades fisiográficas y rasgos geomorfológicos relevantes IV-7
Tabla IV.6 Unidades edafológicas presentes en el SAR IV-8
Tabla IV.7 Unidades hidrológicas consideradas para el SAR IV-11
Tabla IV.8 Acuífero identificado en el SAR IV-12
Tabla IV.9 Claves de uso de suelo y vegetación identificadas en el SAR IV-12
Tabla IV.10 Estado de integración de información de vegetación IV-13
Tabla IV.11 Anfibios potencialmente presentes en el SAR IV-34
Tabla IV.12 Reptiles potencialmente presentes en el SAR IV-37
Tabla IV.13 Aves potencialmente presentes en el SAR IV-41
Tabla IV.14 Mamíferos potencialmente presentes en el SAR IV-54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura IV.1 Sistema Ambiental Regional (SAR) IV-2
Figura IV.2 Clima reportado en el SAR del proyecto IV-4
Figura IV.3 Precipitación media anual reportada para el SAR IV-4
Figura IV.4 Rango de precipitación media anual reportado para el SAR IV-5
Figura IV.5 Temperatura media anual reportada para el SAR IV-5
Figura IV.6 Provincia fisiográfica en la que se localiza el SAR IV-6
Figura IV.7 Edafología presente en el SAR IV-8
Figura IV.8 Cuencas hidrológicas en las que se encuentra el SAR IV-9
Figura IV.9 Microcuenca en la que se encuentra el SAR IV-10
Figura IV.10 Red hidrográfica en el SAR y el AeP IV-10
Figura IV.11 Acuífero identificado en el SAR del proyecto IV-11
Figura IV.12 Uso de suelo y vegetación en el SAR IV-12
Figura IV.13 Esquema conceptual para la caracterización florística IV-13
Figura IV.14 Forma de los sitios de muestreo para la caracterización vegetal IV-14
Figura IV.15 Metodología para la caracterización de la fauna IV-23
Figura IV.16 Estructura de las categorías IV-26

IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN

La estructura del presente capítulo se fundamenta en la necesidad de presentar un análisis detallado de las características del Sistema Ambiental Regional (SAR) donde se pretende desarrollar el proyecto BALAM SOLAR, ubicado en el municipio de Bacalar, estado de Quintana Roo. El objetivo central es delimitar y justificar el SAR, caracterizar sus factores abióticos, bióticos y paisajísticos, y establecer una línea base que permita valorar posteriormente los impactos ambientales acumulativos, residuales y sinérgicos asociados a la ejecución del proyecto.

Para efectos de esta Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, el SAR se entiende como una unidad geográfica de referencia para la evaluación ambiental, definida a partir de la continuidad y homogeneidad relativa de los componentes físicos, biológicos y territoriales que interactúan con el área de establecimiento del proyecto. Esta unidad permite integrar el análisis de los procesos ambientales regionales, así como distinguir entre las condiciones actuales del entorno y las modificaciones que pudieran derivarse de las etapas de preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento, cierre y abandono.

El proyecto BALAM SOLAR comprende una planta solar fotovoltaica, un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías (BESS), subestación elevadora, subestación de maniobras e infraestructura de evacuación eléctrica. En consecuencia, la delimitación del SAR se realizó considerando tanto el polígono del proyecto y sus componentes asociados, como los elementos de conectividad ambiental y territorial que condicionan la dinámica regional: clima, unidades fisiográficas, suelos, hidrología superficial y subterránea, uso de suelo y vegetación, asentamientos y vías de comunicación.

Tabla IV.1 Insumos cartográficos y documentales utilizados para la caracterización del SAR

Insumo	Fuente / base	Uso dentro del capítulo
Sistema Ambiental Regional	Cartografía proporcionada por el promovente	Delimitación espacial de la unidad de análisis ambiental.
Clima, precipitación y temperatura	Cartografía temática INEGI / promovente	Caracterización climática del SAR y del AeP.
Provincia fisiográfica	INEGI / cartografía temática proporcionada	Caracterización geomorfológica regional.
Edafología	INEGI / cartografía temática proporcionada	Identificación de unidades de suelo y restricciones de manejo.
Cuencas, microcuencas, escurrimientos y acuífero	INEGI / CONAGUA / cartografía proporcionada	Análisis de hidrología superficial y subterránea.
Uso de suelo y vegetación	INEGI Serie VII / cartografía temática proporcionada	Diagnóstico preliminar del medio biótico y coberturas del SAR.
Memorias técnicas del proyecto	Promovente	Identificación de ubicación, componentes y superficie del proyecto.

IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO

El ejercicio de delimitación del SAR tuvo como finalidad acotar un espacio físico ambientalmente representativo de la región ecológica en la cual incide el proyecto. Para ello se consideró que el proyecto se emplaza en la zona centro-sur del estado de Quintana Roo, dentro del municipio de Bacalar y en el entorno de la localidad de Manuel Ávila Camacho, mientras que el SAR delimitado alcanza una superficie de 19,958.6168 ha y comprende porciones territoriales de los municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto. En dicho espacio regional se reconocen superficies agrícolas, áreas

con vegetación natural y secundaria, caminos rurales, asentamientos locales y elementos de infraestructura regional.

La delimitación del SAR no se restringe al polígono de obras, sino que incorpora el territorio dentro del cual se expresan los principales procesos ambientales que pueden interactuar con el proyecto. En este sentido, el SAR se definió bajo un enfoque ecosistémico y territorial, utilizando como soporte la superposición de capas temáticas de clima, edafología, fisiografía, hidrología, acuífero, uso de suelo y vegetación, además de la ubicación de los componentes del proyecto y de las principales vías de comunicación. La delimitación resultante representa una unidad cartografiable y evaluable, útil para identificar tendencias de desarrollo, deterioro y conservación.

De acuerdo con la cartografía proporcionada, el SAR envuelve al área del proyecto BALAM SOLAR, la cual se localiza en las inmediaciones de Manuel Ávila Camacho y al sureste de la localidad Los Divorciados, con referencia espacial sobre la Carretera Federal 293 Chunhuhub-Buenavista. En el mapa se observa que el polígono del proyecto se inserta dentro de un mosaico regional donde coexisten vegetación natural, áreas agropecuarias y asentamientos rurales. La escala de trabajo permite reconocer la continuidad ambiental del territorio y ubicar los factores que serán analizados en los apartados subsecuentes.

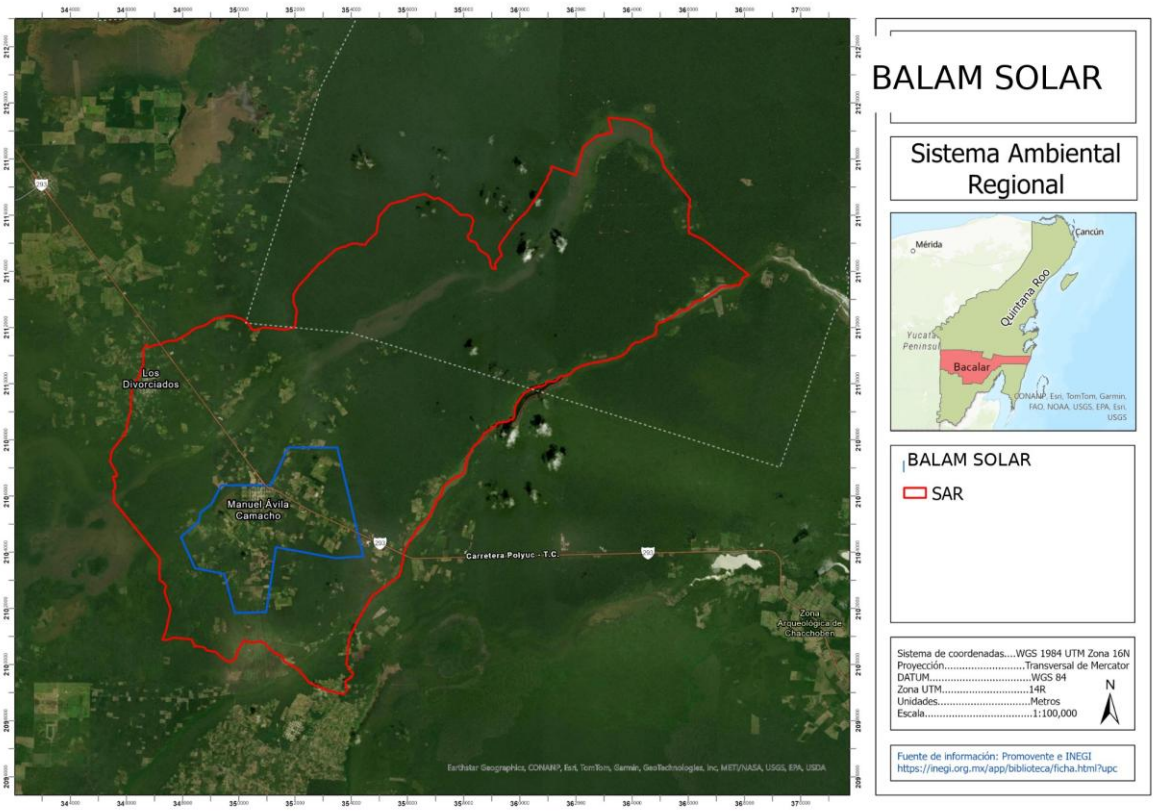


Figura IV.1 Sistema Ambiental Regional (SAR)

Tabla IV.2-A Datos generales del Sistema Ambiental Regional

Elemento	Descripción
Sistema Ambiental Regional (SAR)	Polígono regional de referencia para la evaluación ambiental del proyecto BALAM SOLAR.
Superficie	19,958.6168 ha
Municipios que abarca	Bacalar y Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo
Localidad de referencia del proyecto	Manuel Ávila Camacho, municipio de Bacalar

Con base en la delimitación cartográfica proporcionada para la integración de este capítulo, el Sistema Ambiental Regional (SAR) tiene una superficie de 19,958.6168 ha. Este polígono regional abarca los municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto, ambos en el estado de Quintana Roo, y envuelve el área de establecimiento del proyecto BALAM SOLAR. Los cálculos de superficie por categoría temática deberán actualizarse en la versión definitiva cuando se disponga de los archivos vectoriales finales (shapefile, geodatabase o KMZ) utilizados para la cartografía oficial del proyecto.

Como tendencia general, el SAR presenta presiones asociadas a la expansión agropecuaria, apertura de caminos, asentamientos rurales y modificación de coberturas vegetales. Estas condiciones sugieren una dinámica regional de transformación paulatina del paisaje natural hacia usos productivos y de infraestructura. El proyecto deberá evaluarse considerando dicha línea base, a fin de diferenciar los impactos atribuibles al proyecto de aquellos derivados de procesos regionales preexistentes.

IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental regional

La caracterización del SAR se realizó mediante la descripción de sus componentes abióticos, bióticos y paisajísticos. El análisis se presenta con base en la información cartográfica proporcionada y en la documentación técnica disponible del proyecto. Cuando la información corresponde a una aproximación de gabinete, se indica expresamente para que pueda ser complementada con datos de campo o con análisis espacial vectorial.

IV.2.1 Medio abiótico

IV.2.1.1 Clima

De acuerdo con la cartografía climática proporcionada para el SAR, el área de estudio presenta condiciones de clima cálido subhúmedo, representadas por las claves Aw1 y Aw1(x'). La distribución espacial de estas unidades evidencia una transición climática dentro del SAR, donde el AeP se localiza en un entorno con influencia de ambos subtipos. Esta condición es consistente con la región centro-sur de Quintana Roo, caracterizada por temperaturas elevadas durante gran parte del año y una marcada temporada de lluvias.

Tabla IV.3 Tipos de clima identificados en el SAR

Clave	Descripción general	Relevancia ambiental para el proyecto
Aw1	Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad intermedia dentro del grupo de climas cálidos subhúmedos.	Condiciona la estacionalidad de la escorrentía superficial, el crecimiento de la vegetación secundaria y los periodos óptimos para actividades de preparación del sitio.
Aw1(x')	Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano e influencia de precipitación invernal, conforme a la nomenclatura cartográfica de Köppen modificada por García.	Representa una variante con mayor distribución temporal de la precipitación, lo que debe considerarse en medidas de control de erosión y drenaje.

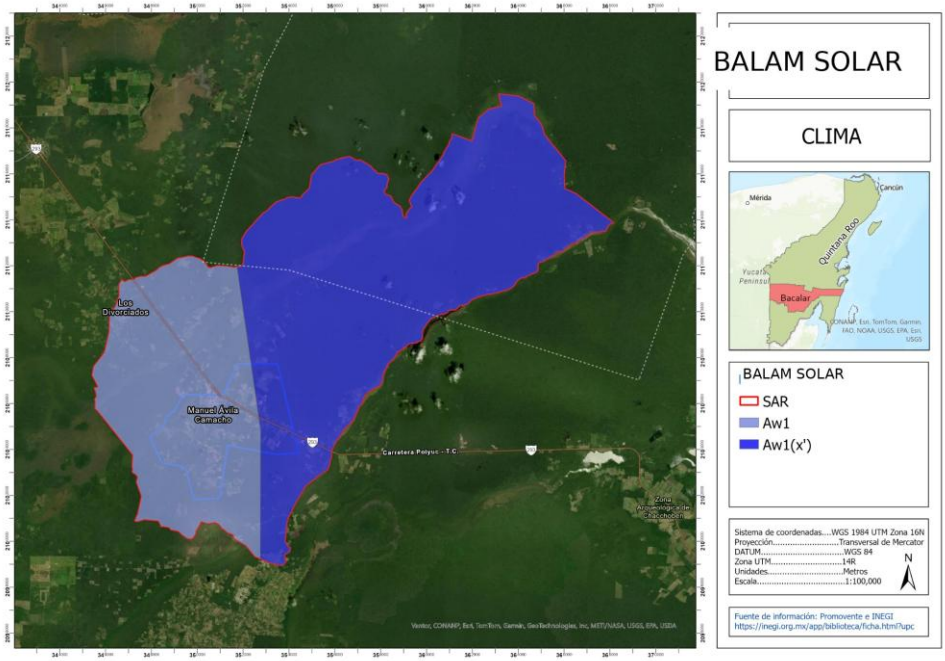


Figura IV.2 Clima reportado en el SAR del proyecto

La precipitación media anual representada en la cartografía temática indica rangos aproximados de 800 a 1,200 mm; adicionalmente, el modelo raster proporcionado muestra valores cercanos a 1,098 y 1,279 mm, con un incremento hacia porciones del SAR donde el gradiente de precipitación se expresa con mayor intensidad. Estos rangos son relevantes para la planeación de drenajes, control de escurrimientos, manejo de suelos y definición de periodos de obra.

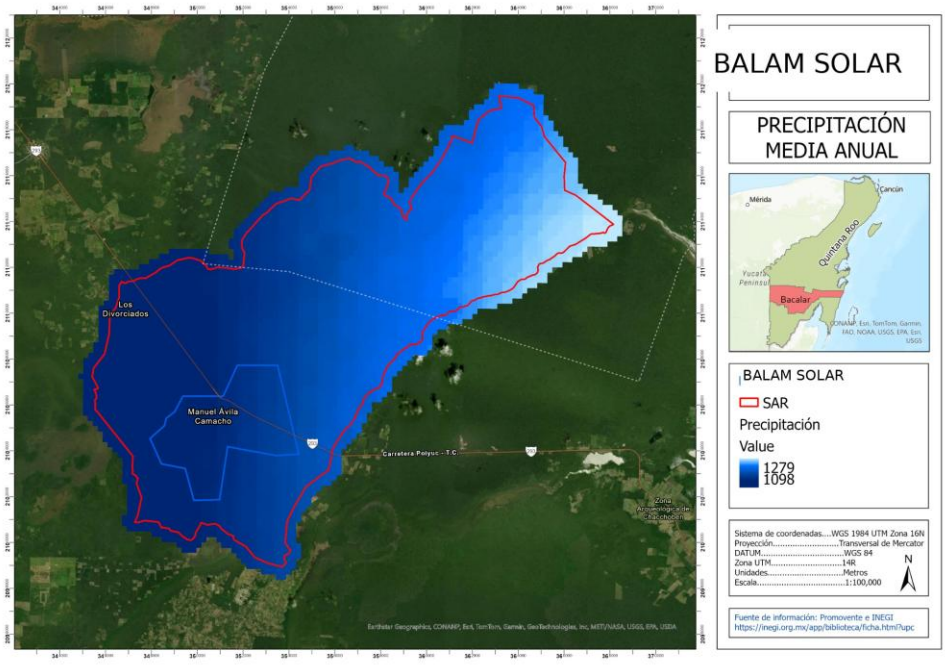


Figura IV.3 Precipitación media anual reportada para el SAR

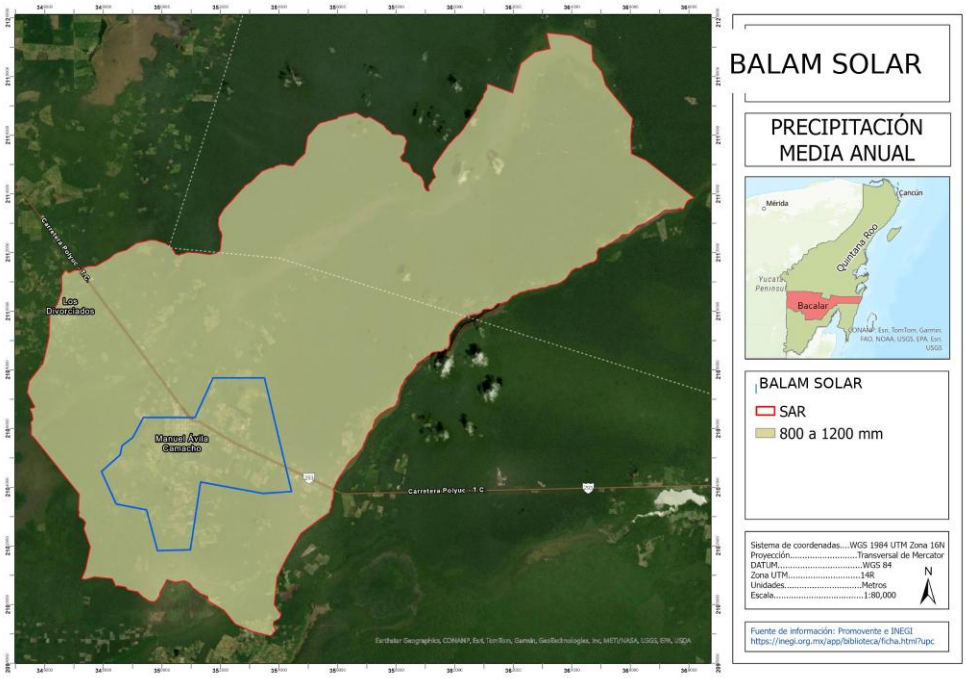


Figura IV.4 Rango de precipitación media anual reportado para el SAR

La temperatura media anual reportada para el SAR se ubica dentro del intervalo de 24 a 26 °C, de acuerdo con la cartografía proporcionada. Esta condición térmica, junto con la humedad regional y la estacionalidad de lluvias, favorece el desarrollo de coberturas vegetales tropicales y secundarias, así como una dinámica de alta evaporación durante la temporada seca.

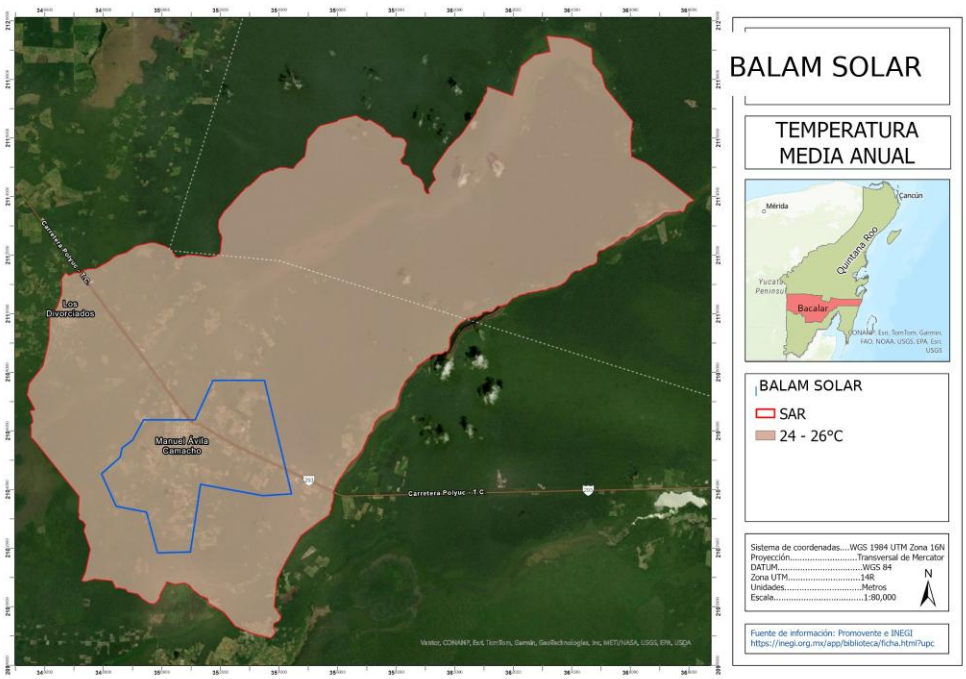


Figura IV.5 Temperatura media anual reportada para el SAR

Tabla IV.4 Síntesis de precipitación y temperatura en el SAR

Variable	Rango observado en cartografía proporcionada	Implicación ambiental
Precipitación media anual	Aproximadamente 800 a 1,200 mm; raster con valores referenciales de 1,098 a 1,279 mm.	Favorece escorrentías estacionales, recarga difusa y crecimiento de vegetación secundaria durante la época de lluvias.
Temperatura media anual	24 a 26 °C.	Condiciona el régimen cálido de la región y la operación de equipos, así como la evapotranspiración.
Estacionalidad	Lluvias principalmente en verano, con posible influencia de precipitación invernal en zonas Aw1(x').	Debe considerarse para calendarizar obras, reducir arrastre de sedimentos y prevenir encharcamientos locales.

IV.2.1.2 Geomorfología

El SAR se ubica dentro de la provincia fisiográfica Península de Yucatán. Esta provincia se caracteriza por presentar relieve predominantemente bajo, planicies extensas y una base geológica calcárea asociada a procesos kársticos. La topografía regional, en términos generales, presenta pendientes suaves y escasa energía del relieve, lo que influye en la dinámica de escurrimiento superficial, infiltración y susceptibilidad a encharcamientos temporales en zonas deprimidas.

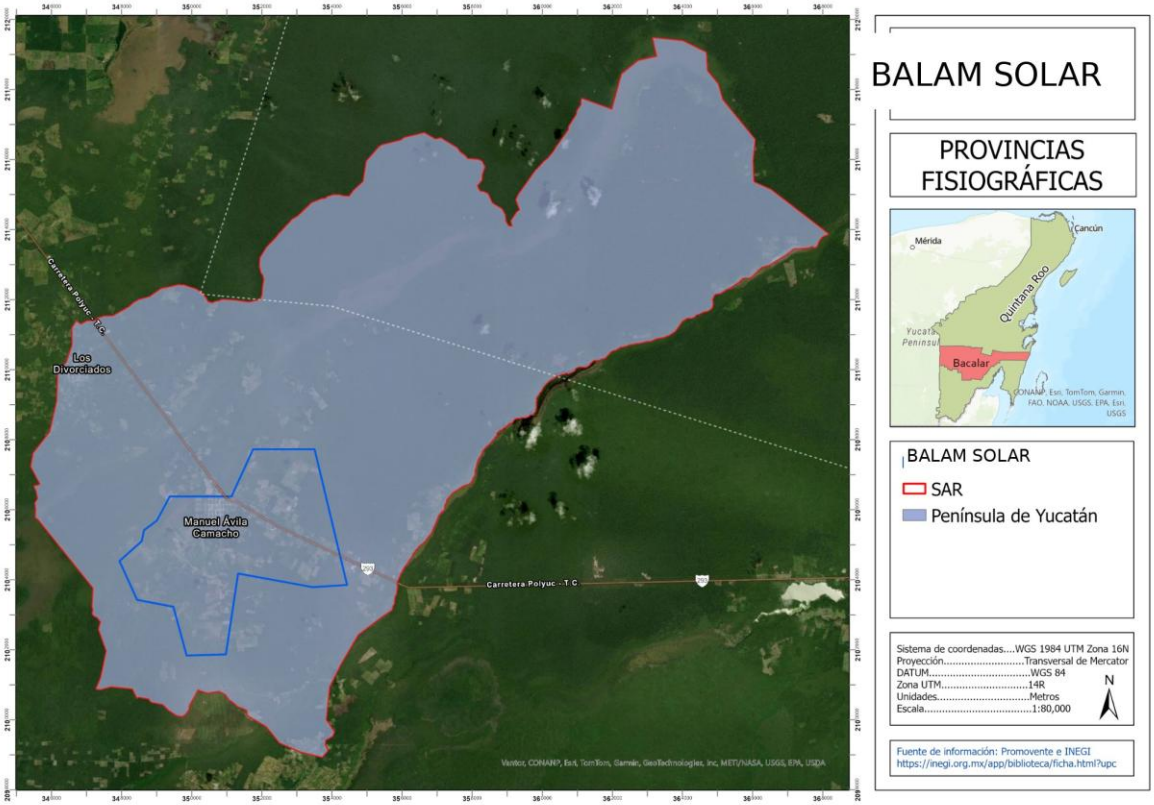


Figura IV.6 Provincia fisiográfica en la que se localiza el SAR

Tabla IV.5 Unidades fisiográficas y rasgos geomorfológicos relevantes

Unidad / rasgo	Descripción	Relevancia para la evaluación ambiental
Provincia fisiográfica Península de Yucatán	Planicie calcárea de bajo relieve, con formas asociadas a procesos kársticos e infiltración.	Determina la dinámica hidrológica, la permeabilidad del sustrato y las condiciones de cimentación.
Relieve bajo a suavemente ondulado	Ausencia de grandes cambios altitudinales visibles en la cartografía proporcionada.	Reduce la necesidad de grandes movimientos de tierra, aunque requiere manejo de escurrimientos y drenaje superficial.
Paisaje rural con mosaico de coberturas	Presencia de vegetación, áreas agropecuarias, caminos y localidades rurales.	Condiciona la visibilidad del proyecto y las tendencias de transformación territorial.

IV.2.1.3 Geología

Aunque no se proporcionó un mapa geológico específico para esta etapa de integración, el emplazamiento dentro de la provincia fisiográfica Península de Yucatán permite reconocer un contexto geológico regional dominado por materiales sedimentarios calcáreos, con alta influencia de procesos de disolución, infiltración y desarrollo kárstico. Esta condición resulta relevante para la evaluación ambiental porque puede favorecer la infiltración de agua al subsuelo y reducir la expresión de corrientes superficiales permanentes, sin eliminar la posibilidad de escurrimientos estacionales durante eventos de lluvia intensa.

Para el desarrollo ejecutivo del proyecto será necesario considerar estudios geotécnicos y geofísicos específicos, particularmente en las áreas destinadas a subestaciones, centros de transformación, BESS, caminos internos y cimentaciones de estructuras. Estos estudios permitirán confirmar la capacidad portante, la presencia de roca somera, cavidades, zonas saturadas o cualquier condición local que pueda incidir en la estabilidad de las obras.

IV.2.1.3.1 Fallas y fracturas

Con la información cartográfica disponible para esta versión preliminar no se identifican trazos específicos de fallas o fracturas dentro del SAR. Sin embargo, debido al contexto kárstico de la Península de Yucatán, la evaluación de discontinuidades del subsuelo debe abordarse no solo desde la perspectiva tectónica, sino también desde la posible presencia de cavidades, conductos de disolución, suelos residuales y variaciones locales en la profundidad del estrato competente.

En la etapa de ingeniería de detalle se recomienda confirmar la información mediante estudios geotécnicos puntuales y recorridos de verificación, con especial atención en zonas donde se ubiquen estructuras permanentes, bancos de ductos, canales de drenaje, subestaciones, plataformas del BESS y vialidades internas.

IV.2.1.3.2 Sismos

La Península de Yucatán se ubica, de manera general, en una zona de baja actividad sísmica relativa en comparación con las regiones del Pacífico mexicano. No obstante, el diseño estructural de los componentes del proyecto deberá apegarse a la normatividad aplicable y considerar los criterios de seguridad establecidos para infraestructura eléctrica, cimentaciones, equipos de potencia y edificaciones auxiliares.

Dada la naturaleza del proyecto, compuesta principalmente por estructuras ligeras de soporte para módulos fotovoltaicos, equipos prefabricados, centros de transformación, contenedores de baterías

y subestaciones, la vulnerabilidad frente a sismos dependerá principalmente del diseño de anclajes, cimentaciones y sistemas de sujeción. La ausencia de grandes excavaciones o cortes reduce la probabilidad de generar inestabilidad inducida por la obra.

IV.2.1.4 Suelo

El suelo constituye el soporte físico y funcional de la vegetación, la fauna edáfica, la infiltración de agua, la productividad agropecuaria y las obras del proyecto. En el SAR se identifican unidades edafológicas asociadas a la planicie kárstica y a condiciones de drenaje variables. De acuerdo con el mapa de edafología proporcionado, dentro del SAR se reportan Leptosol, Vertisol, Phaeozem, Gleysol y áreas clasificadas como localidad.

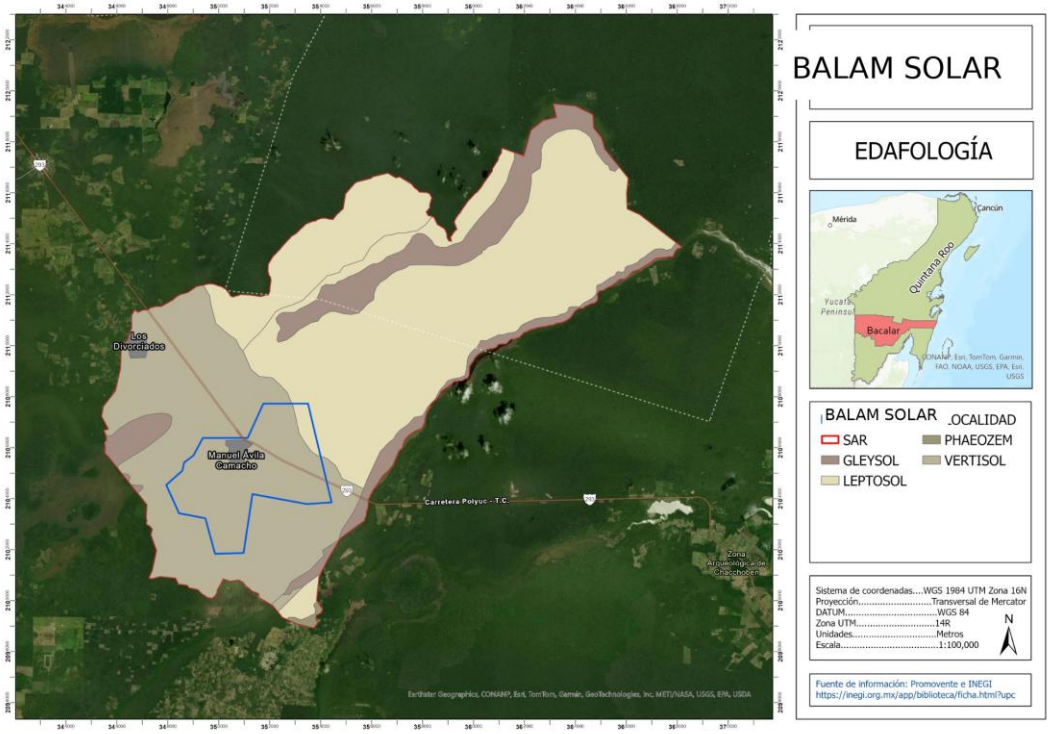


Figura IV.7 Edafología presente en el SAR

Tabla IV.6 Unidades edafológicas presentes en el SAR

Unidad	Descripción ambiental general	Consideraciones para el proyecto
Leptosol	Suelos someros, generalmente asociados a roca cercana a la superficie y baja profundidad efectiva.	Pueden limitar excavaciones y requerir ajustes en hincado, anclaje o cimentación. Son sensibles a pérdida de cobertura.
Vertisol	Suelos arcillosos con expansión y contracción por cambios de humedad.	Requieren atención para caminos, plataformas, drenajes y estabilidad de estructuras menores.
Phaeozem	Suelos con horizonte superficial oscuro y moderada fertilidad natural.	Pueden coincidir con áreas de uso agropecuario; requieren manejo de despalme y conservación de capa fértil.
Gleysol	Suelos asociados a saturación temporal o drenaje deficiente.	Indican zonas con potencial de encharcamiento; deben evitarse rellenos o compactaciones sin diseño de drenaje.
Localidad	Áreas asociadas a asentamientos o superficies transformadas.	Representan zonas previamente intervenidas, útiles como referencia de presión antrópica.

IV.2.1.4.1 Degradación de los suelos

La degradación de suelos dentro del SAR se relaciona principalmente con la apertura de áreas agropecuarias, tránsito de vehículos, caminos rurales, remoción de cobertura vegetal, compactación y exposición del suelo durante la temporada de lluvias. En zonas con Leptosol, la pérdida de suelo puede ser más relevante debido a su escasa profundidad; en Vertisoles, el cambio de humedad puede generar agrietamiento, deformaciones y deterioro de caminos si no se cuenta con drenaje y compactación adecuados.

Durante la preparación del sitio y construcción del proyecto deberán priorizarse medidas de manejo de suelo tales como delimitación estricta de frentes de obra, recuperación y acopio de capa superficial cuando sea viable, control de escurrimientos, estabilización de caminos, restricción de mantenimiento de maquinaria fuera de áreas autorizadas, control de derrames y revegetación o estabilización de áreas temporales al concluir su uso.

IV.2.1.5 Hidrología

La hidrología del SAR se caracteriza por una combinación de escurrimientos superficiales estacionales, alta infiltración potencial y dependencia del acuífero regional. El análisis se divide en hidrología superficial e hidrología subterránea. La información cartográfica proporcionada incluye mapas de cuencas, microcuencas, red de escurrimientos y acuífero.

IV.2.1.5.1 Hidrología superficial

El mapa de cuencas muestra la delimitación hidrológica del SAR, aunque la leyenda de la imagen no incluye una denominación específica de cuenca, por lo que el nombre oficial deberá confirmarse mediante el archivo vectorial correspondiente. Por su parte, el mapa de microcuencas identifica la unidad “Yucatán Este”, la cual cubre el SAR y el área del proyecto.

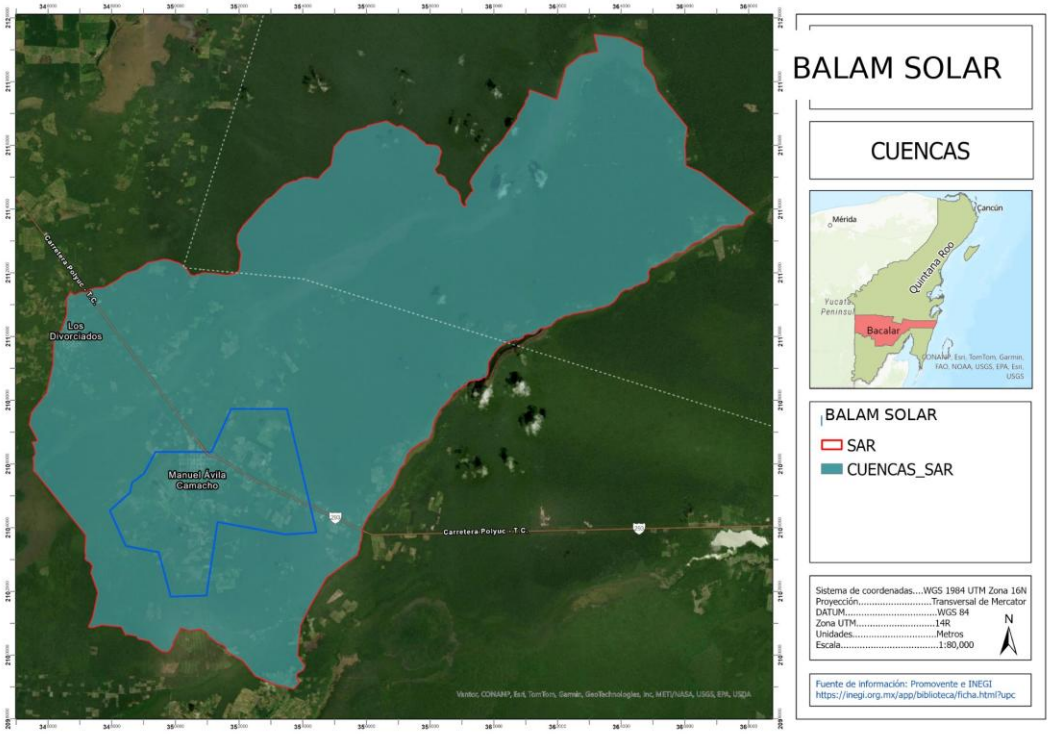


Figura IV.8 Cuencas hidrológicas en las que se encuentra el SAR

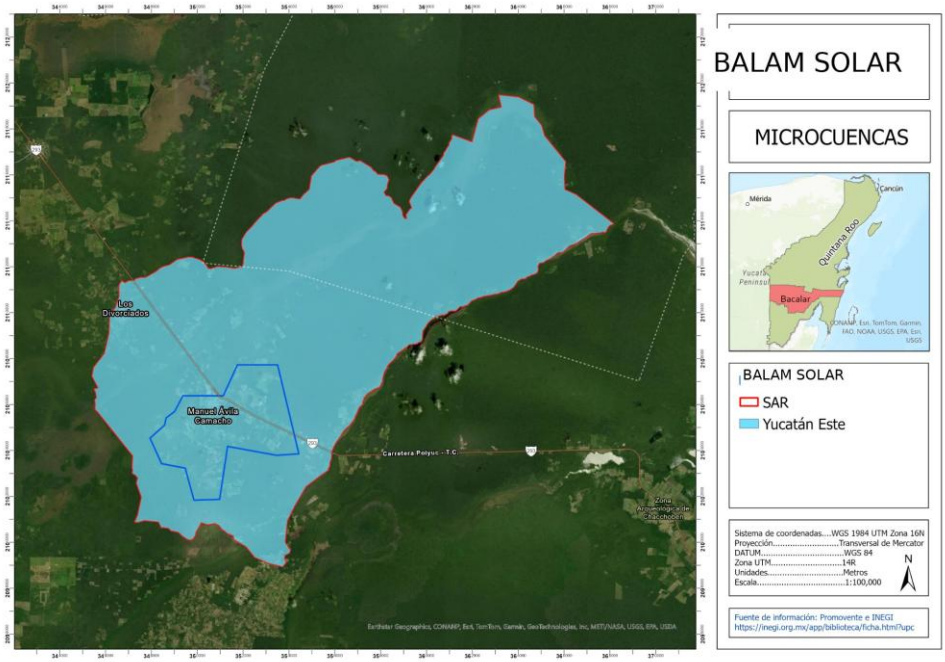


Figura IV.9 Microcuenca en la que se encuentra el SAR

La red hidrográfica representada en la cartografía señala escurrimientos dentro del SAR, principalmente hacia sectores periféricos y zonas de menor elevación relativa. En el mapa proporcionado no se observa una red densa de cauces dentro del polígono del proyecto; sin embargo, por la naturaleza estacional de los escurrimientos en regiones cálidas subhúmedas, será necesario verificar en campo las zonas de concentración de flujo, pasos de agua y áreas susceptibles de encharcamiento.

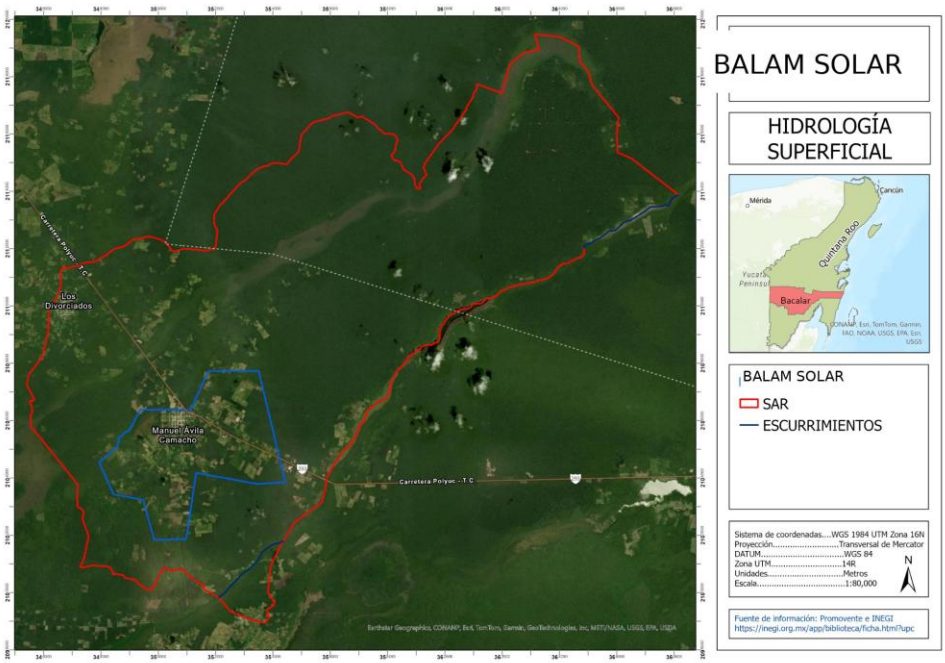


Figura IV.10 Red hidrográfica en el SAR y el AeP

Tabla IV.7 Unidades hidrológicas consideradas para el SAR

Elemento	Descripción según cartografía proporcionada	Implicación ambiental
Cuenca	El SAR se encuentra dentro de una unidad de cuenca delimitada cartográficamente; la leyenda no muestra nombre oficial.	Requiere confirmación con capa vectorial oficial para reportar superficie y nombre.
Microcuenca	Yucatán Este.	Unidad de análisis útil para reconocer dirección general de escurrimientos y conectividad hidrológica.
Escurrimientos superficiales	Se identifican escurrimientos en el SAR; la densidad dentro del AeP debe verificarse en campo.	Deben evitarse obstrucciones, rellenos no autorizados y aportes de sedimentos.
Cuerpos de agua / zonas húmedas	No se identifican en la imagen como componentes dominantes dentro del AeP; su presencia deberá verificarse.	Cualquier cuerpo de agua, jagüey o depresión temporal deberá excluirse o manejarse con medidas específicas.

IV.2.1.5.2 Hidrología subterránea

La cartografía de acuíferos indica que el SAR se ubica dentro del acuífero Yucatán. En regiones kársticas, el acuífero constituye un componente ambiental crítico, debido a la alta permeabilidad del sustrato y a la posibilidad de infiltración rápida de contaminantes en zonas sin manejo adecuado. Por ello, la prevención de derrames, el manejo de residuos, el control de aguas residuales y la prohibición de mantenimiento de maquinaria fuera de áreas autorizadas son medidas centrales para proteger el recurso hídrico subterráneo.

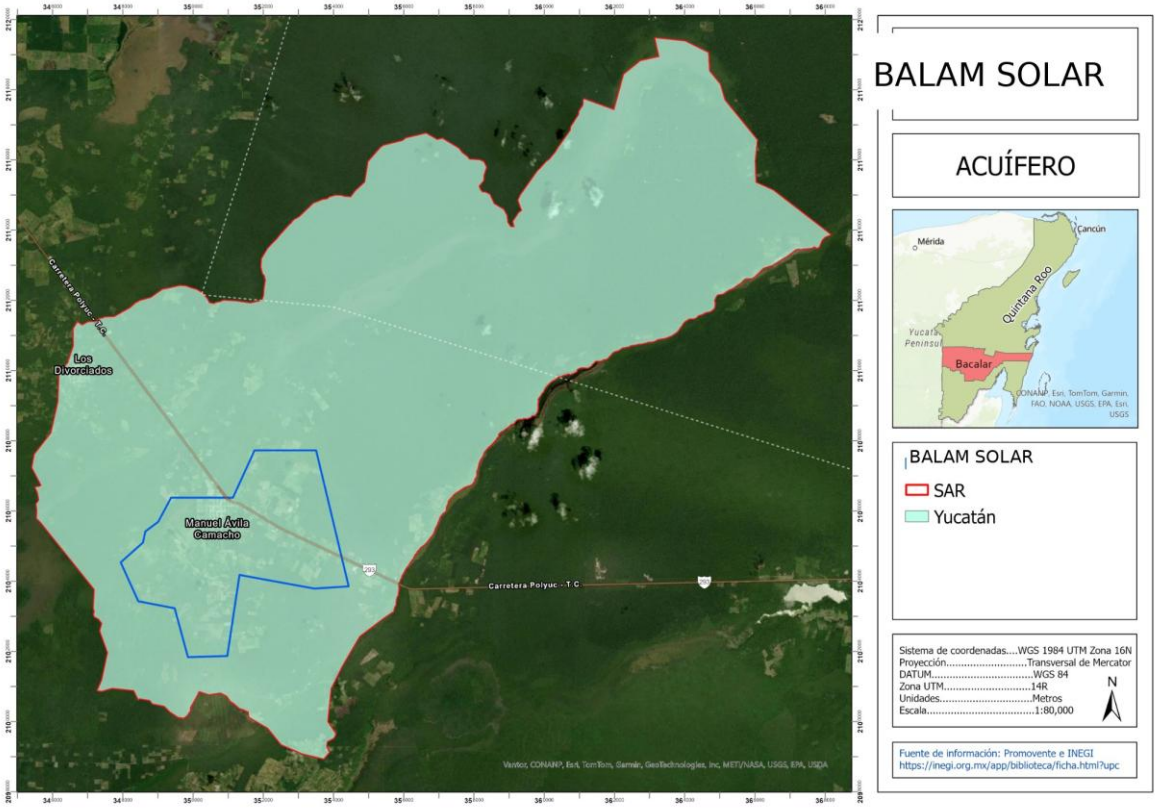


Figura IV.11 Acuífero identificado en el SAR del proyecto

Tabla IV.8 Acuífero identificado en el SAR

Acuífero	Cobertura en el SAR	Consideraciones ambientales
Yucatán	De acuerdo con el mapa proporcionado, cubre la totalidad del SAR y el AeP.	Se requiere manejo preventivo estricto para evitar contaminación por hidrocarburos, aceites, solventes, residuos o aguas sanitarias.

IV.2.2 Medio Biótico

IV.2.2.1 Vegetación

La caracterización preliminar de la vegetación se realizó con base en el mapa de uso de suelo y vegetación proporcionado para el SAR. La cartografía muestra un mosaico de coberturas integrado por vegetación natural, vegetación secundaria, usos agropecuarios, asentamientos y áreas transformadas. En términos generales, el polígono del proyecto se inserta en una matriz donde predominan coberturas de selva y vegetación secundaria, con presencia de agricultura de temporal, pastizales o áreas agropecuarias y asentamientos asociados a Manuel Ávila Camacho.

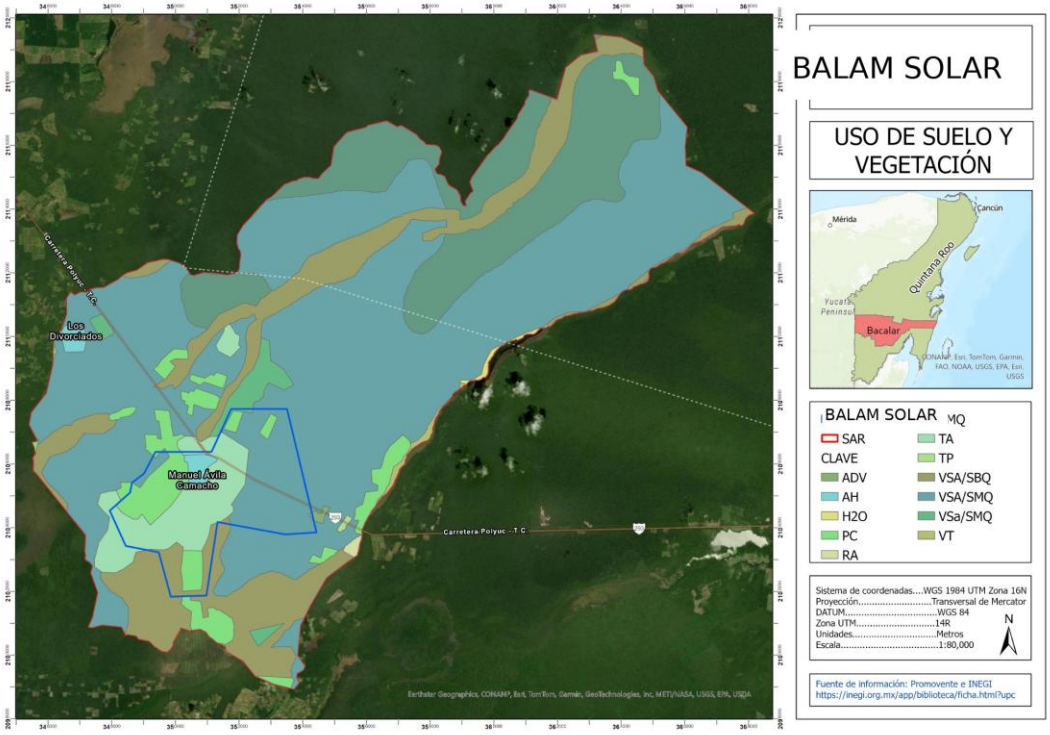


Figura IV.12 Uso de suelo y vegetación en el SAR

Tabla IV.9 Claves de uso de suelo y vegetación identificadas en el SAR

Clave cartográfica	Interpretación preliminar	Observación
SMQ	Selva mediana, conforme a clave cartográfica INEGI por confirmar con atributo vectorial.	Representa cobertura natural relevante para conectividad y hábitat.
VSA/SMQ	Vegetación secundaria arbustiva asociada a selva mediana.	Indica áreas con disturbio previo y procesos sucesionales.
VSA/SBQ	Vegetación secundaria arbustiva asociada a selva baja.	Requiere confirmación de nomenclatura con capa original.

Clave cartográfica	Interpretación preliminar	Observación
TA	Agricultura de temporal anual.	Uso antrópico con modificación de cobertura natural.
TP	Agricultura o cobertura temporal permanente, conforme a clave del mapa.	Requiere confirmación con tabla de atributos.
RA	Agricultura de riego anual.	Uso productivo con intervención del suelo.
PC	Pastizal cultivado.	Uso agropecuario.
ADV	Área desprovista de vegetación.	Superficie transformada o sin cobertura vegetal significativa.
AH	Asentamientos humanos.	Localidades o infraestructura urbana/rural.
H2O	Cuerpo de agua.	Componente sensible que deberá excluirse de intervención directa.
VT	Vegetación hidrófila o tular, conforme a clave cartográfica por confirmar.	Indicador de humedad o zonas bajas, requiere verificación.

La lectura cartográfica debe complementarse con trabajo de campo, debido a que la escala de la información de uso de suelo y vegetación del INEGI permite una aproximación regional, pero puede presentar diferencias frente a la cobertura real del sitio. Para el documento definitivo será necesario incorporar la delimitación in situ de comunidades vegetales, superficie por tipo de vegetación dentro del AeP, superficie de cambio de uso de suelo en terrenos forestales, listado florístico, especies bajo categoría de riesgo y resultados de diversidad.

Tabla IV.10 Estado de integración de información de vegetación

Componente	Estado actual en esta versión	Información pendiente para versión final
Uso de suelo y vegetación del SAR	Integrado con mapa proporcionado.	Calcular superficies por categoría con capa vectorial.
Uso de suelo y vegetación del AeP	Integrado de forma descriptiva preliminar.	Agregar determinación in situ y superficies exactas por comunidad.
Listado florístico	No integrado en esta versión preliminar.	Incorporar listado taxonómico, nombre común, distribución y NOM-059.
Puntos de muestreo de vegetación	Pendiente.	Agregar coordenadas, tipo de vegetación y evidencia fotográfica.
Índices de diversidad e IVI	Pendiente.	Calcular riqueza, Shannon-Wiener, Simpson, equidad e índice de valor de importancia.

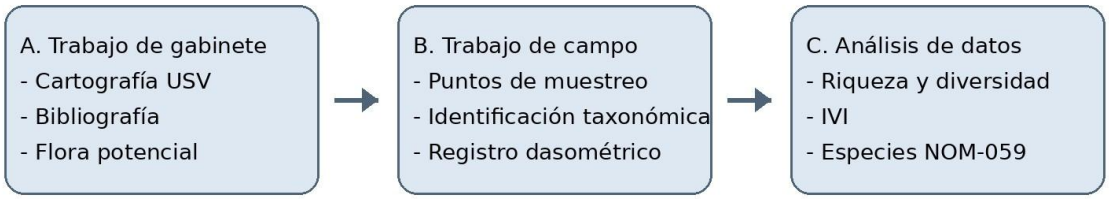


Figura IV.13 Esquema conceptual para la caracterización florística

IV.2.2.1.1 Diseño de muestreo y forma de los PM

Los PM fueron circulares con una dimensión de 500 m^2 en donde se registraron las especies arbóreas y cactáceas. Y en cada sitio se delimitaron a su vez dos áreas más, una de 100 m^2 para el registro de especies arbustivas y otra de 1 m^2 para el registro de especies herbáceas, a manera de conglomerado. Para el tamaño de los sitios de muestreo, se consideró el concepto de “área mínima”,

que se refiere al espacio en que una comunidad puede desarrollar o demostrar su composición y estructura característica. El área mínima se puede determinar con la relación especies-área, pero también es común que el tamaño del cuadro o parcela en general sea de 10 x 10 m (100 m^2) para árboles, 5 x 5 m (25 m^2) para arbustos y de 1 x 1 m (1 m^2) para herbáceas (Bautista, et al., 2011), con base en ello, destaca que en este caso particular, la dimensión de los sitios de muestreo no sólo satisfizo sino que superó el área mínima requerida para evaluar las características propias de los componentes de las comunidades vegetales de interés. Cabe mencionar que de acuerdo con González-Cuevas (2002)[i] los sitios de muestreo a partir de 500 m2 son adecuados para el levantamiento de datos dasométricos ya que proveen confiabilidad estadística dado que a partir de estas dimensiones el coeficiente de variación es mínimo.

Los datos que se registraron durante el muestreo fueron variables clasificatorias (número de sitio, fecha, ubicación geográfica) e información ecológica (nombre común, nombre científico, forma biológica), útiles para agrupar los datos del inventario florístico y obtener los resultados de los índices de diversidad por medio de la estratificación vertical (estrato arbóreo, arbustivo, cactáceas/epifitas y herbáceo).

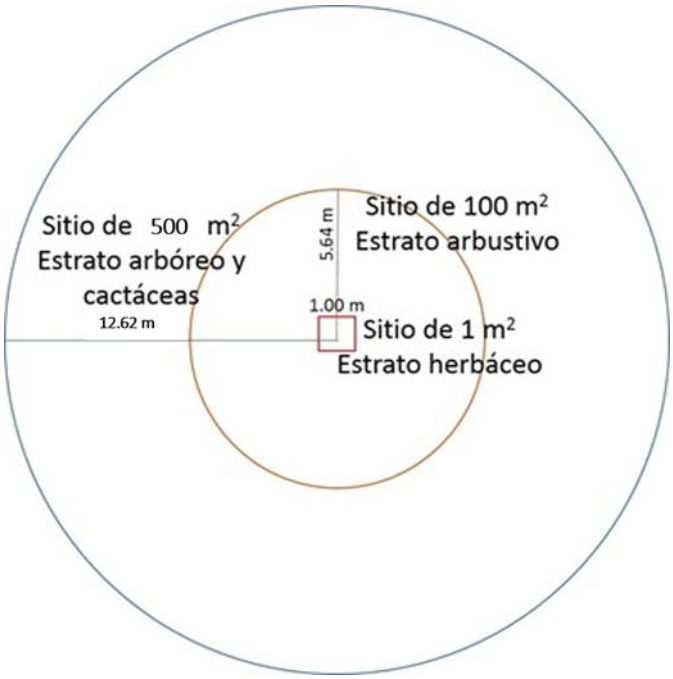


Figura IV.14 Forma de los sitios de muestreo para la caracterización vegetal

IV.2.2.1.2 Suficiencia estadística del muestreo

La determinación del número de puntos de muestreo es la base del diseño de la metodología del muestreo, si bien es sabido que entre más sean es mejor debido a que el porcentaje de error en el muestreo disminuye, generalmente existen limitaciones financieras y de tiempo, por lo que biólogos y ecólogos recurren a diversos métodos como auxiliadores en la determinación del número adecuado de muestras, para que el muestreo sea estadísticamente representativo y que los datos tengan una distribución normal (Bautista, et al., 2011 Op Cit[ii].; Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Uno de los criterios que generalmente se utilizan para determinar el tamaño de la muestra es la homogeneidad espacial de la variable o población a estudiarse. En este sentido, el número de sitios de muestreo aumenta cuanto más heterogéneas sean las variables de estudio. Ante esta situación,

los ecólogos utilizan ciertas herramientas para mantener la representatividad y confiabilidad estadística de un muestreo (Mostacedo y Fredericksen, 2000 Op cit.).

De acuerdo con lo anterior, la suficiencia estadística del muestreo fue evaluada a través del modelo matemático propuesto por Dauber, Erhad, (1995)[iii] y Carrera (1996)[iv], desarrollado específicamente para estudios en ecología vegetal; partiendo de la base de contar con un nivel de confianza[II] del 95% y un error admisible deseado del 20%, que de acuerdo con Mostacedo y Fredericksen (2000 Op cit.) en ecología vegetal es el error generalmente aceptado:

$$n = \frac{t^2 \; s\%^2}{E\%^2}$$

Donde:
n = número de puntos de muestreo con suficiencia estadística
t = valor que define el nivel de confianza, obtenido a partir de las tablas "t de Student".
s% = es el coeficiente de variación de la población (también denominado CV)
E% = error admisible, que a su vez está en función de:

$$E\% = t\frac{s\%}{\sqrt{n}}$$

El Coeficiente de variación (CV o s%), deriva de:

$$CV = \frac{s * \; 100}{\bar{x}}$$

Donde:
s = Desviación estándar
x = Promedio

El modelo anterior permite la determinación de n (número de puntos de muestreo con suficiencia estadística) en función tanto de la composición homogénea o heterogénea de los datos levantados en campo, al considerar el coeficiente de variación (CV); así como de la representatividad estadística, al considerar la distribución normal de los datos (prueba t student) a un nivel de confianza establecido del 95%.

Adicionalmente, para demostrar que el muestreo realizado posee confiabilidad estadística se optó por construir las curvas de acumulación de especies a partir de los resultados obtenidos. Estas curvas muestran el número de especies acumuladas conforme se va aumentando el esfuerzo de recolecta en un sitio, de tal manera que la riqueza aumentará hasta que llegue un momento en el cual por más que se recolecte, el número de especies alcanzará un máximo y se estabilizará en una asíntota. Cuando una curva de acumulación es asintótica indica que, aunque se aumente el esfuerzo de muestreo (número de unidades de muestreo), no se incrementará el número de especies, por el contrario, si las curvas no llegan a esa asíntota podemos inferir que faltan más especies por registrar.

Con relación a lo antes descrito, debido a que la riqueza florística registrada en campo mediante un muestreo puede no ser la total o la potencial, debido a que los estudios biológicos tienen limitaciones de tiempo y espacio, es necesario utilizar estimadores de riqueza, mediante rarefacción, método ampliamente utilizado que calcula el número de especies esperadas en caso de que todas las muestras poseyesen el mismo número de individuos. Uno de los métodos utilizados para obtener los valores de rarefacción es la curva de Coleman, que requiere datos de abundancia de individuos.

[II] Nivel de confianza: es la probabilidad con la que el método dará una respuesta correcta. El nivel de confianza hay que interpretarlo como que disponemos de un método que en cierto porcentaje de casos acierta y en el resto falla (Barón López y Téllez Montiel, 2004).

Dentro de los estimadores ampliamente utilizados en estos análisis también está Chao 1 que es de los más rigurosos (Villareal, et al., 2006[v]). Para obtener las curvas de acumulación de especies se empleó en programa EstimateS versión 9.1.0[III], que toma los datos provenientes de un muestreo, aleatoriza toda la información y realiza cálculos de número de especies observadas y esperadas. Una vez procesados los datos se obtuvo la información de número de especies observadas de acuerdo con el muestreo "S (obs)", que se comparó con los valores esperados de la riqueza por los estimadores Chao 1 y Rarefacción de Coleman.

IV.2.2.2 Fauna

La calidad ambiental del SAR se encuentra determinada, entre otros factores, por la riqueza, estructura y diversidad faunística (Jorgensen, 2005[vi]); en este sentido, el acercamiento al estatus que guarda este factor ambiental es fundamental para determinar el grado de conservación que mantiene y las fuentes de deterioro que les están afectando, lo cual constituye una base que permite determinar el grado de integridad funcional del ecosistema.

Es posible determinar el estado que presenta la fauna en un sitio mediante tres procedimientos:

- Recopilación bibliográfica: realiza la recopilación y análisis de documentos técnicos y científicos que reporten, entre otros rubros, la distribución natural de las especies en el área de interés y la descripción del hábitat y el nicho de las especies reportadas.
  A diferencia de estudios de campo puntuales y acotados a un momento del año en particular, existen herramientas bibliográficas, tales como colecciones científicas, tesis especializadas, libros, revistas científicas y, recientemente, programas informáticos que permiten tener un registro histórico del factor ambiental a caracterizar.
- Inventario en campo: es un estudio que consiste en el levantamiento de información, directamente en campo, el cual, idóneamente debe abarcar varios ciclos anuales que superen las condiciones variables propias de las características climatológicas de cada anualidad y, por lo tanto, que ofrezca certidumbre estadística respecto a la fiabilidad de los resultados.
- Estudio combinado: se trata de la combinación de ambos estudios, restringiendo la amplitud del estudio de campo e incrementando el esfuerzo de recopilación y análisis de información técnica y científica publicada en fuentes formales.

A partir del resultado que se esperan obtener mediante la aplicación de estas tres fases permitirán obtener conclusiones respecto a la distribución de los grupos de vertebrados, así como su estado de conservación, su diversidad asociada a los diferentes tipos de asociaciones vegetales que caracterizan el SAR, su vulnerabilidad y sus endemismos, además de la identificación de especies potenciales que se encuentran en estatus de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación a su Anexo Normativo III; con la finalidad de poder deducir precisiones respecto a su presencia potencial en el SAR. Bajo esta premisa se desarrolló el trabajo cuyos resultados se reseñan en este apartado de la MIA-R.

Cabe mencionar que, si bien el grupo más abundante y diversificado del planeta es el de los invertebrados, existen diversos factores que complican el estudio de estos grupos taxonómicos, como la escala espacial de la distribución: en el caso de los ácaros del suelo, la escala espacial es muy reducida y presenta grandes variaciones a pequeñas escalas, por lo que resulta muy costoso y, en parte, inútil realizar muestreos representativos para áreas relativamente extensas; la estacionalidad, ya que determinadas especies tienen su etapa adulta (muchas veces la más visible),

[III] EstimateS. Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version: EstimateS 9.1.0

reducida a un periodo de tiempo muy corto, presentándose el resto del año como formas resistentes (huevos, larvas), que resultan imposibles de clasificar para quien no es especialista en el tema. Los muestreos representan altas dificultades taxonómicas derivadas del conocimiento precario que existe en el territorio mexicano y existen dificultades para la clasificación de estos organismos.

Siendo las razones antes expuestas, las que permitieron determinar que los grupos faunísticos a considerar serán los de los vertebrados que, aunque las dificultades no son menores, la información sobre estos grupos taxonómicos es más amplia, por lo que pueden ser usados como indicadores de la estabilidad de una zona determinada y permitir generar una caracterización integral del SAR.

Así, con la finalidad de cumplir con el alcance del presente estudio, se utilizó el estudio combinado. Los resultados que se esperan mediante la recopilación, monitoreo y análisis de la información van a permitir obtener conclusiones respecto a la distribución de los grupos de vertebrados, así como su estado de conservación, su diversidad asociada a los diferentes tipos de asociaciones vegetales que caracterizan el SAR, su vulnerabilidad, endemismos, además de la identificación de especies potenciales que se encuentran en estatus de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la UICN; con la finalidad de poder deducir precisiones respecto a su presencia potencial en el SAR.

Además, en la medida de lo posible, la información fue corroborada en campo mediante muestreos específicos para cada grupo de vertebrados estudiado, obteniendo como resultado conclusiones respecto a la calidad del SAR en el cual se pretende establecer el proyecto.

IV.2.2.2.1 Marco de referencia nacional

En la actualidad, las tendencias relacionadas con el estudio de la diversidad biológica contemplan tres niveles: el genético, que involucra la diversidad de genes, alelos y proteínas; el específico, que se circunscribe en la cuantificación del número total de especies y endemismos; y el de ecosistemas, que contempla las interacciones intraespecíficas, y aquellas con elementos abióticos (Boero, 2010)[vii].

Entre los países latinoamericanos considerados como megadiversos se encuentra México, junto con Brasil, Colombia y Perú (Lamoreaux et al., 2006)[viii]; ya que se ha estimado que alberga aproximadamente el 10% de la diversidad biológica mundial. La singularidad de la diversidad de las especies mexicanas radica no sólo en el número de taxones sino a su exclusividad o endemismo (Leroux y Schmiegelow, 2007[ix]; Velasco de León et al., 2007[x]).

Uno de los factores que podría influir en la alta biodiversidad del país es su posición entre la zona de transición de las regiones biogeográficas neártica y neotropical; lo que implica una variedad de climas, rangos altitudinales, su orografía y tipos de vegetación. Sin embargo, la diversidad biológica no se distribuye de manera uniforme y se ha documentado que existen gradientes en los que se identifican sitios con mayor diversidad que otros, hecho que parece estar determinado por la latitud, la elevación y factores asociados como la precipitación, el tipo de suelo, entre otros (Arita, 1997); aunque, una región que presente un alto número de especies no necesariamente va a poseer una alta cantidad de endemismos.

El territorio mexicano alberga áreas de mayor riqueza de especies y otras que poseen numerosos endemismos, las cuales varían por grupo taxonómico; tal es el caso del grupo de las aves, las cuales en la selva alta perennifolia y la selva baja caducifolia son las más ricas en número de especies, sin embargo, los bosques de pino-encino y el bosque mesófilo de montaña son las zonas que presentan más endemismos (Navarro et al., 2014); en el caso de los mamíferos, se reconoce que el Eje Neovolcánico Transversal es el sitio de mayor número de endemismos (Escalante et al., 2009) pero la ecorregión de bosques templados es la más rica en cuanto a número de especies totales (Sánchez-Cordero et al., 2014).

Debido a la riqueza de especies que alberga México, es que se encuentra en el primer lugar en riqueza de reptiles, el tercero en mamíferos, quinto en anfibios y onceavo en aves (Ceballos et al. 2006). Además, los porcentajes de especies endémicas que se reportan para el país es alto, ya que se encuentra en el tercer lugar en vertebrados endémicos, después de Indonesia y Australia. Los porcentajes de endemismo se encuentran entre el 10.4 y 58.9%, mientras que otros países centroamericanos tienen valores entre 0.5 y 28.4%. La estimación de la riqueza faunística alcanza las 2,954 especies, considerando, además que el territorio es de menores dimensiones que Canadá, Estados Unidos y sus territorios (incluyendo las islas en otros continentes), países que en su conjunto albergan cerca de 2,187 especies.

México destaca más por el número total de especies y por los porcentajes de endemismo que hay en el país (Ramírez-Pulido y Castro-Campillo, 1994). No obstante que, la distribución de los vertebrados terrestres no es homogénea en el territorio mexicano, toda vez que existen regiones con altas concentraciones de especies en general o de especies endémicas en particular (Ceballos et al. 2006).

Derivado de las condiciones fisiográficas del país, así como su extensión, permiten una gran variedad de fauna silvestre, aunque la actividad transformadora de la sociedad, aunada a los factores causantes de deterioro ecológico, en los últimos años ha afectado este recurso. La fauna silvestre es y ha sido uno de los elementos de gran importancia en el desarrollo de la humanidad.

Cabe mencionar que, si bien el grupo más abundante y diversificado del planeta es el de los invertebrados, existen diversos factores que complican el estudio de estos grupos taxonómicos, tal es el caso de la escala espacial de la distribución, como en el caso de los ácaros del suelo, el cual es muy reducido y presenta grandes variaciones a pequeñas escalas, por lo que resulta muy costoso y, en parte, inútil realizar muestreos representativos para áreas relativamente extensas; la estacionalidad, ya que determinadas especies tienen su etapa adulta (muchas veces la más visible), reducida a un periodo de tiempo muy corto, presentándose el resto del año como formas resistentes (huevos, larvas, entre otros), que resultan imposibles de clasificar para quien no es especialista en el tema. Los muestreos representan altas dificultades taxonómicas derivadas del conocimiento precario que existe en el territorio mexicano y existen dificultades para la clasificación de estos organismos.

Siendo las razones antes expuestas, las que permitieron determinar que los grupos faunísticos a considerar serán los de los vertebrados que, aunque las dificultades no son menores, la información sobre estos grupos taxonómicos es más amplia, por lo que pueden ser usados como indicadores de la estabilidad de una zona determinada. A continuación, se abordan aspectos generales de los tres grupos faunísticos que serán abordados en el presente documento.

La diversidad herpetofaunística en México constituye uno de los elementos más importantes de la fauna del país. La diversidad que posee el grupo de los anfibios sitúa a México como el quinto país más diverso a nivel mundial, ya que poseen un grado de endemismo del 67% (252) de sus especies. Este grupo taxonómico se encuentra representado por 16 familias que equivalen al 21.62% con respecto a la riqueza a nivel mundial, 54 géneros (9.87%) y 376 especies (5.23%; Parra-Olea, et al. 2014).

Mientras que en el caso de los reptiles hay 864 especies, de las cuales 417 son lagartijas, 393 serpientes, 3 anfisbénidos, 3 cocodrilos y 48 tortugas. Estas especies se incluyen en 159 géneros y 40 familias, que representan el 8.7% de los reptiles del mundo. Además, el 57.1% de las especies son endémicas (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014).

Ahora bien, se estima que existen alrededor de 10,507 especies de aves en el mundo, de las cuales, en México se reportan entre 1,123 (AOU, 2013) y 1,150 (Gill y Donsker, 2013), que representa cerca del 11% del total mundial. Este porcentaje es mayor al que existe en Estados Unidos y Canadá en conjunto. Derivado de la diversidad avifaunística que existe en el territorio mexicano, lo coloca en el onceavo lugar entre los países megadiversos del mundo y en el cuarto en cuanto a la proporción de especies endémicas. De las categorías supraespecíficas de aves del mundo, en México se presentan 26 (65%) órdenes, 95 (41%) familias y 493 (22%) géneros (Navarro-Sigüenza, et al., 2014).

Finalmente, en cuanto a la biodiversidad de mamíferos México ocupa el tercer lugar mundial en cuanto al número de especies de mamíferos (Ceballos y Oliva, 2005) y el segundo lugar en especies endémicas con 157 (28%). De acuerdo con diversos autores, existen 564 especies de mamíferos silvestres, lo que representa aproximadamente el 13% de la diversidad mundial; estas especies se encuentran distribuidas en 46 familias y 200 géneros (Sánchez-Cordero, et al., 2014). Sin embargo, el estado de conservación de este grupo indica que existen problemas ambientales severos, ya que 7 especies se han extinguido o desaparecido en el último siglo, y 295, que equivale al 52.3% del total, se encuentran clasificadas en alguna categoría de riesgo (CONABIO y SEMARNAT, 2009).

Es por ello por lo que la riqueza biológica no solo es un valor en sí misma, sino que representa un recurso que debe protegerse debido a que se ve sometido a numerosas amenazas (Edwards y Abivardi, 1998). Es innegable que el crecimiento poblacional en México y en el mundo genera demandas de infraestructura e insumos, por ello, en México y en el mundo, se reconocen como los principales factores que amenazan la riqueza y el endemismo de las especies al cambio de uso de suelo, la explotación no racional de los recursos naturales y al cambio climático.

IV.2.2.2.2 Marco de referencia estatal

Los ecosistemas son resultado de la interacción entre factores ambientales como el relieve, clima, tipo de suelo, disponibilidad de agua, cobertura vegetal y grado de intervención antrópica. De dicha interacción dependen procesos ecológicos como la regulación de los ciclos hidrológicos, el mantenimiento de la calidad del agua y del aire, la fertilidad del suelo, la polinización, la dispersión de semillas, el control biológico de poblaciones y la disponibilidad de hábitat para la fauna silvestre. En este sentido, la fauna constituye un componente funcional de los ecosistemas, ya que participa en procesos de depredación, herbivoría, reciclaje de materia orgánica, conectividad ecológica y regeneración natural de la vegetación.

Quintana Roo se localiza en la porción oriental de la península de Yucatán y forma parte de una región biogeográfica de afinidad predominantemente neotropical. Su ubicación, relieve bajo, sustrato calizo, alta permeabilidad del suelo, clima cálido subhúmedo y presencia de selvas, humedales, lagunas, cenotes, manglares, sabanas, cuerpos de agua continentales y ambientes costeros favorecen una elevada diversidad biológica. La entidad se caracteriza por la presencia de extensas selvas tropicales, sistemas lagunares y corredores de vegetación que funcionan como hábitat, refugio y zona de desplazamiento para numerosas especies de vertebrados terrestres y acuáticos. De manera particular, la región centro-sur del estado mantiene una alta relevancia ecológica por su continuidad con macizos forestales, zonas agropecuarias en distintos grados de abandono y áreas de vegetación secundaria que aún permiten el movimiento de fauna silvestre.

En el contexto regional, el proyecto BALAM SOLAR se ubica en el municipio de Bacalar, Quintana Roo, dentro del Ejido Manuel Ávila Camacho, en una poligonal de influencia del proyecto de aproximadamente 2,040 ha. El proyecto considera una planta fotovoltaica, sistema de almacenamiento BESS, subestación elevadora e infraestructura de evacuación eléctrica. A escala ambiental, el SAR definido para el proyecto comprende 19,958.6168 ha y abarca porciones de los

municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto, por lo que la caracterización faunística debe entenderse dentro de un mosaico regional donde interactúan áreas con vegetación secundaria, zonas agropecuarias, caminos, infraestructura existente y remanentes de vegetación natural.

La fauna de Quintana Roo está representada por especies asociadas a selvas medianas y bajas, vegetación secundaria, humedales, cuerpos de agua, ambientes costeros y zonas agropecuarias. Entre los grupos de vertebrados con mayor representatividad se encuentran aves, mamíferos, reptiles, anfibios y peces. La diversidad faunística estatal incluye especies de amplia distribución ecológica, especies especialistas de ambientes selváticos o acuáticos, especies migratorias y especies enlistadas en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Como referencia de la importancia biológica regional, la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an, ubicada en Quintana Roo, registra más de 2,580 especies de plantas y animales, de las cuales 158 se encuentran en alguna categoría de riesgo de la NOM-059, lo que evidencia la relevancia del estado como reservorio de biodiversidad en la península de Yucatán.

En cuanto a mamíferos, Quintana Roo alberga especies de talla pequeña, mediana y grande, incluyendo roedores, murciélagos, marsupiales, carnívoros, ungulados y primates. En los ambientes selváticos y de vegetación secundaria son frecuentes o potencialmente presentes especies como tlacuaches (*Didelphis spp.*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), coatí (*Nasua narica*), mapache (*Procyon lotor*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y diversas especies de murciélagos. En áreas mejor conservadas o con conectividad regional pueden presentarse especies de mayor requerimiento espacial, como ocelote (Leopardus pardalis), margay (*Leopardus wiedii*), yaguarundí (*Herpailurus yagouaroundi*), puma (*Puma concolor*), jaguar (*Panthera onca*), mono araña (*Ateles geoffroyi*) y tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*). Algunas de estas especies son relevantes por su papel ecológico como depredadores, dispersores de semillas o indicadores de conectividad del paisaje. La presencia regional de especies como jaguar, puma, ocelote, mono araña, pecarí, tapir y venado ha sido documentada para áreas naturales protegidas de Quintana Roo como Sian Ka'an.

Las aves constituyen uno de los grupos faunísticos más conspicuos de Quintana Roo, debido a la diversidad de hábitats disponibles y a la ubicación del estado dentro de rutas de desplazamiento regional y migratorio. En la entidad se distribuyen aves residentes y migratorias, terrestres y acuáticas, asociadas a selvas, bordes de vegetación, zonas abiertas, potreros, cultivos, humedales y cuerpos de agua. Entre las especies representativas de ambientes selváticos y de vegetación secundaria pueden citarse chachalacas, palomas, carpinteros, tucanes, trogones, loros, calandrias, zanates, tiránidos, rapaces diurnas y nocturnas, así como zopilotes y caracaras. En zonas con cuerpos de agua o humedales son características garzas, ibis, patos, martines pescadores, cormoranes, espátulas y otras aves acuáticas. Dentro de las especies relevantes reportadas para la región de Sian Ka'an se encuentran, entre otras, el loro yucateco (*Amazona xantholora*), el hocofaisán (*Crax rubra*), el pavo ocelado (*Meleagris ocellata*), el tucán pico canoa (*Ramphastos sulfuratus*), el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), el jabirú (*Jabiru mycteria*) y diversas garzas y aves acuáticas.

Los reptiles son otro grupo de alta importancia en Quintana Roo, particularmente por la presencia de lagartijas, serpientes, tortugas e iguanas asociadas a selvas, vegetación secundaria, zonas abiertas, cuerpos de agua y ambientes antrópicos. En el estado pueden presentarse especies como iguana verde *(Iguana iguana*), iguana negra (*Ctenosaura similis*), boa (Boa imperator / Boa constrictor sensu lato), nauyacas *(Bothrops spp. o Porthidium spp*., según la región), bejuquillos (*Oxybelis spp*.), culebras ratoneras, tortugas dulceacuícolas y cocodrilos en zonas con cuerpos de agua permanentes o humedales. En los sistemas de selva y cuerpos de agua de Quintana Roo se reportan también cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) y cocodrilo de pantano (*Crocodylus*

moreletii), especies relevantes por su categoría de conservación y por su función como depredadores superiores en ambientes acuáticos y ribereños.

Los anfibios, aunque menos visibles que aves, mamíferos y reptiles, son indicadores sensibles de las condiciones de humedad, calidad del agua, cobertura vegetal y microhábitat. En Quintana Roo su presencia está estrechamente relacionada con la disponibilidad de cuerpos de agua temporales o permanentes, depresiones inundables, aguadas, escurrimientos, suelos húmedos y cobertura vegetal que favorezca refugio y reproducción. Entre las especies representativas de la península de Yucatán se encuentran ranas arborícolas, sapos terrestres, especies asociadas a charcas temporales y anfibios de hojarasca. Se ha documentado, por ejemplo, la presencia de la rana ladradora yucateca (*Craugastor yucatanensis*), especie endémica de la península de Yucatán y sujeta a protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como otras especies ampliamente distribuidas como el sapo excavador mexicano (*Rhinophrynus dorsalis*) y ranas arborícolas como *Smilisca baudinii*.

En el caso de peces dulceacuícolas y fauna acuática, Quintana Roo presenta particularidades derivadas de su geología kárstica, la escasez relativa de corrientes superficiales permanentes y la presencia de lagunas, cenotes, aguadas y sistemas subterráneos. La disponibilidad de cuerpos de agua superficiales y subterráneos permite la presencia de especies adaptadas a condiciones locales, así como comunidades acuáticas asociadas a lagunas y humedales. No obstante, para el proyecto BALAM SOLAR, este grupo deberá analizarse en función de la presencia real de cuerpos de agua, escurrimientos temporales, aguadas o zonas inundables dentro del SAR y del área del proyecto, ya que la relevancia de la ictiofauna dependerá directamente de la permanencia, conectividad y calidad de dichos ambientes.

En términos ecológicos, la fauna del SAR del proyecto debe analizarse no solo por la riqueza de especies, sino por su relación con la estructura del paisaje. Las áreas con vegetación secundaria, acahuales, zonas agrícolas, caminos y claros pueden ser utilizadas por especies generalistas, tolerantes a la perturbación o de amplia movilidad, mientras que los remanentes de selva y corredores de vegetación mantienen mayor importancia para especies con requerimientos de cobertura, refugio y conectividad. Esta condición es especialmente relevante para mamíferos medianos y grandes, aves forestales, reptiles de sotobosque y anfibios asociados a microhábitats húmedos.

Para el proyecto BALAM SOLAR, la evaluación faunística deberá poner especial atención en tres aspectos: primero, la presencia de especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010; segundo, la posible afectación de individuos de baja movilidad durante las actividades de desmonte, despalme, apertura de zanjas, circulación de maquinaria y construcción; y tercero, la posible modificación de rutas locales de desplazamiento por la instalación de cercados, caminos internos e infraestructura eléctrica. En este sentido, los grupos más sensibles durante la preparación y construcción suelen ser reptiles, anfibios, mamíferos pequeños y juveniles de diversas especies, mientras que durante la operación deberán considerarse principalmente aves y mamíferos que puedan interactuar con cercados, caminos internos, línea eléctrica, subestaciones o zonas con iluminación.

De manera preliminar, y considerando el contexto ambiental del SAR en Bacalar y Felipe Carrillo Puerto, se espera que la fauna presente en el área del proyecto esté compuesta principalmente por especies de amplia distribución regional, tolerantes a ambientes modificados o asociadas a mosaicos de vegetación secundaria y áreas agropecuarias. No obstante, por la ubicación del proyecto en una región con conectividad hacia paisajes selváticos del centro-sur de Quintana Roo, no debe descartarse la presencia ocasional o potencial de especies de mayor importancia ecológica o de conservación. Por ello, los trabajos de campo deberán confirmar la riqueza específica, abundancia

relativa, uso de hábitat, patrones de actividad, presencia de especies protegidas, sitios de refugio, madrigueras, nidos, cuerpos de agua utilizados por fauna y zonas de paso.

En conclusión, Quintana Roo presenta una fauna diversa y ecológicamente relevante, asociada a la variedad de ambientes tropicales de la península de Yucatán. En el caso del proyecto BALAM SOLAR, la fauna del SAR debe entenderse dentro de un paisaje intervenido, pero aún funcional para el desplazamiento y permanencia de especies silvestres. Por lo tanto, la evaluación ambiental deberá integrar la información bibliográfica estatal y regional con los resultados de campo específicos, a fin de determinar con precisión las especies presentes, las especies potenciales, las especies bajo categoría de riesgo y las medidas necesarias de prevención, rescate, reubicación, monitoreo y manejo durante las distintas etapas del proyecto.

IV.2.2.2.3 Metodología

Los inventarios biológicos son una herramienta fundamental para la toma de decisiones respecto a la conservación de la biodiversidad (Sánchez et al., 2011[xi]), sin embargo, es importante incrementar el esfuerzo para tener acceso a información más detallada, tal como, conocer el estado de conservación global y nacional de la especie, conocer el ámbito general donde se ha inferido su distribución en el país, conocer su área de ocupación real, identificar los tipos de ecosistemas y hábitat en los que existe, los tipos de movimiento que suele efectuar y la extensión de los mismos e indagar, en la región donde se halla un predio, si la población local de la especie es solo parte de una unidad poblacional mayor, que entre otros aspectos, formaran un marco de referencia mínimo a considerar antes de la toma de decisiones.

Considerando que el espacio físico del SAR del proyecto se encuentra en el estado de Zacatecas, los objetivos del estudio se centran en conocer la fauna de éste, en acuerdo a los objetivos de la presente MIA-R. No obstante, el grupo de los peces queda excluido del presente reporte debido a la ausencia de cualquier tipo de cuerpo de agua, ríos o arroyos que pudieran albergar poblaciones de este grupo. Las poblaciones de invertebrados, si bien son importantes desde múltiples aspectos, la particularidad del proyecto no representa situaciones específicas de presión negativa, en virtud de la resiliencia de sus poblaciones, su amplia distribución y sus mecanismos homeostáticos para restaurar efectos negativos derivados de la acción del hombre.

En este sentido, la metodología para la caracterización de la fauna estuvo asentada básicamente en tres procedimientos.

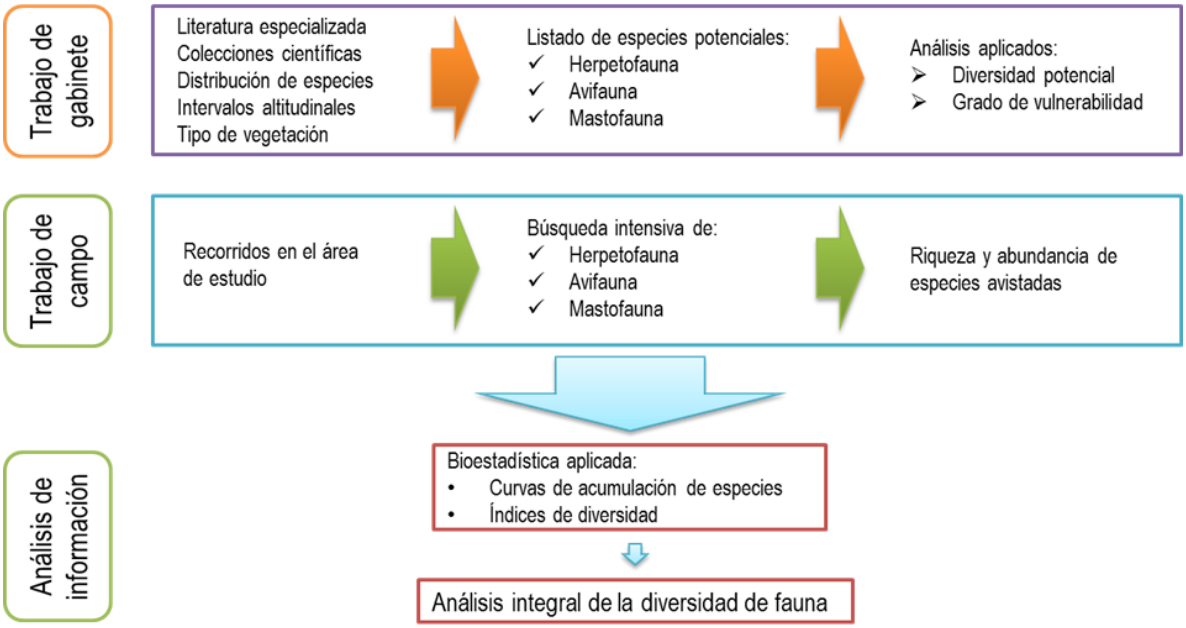


Figura IV.15 Metodología para la caracterización de la fauna

El área que ocupa el SAR presenta una diversidad y abundancia de especies variables, que deriva principalmente del grado de fragmentación del ecosistema. En este espacio geográfico se identificaron dos tipos de vegetación: selva mediana subperennifolia y selva baja subperennifolia, se identificaron amplias extensiones de cultivos agrícolas, terrenos utilizados para la ganadería extensiva y áreas cubiertas de pastizal inducido. Considerando que la vegetación forma parte inseparable del paisaje, el tipo de fauna estará en correlación directa con el tipo de vegetación, pues ésta dictará principalmente el ecosistema que pueden habitar los diferentes grupos de animales.

Por lo que la metodología para el estudio y caracterización de la fauna se llevó a cabo en tres etapas: la primera etapa fue el trabajo de gabinete, que consistió en la consulta de literatura y bases de datos especializadas para poder obtener así un listado de especies que pudieran estar potencialmente presentes dentro del SAR, este listado además servirá de apoyo en la segunda etapa que es el trabajo de campo; el cual consistió en muestreos. Una vez recabada esta información, se prosiguió a la tercer y última etapa: la interpretación de datos, que consistió en análisis estadísticos para conocer la diversidad y abundancia de cada uno de los grupos faunísticos.

Desarrollo de la metodología

<u>Recopilación bibliográfica de la riqueza faunística potencial</u>

Para determinar el listado potencial de anfibios, reptiles, aves y mamíferos en el área del proyecto, se obtuvo la distribución de las especies de vertebrados terrestres de las bases de datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)[xii] en formato Shapefile, seleccionando aquellas especies cuya distribución (completa o en parte) se sobrepusiera al SAR.

Debido a que las distribuciones de la UICN presentan inconsistencias especialmente en los límites de la distribución de especies que prefieren ciertos tipos de vegetación y/o se encuentran restringidas a ciertas altitudes, se revisó la siguiente información:

- Tipo de vegetación e intervalos altitudinales para anfibios y reptiles (Canseco-Márquez et al., 2010), aves (Howell y Webb, 2005) y mamíferos (Ceballos y Oliva, 2005).
- Registros en colecciones científicas (Global Biodiversity Information Facility).

- Registros históricos (Hall, 1981).
- Publicaciones científicas.
- Registros en plataforma de Naturalista y EncicloVida.

Para el caso de la vegetación se utilizó la capa de uso de suelo y tipos de vegetación (INEGI, serie VII). La información fue visualizada mediante el programa ESRI® ArcMap™ 10.8.

Una vez verificada la posible presencia de las especies, se generó una lista ordenada sistemáticamente, siguiendo las clasificaciones de Frost (2011)[xiii] para anfibios y Utez (2012)[xiv] para reptiles, para aves se siguió la clasificación de American Ornithologists Union (1998)[xv] considerando los últimos cambios conforme a los suplementos y artículos publicados, y para mamíferos se siguió la clasificación propuesta por Wilson y Reeder (2005)[xvi].

Los nombres comunes de los anfibios y reptiles fueron tomados de CONABIO (2009), para aves de CONABIO (2009) y para mamíferos de Villa y Cervantes (2003).

Finalmente, a partir de la lista de las especies se determinaron las especies que se encuentran en estatus de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la lista roja de la UICN.

Respecto de la distribución geográfica de las especies se consideraron como Endémicas a México (E), aquellas especies cuya distribución se restringe a los límites geográficos del país; en el caso de las aves se consideró como especies Cuasiendémicas (CE) a las que presentan una distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km2 y las Semiendémicas (SE), como las endémicas al país o una región durante una época del año (González-García y Gómez de Silva, 2003).

Además, para cada especie se obtuvo información que podría determinar si son especies vulnerables, para lo cual se consideró la información presentada por la UICN para determinar la tendencia poblacional de las especies, considerando cuatro clasificaciones, que son:

- Incremento.
- Estable.
- En decremento.
- Desconocido.

La categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la Modificación a su Anexo Normativo III:

Probablemente extinta en el medio silvestre (E): Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.

En peligro de extinción (P): Especies cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

Amenazadas (A): Especies que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

Sujetas a protección especial (Pr): Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de

propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

La categoría de protección de acuerdo con la lista roja de la UICN:

Extinto (EX): Un taxón está Extinto cuando no queda duda alguna que el último individuo ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las búsquedas deberán ser realizadas en periodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

Extinto en Estado Silvestre (EW): Un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Se presume que un taxón está Extinto en estado silvestre cuando exploraciones de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las búsquedas deberán ser realizadas en periodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

En Peligro Crítico (CR): Un taxón está En Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios "A" a "E[IV]" para En Peligro Crítico y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre.

Vulnerable (VU): Un taxón es Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios "A" a "E" para Vulnerable y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre.

En Peligro (EN): Un taxón está En Peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios "A" a "E" para En Peligro. Por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.

Casi Amenazado (NT): Un taxón está en la categoría de Casi Amenazado, cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está cercano a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga en un futuro cercano.

Preocupación Menor (LC): Un taxón se considera de Preocupación Menor cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxa abundante y de amplia distribución.

Datos Insuficientes (DD): Un taxón pertenece a la categoría Datos Insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción, con base en la distribución y/o el estado de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado y su biología ser bien conocida, pero carecer de datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos Insuficientes no es por tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren que una clasificación de amenaza pudiera ser apropiada.

[IV] A: Reducción del tamaño poblacional. B: Distribución geográfica representada como extensión de presencia (B1) y/o área de ocupación (B2). C: Pequeño tamaño de la población y disminución. D: Población muy pequeña o restringida. E. Análisis cuantitativo.

No Evaluado (NE): Un taxón se considera No Evaluado cuando todavía no ha sido clasificado con relación a los criterios anteriores.

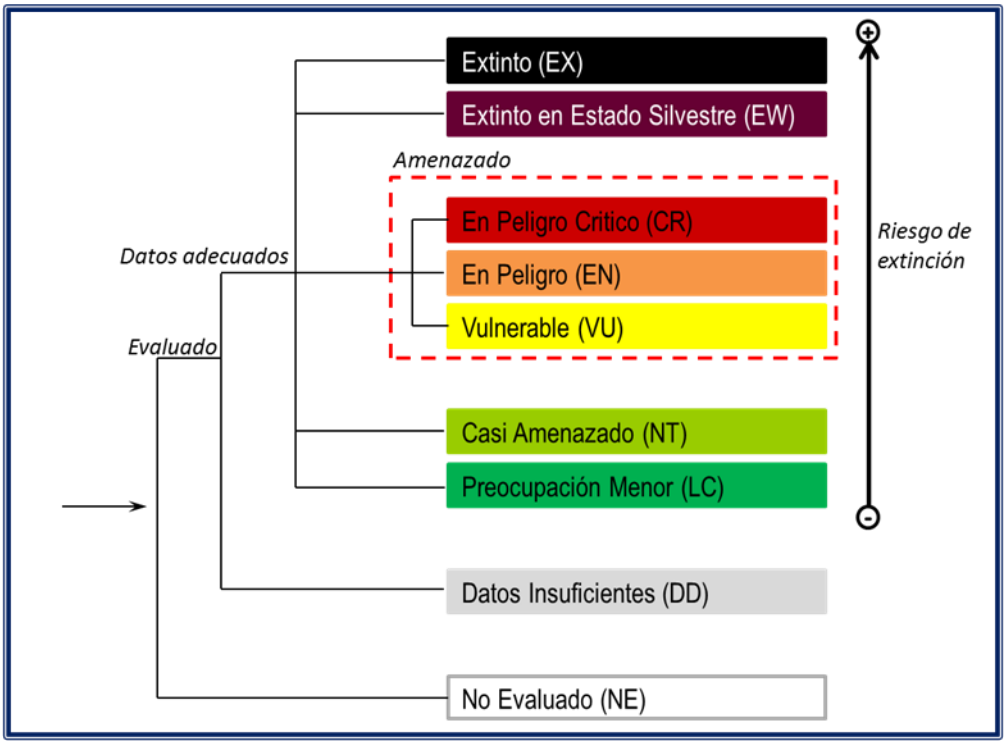


Figura IV.16 Estructura de las categorías

Monitoreo en campo para determinar la riqueza faunística

El trabajo de campo se llevó a cabo mediante una visita al sitio donde se pretende establecer el proyecto, durante los días del 02 al 06 de marzo de 2025.

Durante el trabajo en campo se establecieron 22 transectos (11 transectos para el SAR y 11 para el AeP), en cada uno de los cuales se aplicó la metodología para buscar, registrar e identificar anfibios, reptiles, aves y mamíferos. En cada transecto se ratificó el tipo de vegetación y su ubicación, para lo cual se utilizó un GPS (Garmin, 60CSx) que permitió capturar las coordenadas en UTM.

Para la ubicación de los sitios de muestreo se consideraron las características del área de establecimiento del proyecto (AeP), los tipos de vegetación y usos de suelo, buscando en todo momento la representatividad de los ecosistemas existentes y que los resultados obtenidos fuesen representativos.

Ahora bien, para cada uno de los grupos taxonómicos se utilizó un método específico, considerando la biología y etología de cada grupo, a continuación, se describe cada una de ellas.

Anfibios y reptiles

El muestreo se realizó en todos los transectos propuestos dentro del polígono establecido. Se realizó la captura directa de ejemplares, recorriendo los transectos. Para el caso de especies con actividad diurna, la búsqueda se llevó a cabo de 09:00 a 13:00 hrs y de 14:00 a 18:00 hrs removiendo piedras, troncos de árboles caídos, revisando todos aquellos sitios que pudieran fungir como refugios de ejemplares.

El manejo de los organismos hallados en campo fue de forma manual para anfibios, lagartijas y serpientes no venenosas, ya que se sostienen de la cabeza y miembros anteriores para no dañar al organismo y poder realizar la identificación; para serpientes venenosas se utilizó un gancho herpetológico inmovilizando la cabeza para su manipulación segura (Casas-Andreu, et al., 1991)[xvii].

Los ejemplares capturados fueron identificados in situ y se registraron sus datos morfométricos en un formato de campo, junto con los datos de fecha, hora, número de captura, nombre de la especie, tipo de vegetación y de microhábitat donde fue encontrado el individuo, así como la actividad que realizaba en el momento de ser capturados. Antes de ser liberados los individuos y después de su identificación, se registraron las coordenadas de ubicación con un GPS y el individuo fue fotografiado con una cámara réflex, con la finalidad de poder elaborar un archivo fotográfico de las especies.

Para la identificación de las especies se utilizó la "Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México" (Flores et al., 1995)[xviii], los organismos se identificaron a nivel de especie, para posteriormente ser liberados en el mismo sitio donde se les capturó.

Aves

El muestreo se realizó, en los transectos propuestos. Se realizó un levantamiento fotográfico de las especies de aves diurnas avistadas. Para obtener la información de la valoración de riqueza, abundancia y diversidad se empleó el método de censo en puntos de radio fijo de 25 metros (Hutto et al. 1986). Este método fue escogido ya que presenta resolución fina para cuantificar la abundancia y diversidad de aves tanto residentes como migratorias. También permite realizar comparaciones entre diferentes hábitats y correlacionar los resultados de la diversidad (Moore et al. 2005). Además, este método tiene el mayor espectro de observación de aves, tanto en el plano vertical como horizontal (Ugalde-Lezama, 2009).

El método consistió en visitar los transectos en las horas de mayor actividad de las aves (entre las 8:30 a 16:30 h) y realizar observaciones en dirección a cada punto cardinal por cinco minutos, el tiempo de observación total por punto fue de 20 minutos. El registro de los individuos durante el conteo se realizó con una cámara Canon Rebel T3 y un teleobjetivo de 75-300 mm de alta definición.

De forma adicional, durante los traslados entre cada punto, se buscaron rastros, como plumas, con la finalidad de complementar la búsqueda y registro de especies. Las especies observadas y los rastros encontrados fueron identificados con ayuda de las guías de campo de Ber Van Perlo (2006)[xix], Howell & Webb (2010) y Scott and McFarland (2010)[xx].

Para la elaboración de las listas de especies se siguió el arreglo taxonómico de la American Ornithologists' Union (1998)[xxi], en cuanto a orden, familia, género y especie, actualizado a la fecha con los suplementos. A cada especie se le asignó el nombre común en español de acuerdo con el Catálogo de autoridad taxonómica de la avifauna de México (Navarro y Gordillo, 2006)[xxii].

Respecto de la distribución geográfica de las especies se consideraron como Endémicas a México (E), aquellas especies cuya distribución se restringe a los límites geográficos del país; las Cuasiendémicas (CE), las que presentan una distribución fuera de México no mayor a los 35,000 km2 y las Semiendemicas (SE), como las endémicas al país o una región durante una época del año (González-García y Gómez de Silva, 2003)[xxiii].

Estas categorías se establecieron con base a "Handbook of the Birds of the World Alive" (HBW)[xxiv] y "The IUCN Red List of Threatened Species"[xxv], quienes reconocen las siguientes categorías: Residente permanente (R), Visitante de Invierno en época de no reproducción (VI), Visitante en época reproductiva (VER), Accidental (A) y Transitoria (T).

La información de los hábitos alimenticios de las especies de aves se tomó con base a “Handbook of the Birds of the World Alive” (HBW) disponible en línea. Por último, la actividad de las especies corresponde a los hábitos de cada una de ellas.

Mamíferos terrestres

Como en el caso de los otros grupos, el muestreo de mamíferos se llevó a cabo en los transectos establecidos. Se aplicaron metodologías para mamíferos terrestres.

Se utilizaron métodos directos e indirectos, tal como se detalla a continuación:

Cámaras-trampa (Fototrampeo): se colocaron tres cámaras-trampa (SUNLUXY Ltl-5210A 12 MP) al atardecer en el AeP y tres en el SAR. Se colocaron a una altura de 60 cm del nivel del suelo en árboles, para lo cual, el área de proyección fue limpiada, con el fin de evitar que el movimiento de las herbáceas, ramas u hojas pudieran activar los sensores de movimiento. Además, el objetivo fue orientado en dirección sur, para poder evitar que la salida o puesta del sol llegue a activar el sensor fotosensible. Frente a cada cámara se colocó a una distancia de 10 m del lente, un cebo de doble propósito, el cual consistió en avena de hojuela remojada en vainilla para atraer mamíferos omnívoros o herbívoros y sardina para los mamíferos carnívoros u omnívoros.

Cada cámara-trampa, antes de ser colocada, fue configurada para que por cada evento de movimiento o calor detectado tomará una fotografía a intervalos de 10 segundos, al igual que registrara en cada toma la fecha, hora y temperatura. Las trampas se recogieron en la mañana para extraer la información.

El uso de cámaras-trampa para el estudio de mamíferos grandes y medianos es una herramienta confiable y no invasiva (Monroy, et al. 2010)[xxvi], ya que proveen ciertas ventajas en comparación con otros métodos, como el trampeo directo, debido a que se pueden estudiar especies con bajas densidades y difíciles de capturar (Heilbrun, et al. 2006)[xxvii]. Además de la abundancia, este método también da estimados más precisos de la riqueza, diversidad, variación espacio temporal y patrones de actividad de las especies. Otra ventaja está dada por la identificación exacta de la mayoría de los organismos (Karanth et al. 2004)[xxviii], aunado a que es posible obtener registros de especies con la mínima perturbación al no capturar a los organismos y los muestreos pueden cubrir extensas áreas con un minino esfuerzo personal (Botello, et al. 2007)[xxix]. Las imágenes que se obtuvieron fueron identificadas mediante la comparación con fotos de la Colección de Foto Colectas Biológicas del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Identificación de rastros y huellas: Se recorrieron los transectos con la finalidad de detectar huellas, excretas y otros rastros (esqueletos, desecho de la alimentación de mamíferos) para la identificación indirecta de individuos durante un lapso de 6 horas por día por transecto. Esta técnica permite detectar y determinar la presencia de algunas especies, así como inferir el uso del hábitat y alimentación (Aranda, 2012[xxx]; Painter, et al. 1999[xxxi]). Las huellas y excretas registradas se identificaron con la ayuda de las guías: “Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México” (Aranda, 2012) y “Mammals Tracks and Sign” (Elbroch, 2003)[xxxii]. Los indicios localizados fueron georrefenciados y fotografiados.

Una vez que se registraron e identificaron las especies de mamíferos, se elaboraron los listados de especies de acuerdo con la nomenclatura taxonómica, siguiendo el arreglo de “Mammals species of the world” (Wilson & Reeder, 2005)[xxxiii], en cuanto a orden, familia, género y especie; así mismo, se asignó el nombre común de acuerdo con CONABIO.

IV.2.2.2.4 Análisis de información

Para evaluar la eficiencia del muestreo, así como estimar la riqueza de especies presentes en el AeP y el SAR, fue efectuada una función exponencial de acumulación de especies con el programa EstimateS ver. 9.1.0 (Colwell, 2016)[xxxiv]. Esta función utiliza varios estimadores no paramétricos: uno basado en abundancia (Chao 1) y tres basados en Ausencia-Presencia (Jack 1, Bootstrap y Chao 2); los cuales se describen a continuación.

Chao 1 (para datos de abundancia)

La fórmula corregida para el estimador Chao 1 cuando f2=0 (cuando no hay especies doubletons).

$$SChao\ 1 = S_{obs} + \frac{f1\ (f1-1)}{2(f2+1)}$$

Chao 2 (para datos de incidencia)

La fórmula corregida para el estimador Chao 2 cuando q2=0 (cuando no hay especies duplicadas).

$$SChao2 = Sobs + \left(\frac{m-1}{m}\right)\frac{q1(q1-1)}{2(q2+1)}$$

Jacknife 1 (para datos de incidencia)

Estimador Jacknife de primer orden:

$$Sjack1 = Sobs + q1\left(\frac{m-1}{m}\right)$$

Bootstrap (para datos de incidencia)

$$Bootstrap = sobs + \sum(1-pj)^{Sobs}$$

Donde pj: Es la porción de unidades muéstrales que contienen a cada especie j .

Las curvas de acumulación de especies representan gráficamente el análisis de los métodos de estimación con base en la riqueza de especies registradas en campo y el esfuerzo de muestreo aplicado, para inferir en la posible riqueza y la eficiencia del muestreo (en porcentajes) en los transectos y el tiempo en el que se llevó a cabo el muestreo (López-Gómez y Williams-Linera, 2006[xxxv]; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003[xxxvi]). Los métodos de estimación usan la curva observada de acumulación de especies para modelar el conteo de nuevas especies con respecto al esfuerzo de muestreo, y el valor de la riqueza es la asíntota de la curva (línea continua en el plano con respecto a la "x"). Este análisis se realizó con la información obtenida de los censos en los transectos.

El análisis de cada grupo taxonómico se realizó con la información obtenida del censo en los puntos de muestreo y transectos. Con propósitos comparativos se muestra el valor de Sobs Mao Tao (curva color negro) que muestra el número de especies registradas en la operación de campo por transecto, así mismo, la interpretación de los resultados está en función a las especies esperadas y la eficiencia del muestreo aplicado.

Diversidad alfa

Se empleó el programa **Spade** para obtener los índices de diversidad a partir de los datos de riqueza y abundancia de las especies obtenidas de campo. A partir de técnicas de remuestreo se calculan los intervalos de confianza al 95% para cada índice estimado. Es decir, con los datos de las especies que conforman la muestra obtenida en campo, cuál sería la variación esperada si se añadieran más muestras al azar del mismo tamaño, considerando el conjunto de especies total en el AeP (la

sumatoria de los transectos), lo que permite tener el valor del índice de diversidad dentro de un rango (límite inferior y superior) con un nivel de significancia estadística al 95% (Chao y Shen, 2010; Colwell, 2013; Colwell y Elsensohn, 2014).

Índices para calcular diversidad alfa

Dada la importancia de la diversidad de especies y su cambio en relación con las actividades humanas (Moreno et al., 2011)[xxxvii], en la evaluación de la diversidad se utilizan tres aproximaciones, la primera corresponde a un concepto claro y de fácil uso: la riqueza de especies (S), en la segunda aproximación se utilizan dos índices de uso común y de larga tradición en ecología de comunidades: Índice de Shannon e Índice de Simpson, pero que presentan problemas de interpretación o de significado biológico por las unidades en que está dado el valor de los índices, principalmente en el índice de Shannon, ya que mide el grado de entropía o incertidumbre, y actualmente ambos índices son muy criticados por la falta de duplicación matemática necesaria al momento de comparar la magnitud de cambio en dos o más sitios, una propiedad intuitiva esperada bajo el concepto de diversidad (Jost, 2006 ; Moreno et al., 2011). Para explicar esta propiedad se tiene el siguiente ejemplo:

En un **bosque 1** la comunidad A (estrato arbóreo) tiene 50 especies y en la comunidad B (sotobosque) también hay 50 especies, todas las especies con las mismas abundancias, pero ninguna especie se comparte entre ellas, es decir cada sitio (A y B) tiene 50 especies exclusivas. Tenemos otro bosque, **bosque 2** pero que debido a alteraciones antrópicas tiene solo la comunidad A (estrato arbóreo) con 50 especies.

La propiedad de duplicación se refiere a poder aseverar matemáticamente que, al comparar los dos tipos de bosque, en el **bosque 1** la diversidad (A+B) es doblemente más diversa que en el **bosque 2** (A). Esta propiedad de duplicación es la que carecen los índices tradicionales como Shannon y Simpson y que no es muy práctico al momento de comparar magnitudes de cambio de diversidad al comparar varios sitios (Chao y Jost, 2012)[xxxviii]. De lo anterior surge la tercera aproximación en la medición de la diversidad en este trabajo, la propuesta de medir la diversidad bajo unidades intuitivas de diversidad biológica, es decir, en número de especies, a lo que se le denomina números efectivos de especies (Jost, 2006; Moreno et al., 2011) y que ha tenido un impacto creciente pues su cálculo ya ha sido incorporado a las versiones recientes de los programas computacionales más usados como **EstimateS ver. 9.1.0** y **Spade**, así como su incorporación a las revisiones conceptuales más recientes sobre diversidad de especies. Incluso Ellison (2010)[xxxix], en el papel de editor de la revista Ecology, concluye "…Si el interés se centra en describir la diversidad de un ensamblaje, entonces los números efectivos de especies deben ser medidas de diversidad elegidas, no la entropía" (Moreno et al., 2011). Bajo el marco de esta última aproximación usamos las transformaciones de los índices tradicionales de Shannon y Simpson a números efectivos de especies (qD): exponencial de Shannon e inverso de Simpson respectivamente (Jost, 2006, Moreno et al., 2011). Cabe mencionar que los cinco índices utilizados bajo las diferentes aproximaciones se presentan con sus respectivos intervalos de confianza al 95% para fines de comparación estadísticamente significativa.

Descripción de cada índice de diversidad

Riqueza de especies. Medida únicamente como el número de especies en el sitio (S).

Índice de Shannon. Mide el grado promedio de entropía o incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una muestra, de manera que para la interpretación biológica del índice se dice que, a mayor incertidumbre, mayor diversidad biológica y a valores

menores de incertidumbre, la diversidad es menor, aunque es uno de los índices más usados es muy sensible al tamaño de muestra (Magurran, 2004; Moreno et al., 2011).

$$H' = -\sum pi * \ln(pi)$$

Dónde:

pi= abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Ln= Logaritmo natural de la abundancia proporcional pi

Índice de Simpson. Este índice mide la probabilidad de seleccionar aleatoriamente dos organismos que pertenezcan a la misma especie (Magurran, 2004).

$$\lambda = \sum pi^2$$

Dónde:

pi= abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Exponencial de Shannon. Para una conversión sencilla de este índice en números efectivos, se convierte fácilmente al expresar el valor obtenido por el índice tradicional de Shannon utilizando logaritmo natural en el exponencial (exp) (Jost, 2006; Moreno et al., 2011) y todas las especies son incluidas considerando su abundancia proporcional (*1D*)

1D=exp (H')

El inverso de Simpson. Para una conversión sencilla de este índice en números efectivos, se convierte al expresar el valor obtenido en el índice de Simpson, en su inverso. Es un índice que considera o es más sensible a las especies comunes (2D):

2D =1-Lambda o 2D=1- λ

Para utilizar el número efectivo de especies, se añade la magnitud de cambio en la diversidad al momento de comparar las secciones de estudio, esta magnitud de cambio se realiza siguiendo la propuesta de Moreno et al., (2011) donde, además de comparar estadísticamente la diversidad por medio de intervalos de confianza se compara directamente qué tan diferente es la diversidad entre comunidades de la siguiente manera: si una comunidad A tiene una diversidad D_A mayor que la diversidad D_B de la comunidad B, entonces la comunidad A tendrá D_A/D_B veces más diversidad que la comunidad B. Otra manera de expresar la diferencia en la magnitud de la diversidad es a través de una proporción, si la comunidad A tiene una diversidad D_A mayor que la diversidad D_B de la comunidad B, entonces la comunidad B tendrá solamente un porcentaje ($D_B \times 100$) /D_A de la diversidad que tiene la comunidad A.

IV.2.2.2.5 Resultados del trabajo de gabinete

De cada grupo taxonómico se conformó un listado de especies potenciales para el Sistema Ambiental Regional del proyecto BALAM SOLAR, a partir de trabajo de gabinete, revisión documental, consulta de bases de datos especializadas y análisis de la distribución potencial de las especies. En cada apartado se describe la riqueza potencial por grupo faunístico, las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 o la Lista Roja de la UICN, su distribución geográfica, condición de endemismo y, cuando la información disponible lo permite, sus tendencias poblacionales de acuerdo con la UICN. Para el caso de las aves y murciélagos se

incorpora, además, información relativa a su estacionalidad, considerando la posible presencia de especies residentes, migratorias, transitorias o con movimientos regionales.

Con relación a lo anterior, la fauna potencialmente presente en el SAR guarda una relación directa con la estructura de la vegetación, el grado de conservación del hábitat, la disponibilidad de refugio, alimento y agua, así como con el nivel de fragmentación generado por caminos, áreas agropecuarias, asentamientos humanos e infraestructura existente. En este sentido, la vegetación constituye uno de los principales factores que determina la presencia, permanencia o desplazamiento de los diferentes grupos de fauna silvestre, ya que define la disponibilidad de microhábitats, sitios de anidación, áreas de forrajeo, corredores de movimiento y zonas de protección.

El SAR del proyecto BALAM SOLAR comprende una superficie de 19,958.6168 ha y abarca porciones de los municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. De acuerdo con la cartografía temática analizada, el sistema ambiental se caracteriza por un mosaico de coberturas donde predominan asociaciones de selva tropical, vegetación secundaria arbustiva y arbórea, áreas agropecuarias, caminos, asentamientos humanos y superficies con distinto grado de intervención antrópica. Entre las coberturas relevantes para la fauna destacan las áreas con selva mediana subperennifolia, vegetación secundaria asociada a selvas, áreas de transición, zonas abiertas y superficies agrícolas o pecuarias. Esta heterogeneidad ambiental permite la presencia potencial de especies generalistas tolerantes a la perturbación, pero también de especies asociadas a ambientes selváticos o con requerimientos específicos de cobertura y conectividad.

Por lo anterior, y de acuerdo con las condiciones presentes en el área de establecimiento del proyecto, la presencia de fauna en tiempo y espacio dependerá de factores físicos y biológicos, entre los que destacan la cobertura vegetal, la disponibilidad de agua superficial temporal o permanente, la conectividad con remanentes de vegetación natural, la intensidad de uso humano y la existencia de sitios de refugio. En términos generales, se prevé que el área del proyecto pueda ser utilizada por especies de amplia distribución regional, principalmente aves, reptiles, anfibios y mamíferos pequeños y medianos asociados a vegetación secundaria, bordes de selva, áreas abiertas y zonas agropecuarias. No obstante, por la ubicación regional del proyecto en el centro-sur de Quintana Roo, no debe descartarse la presencia ocasional de especies de mayor movilidad o importancia ecológica que utilicen el SAR como zona de tránsito, alimentación o dispersión.

En este sentido, la naturaleza del proyecto no prevé ocasionar daños a escala regional que comprometan la permanencia de las comunidades de fauna silvestre presentes en el SAR. Sin embargo, sí se reconoce que durante las etapas de preparación del sitio y construcción pueden generarse afectaciones puntuales sobre individuos de baja movilidad, sitios de refugio, madrigueras, nidos o áreas de desplazamiento local. Por ello, la evaluación faunística del proyecto debe enfocarse en identificar las especies presentes y potenciales, reconocer aquellas incluidas en alguna categoría de riesgo, determinar los grupos más susceptibles de afectación y establecer medidas de prevención, ahuyentamiento, rescate, reubicación y monitoreo.

Anfibios y reptiles potencialmente presentes en el SAR

Como resultado del trabajo de gabinete, la investigación documental y la consulta de mapas de distribución potencial disponibles en plataformas especializadas, como EncicloVida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), así como de información complementaria de la UICN, se elaboró un listado taxonómico de las especies de anfibios y reptiles que potencialmente pueden distribuirse dentro del Sistema Ambiental Regional del proyecto.

La presencia potencial de anfibios en el SAR está estrechamente relacionada con la disponibilidad de humedad, charcas temporales, escurrimientos intermitentes, aguadas, depresiones inundables y

cobertura vegetal que brinde refugio durante la temporada seca. Debido a las características kársticas de Quintana Roo y a la marcada estacionalidad de las lluvias, muchas especies de anfibios presentan actividad principalmente durante la temporada húmeda, cuando se incrementa la disponibilidad de sitios reproductivos y microhábitats favorables.

En el caso de los reptiles, su presencia potencial se asocia tanto a zonas de vegetación secundaria y selva como a áreas abiertas, bordes de caminos, áreas agrícolas, acahuales y sitios con acumulación de materia orgánica o refugios naturales. Este grupo puede incluir especies de lagartijas, iguanas, serpientes y tortugas, algunas de ellas con amplia tolerancia a ambientes modificados y otras más dependientes de cobertura vegetal conservada. Dado que varios reptiles presentan baja movilidad o hábitos crípticos, este grupo resulta particularmente sensible durante actividades de desmonte, despalme, apertura de zanjas, circulación de maquinaria y movimiento de materiales.

Por lo tanto, el análisis de anfibios y reptiles en el SAR permitirá identificar especies potenciales, especies endémicas de la península de Yucatán, especies bajo categoría de riesgo y especies con mayor susceptibilidad a ser afectadas por las actividades del proyecto, especialmente durante las primeras etapas de intervención del terreno.

Como resultado del trabajo de gabinete, la revisión bibliográfica y la consulta de fuentes especializadas de distribución potencial, se obtuvo un listado de **22 especies de anfibios potencialmente presentes en el Sistema Ambiental Regional del proyecto BALAM SOLAR**, las cuales se agrupan taxonómicamente en **dos órdenes y nueve familias**.

El orden con mayor representatividad fue **Anura**, con **21 especies**, equivalente al **95.5%** del total estimado; mientras que el orden **Caudata** estuvo representado por **una especie**, correspondiente al **4.5%**. Lo anterior es consistente con las condiciones ambientales de la región centro-sur de Quintana Roo, donde la presencia de anfibios está asociada principalmente a cuerpos de agua temporales, zonas inundables, escurrimientos intermitentes, depresiones húmedas, aguadas y microhábitats con cobertura vegetal que favorecen refugio, alimentación y reproducción durante la temporada de lluvias.

En cuanto a la composición por familias, **Hylidae** fue la mejor representada, con **nueve especies**, seguida por **Leptodactylidae**, con **tres especies**. Las familias **Bufonidae**, **Microhylidae** y **Ranidae** estuvieron representadas por **dos especies** cada una; mientras que **Rhinophrynidae**, **Plethodontidae**, **Eleutherodactylidae** y **Craugastoridae** estuvieron representadas por **una especie** cada una. Esta composición refleja una comunidad potencial dominada por ranas arborícolas, sapos terrestres, especies asociadas a hojarasca, especies fosoriales y anfibios vinculados a ambientes húmedos temporales.

De las especies potencialmente presentes en el SAR, **siete especies** se encuentran enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, todas bajo la categoría de **sujetas a protección especial (Pr)**, lo que representa el **31.8%** del total estimado para el grupo. Entre estas especies se encuentran *Rhinophrynus dorsalis* —sapo excavador mexicano—, *Triprion petasatus* —rana cabeza de pala—, *Lithobates macroglossa* —rana de la meseta guatemalteca—, *Gastrophryne elegans* —sapo boca angosta elegante—, *Bolitoglossa yucatana* —salamandra lengua de hongo yucateca—, *Lithobates berlandieri* —rana leopardo— y *Craugastor yucatanensis* —rana ladradora yucateca—. La presencia potencial de estas especies obliga a considerar medidas preventivas durante la preparación del sitio y construcción, particularmente en actividades de desmonte, despalme, excavación, apertura de zanjas y circulación de maquinaria.

Respecto a la **Lista Roja de la UICN**, **17 especies** se encuentran clasificadas como de **preocupación menor (LC)**, equivalentes al **77.3%** del total. Asimismo, se identificó una especie en categoría

vulnerable (VU), correspondiente a *Lithobates macroglossa*; una especie en **peligro crítico (CR)**, correspondiente a *Lithobates berlandieri*; y una especie **casi amenazada (NT)**, correspondiente a *Craugastor yucatanensis*. Para dos especies no se contó con categoría UICN en el listado revisado. Adicionalmente, *Agalychnis taylori* se encuentra incluida en el **Apéndice II de CITES**, por lo que también representa una especie de interés para la evaluación ambiental.

En términos de distribución, la mayoría de las especies potenciales corresponden a especies **nativas** de la región. Destaca *Craugastor yucatanensis*, especie **endémica de la península de Yucatán**, además de estar considerada en categoría de protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y como casi amenazada por la UICN. También se registró una especie exótica-invasora, *Eleutherodactylus planirostris*, cuya presencia potencial debe considerarse en el análisis, aunque no representa un valor de conservación equivalente al de las especies nativas o endémicas.

La presencia potencial de anfibios en el SAR del proyecto **BALAM SOLAR** dependerá de la disponibilidad estacional de humedad, charcas temporales, escurrimientos, aguadas y cobertura vegetal. Debido a que este grupo presenta alta sensibilidad a la pérdida de humedad, modificación de microhábitats, compactación del suelo y contaminación del agua o del sustrato, los impactos potenciales estarán asociados principalmente con la remoción de vegetación, el movimiento de suelo, la alteración de refugios, la apertura de zanjas y el tránsito de vehículos y maquinaria. Por ello, durante las etapas de preparación del sitio y construcción deberán aplicarse medidas de prevención, ahuyentamiento, rescate y reubicación, con especial atención en individuos de baja movilidad y especies incluidas en alguna categoría de riesgo.

Es importante precisar que el listado anterior corresponde a especies **potencialmente presentes en el SAR** y no implica necesariamente su presencia efectiva dentro del área de establecimiento del proyecto. La confirmación de ocurrencia, abundancia relativa y uso del hábitat deberá sustentarse con los resultados de los recorridos de campo, registros directos e indirectos, así como con la revisión de microhábitats favorables para este grupo faunístico.

Tabla IV.11 Anfibios potencialmente presentes en el SAR

Familia	Género	Especie	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Bufonidae	*Incilius*	*Incilius valliceps*	Sapo costero	-	LC	-
Hylidae	*Trachycephalus*	*Trachycephalus typhonius*	Rana arborícola lechosa	-	-	-
Rhinophrynidae	*Rhinophrynus*	*Rhinophrynus dorsalis*	Sapo excavador mexicano	Pr	LC	-
Bufonidae	*Rhinella*	*Rhinella horribilis*	Sapo gigante	-	LC	-
Hylidae	*Smilisca*	*Smilisca baudinii*	Rana arborícola mexicana	-	LC	-
Hylidae	*Triprion*	*Triprion petasatus*	Rana cabeza de pala	Pr	LC	-
Leptodactylidae	*Leptodactylus*	*Leptodactylus melanonotus*	Ranita hojarasca	-	LC	-
Hylidae	*Agalychnis*	*Agalychnis taylori*	Rana de árbol de ojos rojos	-	LC	Apéndice II
Microhylidae	*Hypopachus*	*Hypopachus variolosus*	Rana termitera	-	LC	-
Hylidae	*Dendropsophus*	*Dendropsophus microcephalus*	Rana de árbol amarilla	-	LC	-
Hylidae	*Tlalocohyla*	*Tlalocohyla picta*	Ranita grillo	-	LC	-
Hylidae	*Scinax*	*Scinax staufferi*	Rana arborícola trompuda	-	LC	-
Ranidae	*Lithobates*	*Lithobates macroglossa*	Rana de la meseta guatemalteca	Pr	VU	-
Leptodactylidae	*Leptodactylus*	*Leptodactylus fragilis*	Rana de bigotes	-	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Microhylidae	*Gastrophryne*	*Gastrophryne elegans*	Sapo boca angosta elegante	Pr	LC	-
Hylidae	*Tlalocohyla*	*Tlalocohyla loquax*	Rana arbórea locuaz	-	LC	-
Leptodactylidae	*Engystomops*	*Engystomops pustulosus*	Ranita túngara	-	LC	-
Plethodontidae	*Bolitoglossa*	*Bolitoglossa yucatana*	Salamandra lengua de hongo yucateca	Pr	LC	-
Eleutherodactylidae	*Eleutherodactylus*	*Eleutherodactylus planirostris*	Rana chirriadora caribeña	-	-	-
Ranidae	*Lithobates*	*Lithobates berlandieri*	Rana leopardo	Pr	CR	-
Craugastoridae	*Craugastor*	*Craugastor yucatanensis*	Rana ladradora yucateca	Pr	NT	-
Hylidae	*Trachycephalus*	*Trachycephalus vermiculatus*	Rana Arborícola Vermiculada	-	LC	-

Reptiles

Como resultado del trabajo de gabinete, la revisión bibliográfica y la consulta de fuentes especializadas de distribución potencial, se obtuvo un listado de **92 especies de reptiles potencialmente presentes en el Sistema Ambiental Regional del proyecto BALAM SOLAR**, las cuales se agrupan taxonómicamente en **tres órdenes y 23 familias**.

El orden con mayor número de especies fue **Squamata**, con **81 especies**, equivalente al **88.0%** del total estimado. Este orden incluye lagartijas, iguanas, geckos, serpientes, culebras, coralillos y víboras, por lo que representa el componente herpetofaunístico más diverso dentro del SAR. Le siguió el orden **Testudines**, con **nueve especies** de tortugas dulceacuícolas y terrestres, equivalente al **9.8%**; finalmente, el orden **Crocodylia** estuvo representado por **dos especies**, equivalentes al **2.2%** del total potencial.

En cuanto a la composición por familias, las mejor representadas fueron **Colubridae** y **Dipsadidae**, con **19 especies cada una**, lo que evidencia una alta riqueza potencial de serpientes no venenosas, culebras arborícolas, terrestres, fosoriales y especies asociadas a ambientes húmedos o de hojarasca. Posteriormente se registraron **Anolidae**, con **ocho especies**; **Viperidae** y **Teiidae**, con **seis especies** cada una; y **Kinosternidae**, con **cinco especies**. Las familias restantes estuvieron representadas por entre una y tres especies, incluyendo Iguanidae, Phrynosomatidae, Scincidae, Corytophanidae, Crocodylidae, Sphaerodactylidae, Emydidae, Elapidae, Typhlopidae, Gekkonidae, Boidae, Xantusiidae, Eublepharidae, Geoemydidae, Natricidae, Phyllodactylidae y Dermatemydidae.

De las especies potencialmente presentes en el SAR, **34 especies** se encuentran enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, lo que representa el **37.0%** del total estimado para el grupo. De éstas, **21 especies** se encuentran sujetas a protección especial (**Pr**), equivalentes al **22.8%**; **10 especies** se encuentran en la categoría de amenazadas (**A**), equivalentes al **10.9%**; y **tres especies** se encuentran en peligro de extinción (**P**), equivalentes al **3.3%**. Entre las especies con categoría de riesgo destacan la iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*), la mazacuata (*Boa imperator*), la cascabel yucateca (*Crotalus tzabcan*), la iguana verde (*Iguana rhinolopha*), el cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), la tortuga yucateca de pantano (*Kinosternon creaseri*), la tortuga almizclera chopontil (*Claudius angustatus*), la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) y la iguana yucateca de cola espinosa (*Cachryx defensor*).

Respecto a la **Lista Roja de la UICN**, **73 especies** se encuentran clasificadas como de **preocupación menor (LC)**, equivalentes al **79.3%** del total potencial. Asimismo, se identificaron **cuatro especies**

casi amenazadas (NT), **dos especies vulnerables (VU)** y **una especie en peligro crítico (CR)**. Las especies en categoría vulnerable corresponden a *Cachryx defensor* y *Crocodylus acutus*, mientras que *Dermatemys mawii* se encuentra catalogada como en peligro crítico. Para **12 especies** no se contó con categoría UICN en el listado revisado.

En relación con CITES, **13 especies** se encuentran incluidas en el **Apéndice II**, lo que representa el **14.1%** del total estimado. Entre ellas se encuentran especies de iguanas, boas, cocodrilos y tortugas, grupos que suelen estar sujetos a presión por aprovechamiento, comercio o pérdida de hábitat, por lo que su posible presencia en el SAR requiere atención especial durante las actividades de campo y durante la implementación de medidas de prevención y rescate.

En cuanto a la distribución geográfica, la mayoría de las especies potenciales corresponden a especies **nativas**, con **86 especies** registradas bajo esta condición, incluyendo aquellas consideradas endémicas. Se identificaron **nueve especies endémicas**, equivalentes al **9.8%** del total potencial, entre las que se encuentran especies asociadas a la península de Yucatán o a regiones biogeográficas cercanas, como *Kinosternon creaseri*, *Cachryx defensor*, *Porthidium yucatanicum*, *Pseudelaphe phaescens*, *Sceloporus cozumelae* y *Aspidoscelis cozumela*. También se identificaron **tres especies exóticas-invasoras**, correspondientes a *Anolis sagrei*, *Hemidactylus frenatus* e *Indotyphlops braminus*.

La presencia potencial de reptiles en el SAR del proyecto **BALAM SOLAR** está estrechamente relacionada con la disponibilidad de cobertura vegetal, hojarasca, troncos caídos, cavidades, áreas abiertas, bordes de caminos, cuerpos de agua temporales o permanentes y zonas de transición entre vegetación natural y áreas agropecuarias. En este sentido, el mosaico ambiental presente en el SAR, compuesto por selvas, vegetación secundaria, áreas abiertas y superficies con intervención antrópica, puede favorecer tanto la presencia de especies generalistas tolerantes a la perturbación como de especies con requerimientos específicos de microhábitat.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, los reptiles constituyen uno de los grupos más susceptibles de afectación directa, debido a que varias especies presentan baja movilidad, hábitos fosoriales, crípticos o de refugio bajo rocas, troncos, hojarasca y cavidades del suelo. Las actividades de desmonte, despalme, apertura de zanjas, movimiento de materiales, circulación de maquinaria y nivelación del terreno pueden ocasionar desplazamiento, pérdida de refugios, lesiones o mortalidad accidental si no se aplican medidas preventivas.

Por lo anterior, para este grupo será necesario implementar acciones de **ahuyentamiento, rescate y reubicación**, con especial atención en especies de lento desplazamiento, especies venenosas que puedan representar riesgo para el personal, tortugas, iguanas y especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Asimismo, deberá capacitarse al personal para evitar la captura, manipulación inadecuada, sacrificio o extracción de individuos, particularmente en el caso de serpientes, iguanas, tortugas y cocodrilos.

Es importante precisar que el listado anterior corresponde a especies **potencialmente presentes en el SAR**, por lo que no implica necesariamente su presencia efectiva dentro del área de establecimiento del proyecto. La ocurrencia real, abundancia relativa, uso de hábitat y presencia de especies bajo categoría de riesgo deberán confirmarse mediante recorridos de campo, registros directos e indirectos, revisión de microhábitats y aplicación de los protocolos de rescate y monitoreo correspondientes.

Tabla IV.12 Reptiles potencialmente presentes en el SAR

Familia	Género	Especie	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Iguanidae	*Ctenosaura*	*Ctenosaura similis*	Iguana negra de cola espinosa	A	LC	Apéndice II
Corytophanidae	*Basiliscus*	*Basiliscus vittatus*	Toloque rayado		LC	
Anolidae	*Anolis*	*Anolis sagrei*	Abaniquillo pardo del Caribe		LC	
Gekkonidae	*Hemidactylus*	*Hemidactylus frenatus*	Besucona asiática		LC	
Viperidae	*Crotalus*	*Crotalus tzabcan*	Cascabel yucateca	Pr	LC	
Anolidae	*Anolis*	*Anolis rodriguezii*	Anolis liso del sureste		LC	
Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*Sceloporus chrysostictus*	Lagartija espinosa de puntos amarillos		LC	
Boidae	*Boa*	*Boa imperator*	Mazacuata	A	LC	Apéndice II
Xantusiidae	*Lepidophyma*	*Lepidophyma flavimaculatum*	Lagartija nocturna de puntos amarillos	Pr	LC	
Colubridae	*Leptophis*	*Leptophis mexicanus*	Culebra perico mexicana	A	LC	
Anolidae	*Anolis*	*Anolis lemurinus*	Anolis fantasma		LC	
Eublepharidae	*Coleonyx*	*Coleonyx elegans*	Geco yucateco de bandas	A	LC	
Crocodylidae	*Crocodylus*	*Crocodylus moreletii*	Cocodrilo de pantano	Pr	LC	Apéndice II
Sphaerodactylidae	*Sphaerodactylus*	*Sphaerodactylus glaucus*	Geco enano collarejo	Pr	LC	
Iguanidae	*Iguana*	*Iguana rhinolopha*	Iguana verde	Pr	LC	Apéndice II
Colubridae	*Oxybelis*	*Oxybelis fulgidus*	Culebra bejuquilla verde		LC	
Viperidae	*Bothrops*	*Bothrops asper*	Terciopelo		LC	
Dipsadidae	*Coniophanes*	*Coniophanes imperialis*	Culebra rayas negras		LC	
Geoemydidae	*Rhinoclemmys*	*Rhinoclemmys areolata*	Tortuga mojina de monte	A	NT	Apéndice II
Scincidae	*Mesoscincus*	*Mesoscincus schwartzei*	Eslizón yucateco		LC	
Colubridae	*Spilotes*	*Spilotes pullatus*	Serpiente tigre		LC	
Colubridae	*Stenorrhina*	*Stenorrhina freminvillei*	Culebra alacranera de sangre		LC	
Teiidae	*Aspidoscelis*	*Aspidoscelis angusticeps*	Huico yucateco		LC	
Anolidae	*Anolis*	*Anolis ustus*	Abaniquillo de Yucatán			
Dipsadidae	*Ninia*	*Ninia sebae*	Culebra de cafetal espalda roja		LC	
Natricidae	*Thamnophis*	*Thamnophis proximus*	Culebra acuática centroamericana	A	LC	
Teiidae	*Holcosus*	*Holcosus undulatus*	Lagartija arcoiris		LC	
Anolidae	*Anolis*	*Anolis tropidonotus*	Abaniquillo escamoso mayor		LC	
Teiidae	*Aspidoscelis*	*Aspidoscelis maslini*	Huico de la península de Yucatán	A	LC	
Emydidae	*Trachemys*	*Trachemys venusta*	Pecho de carey			
Colubridae	*Mastigodryas*	*Mastigodryas melanolomus*	Culebra lagartijera común		LC	
Dipsadidae	*Geophis*	*Geophis sartorii*	Culebra caracolera de oriente		LC	
Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*Sceloporus lundelli*	Lagartija espinosa yucateca		LC	
Dipsadidae	*Leptodeira*	*Leptodeira frenata*	Culebra ojo de gato de selva		LC	
Colubridae	*Drymobius*	*Drymobius margaritiferus*	Culebra corredora de Petatillos		LC	

Familia	Género	Especie	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Dipsadidae	*Dipsas*	*Dipsas brevifacies*	Culebra caracolera chata	Pr	LC	
Colubridae	*Leptophis*	*Leptophis ahaetulla*	Ranera perico			
Anolidae	*Anolis*	*Anolis sericeus*	Abaniquillo sedoso		LC	
Elapidae	*Micrurus*	*Micrurus apiatus*	Coralillo			
Phrynosomatidae	*Sceloporus*	*Sceloporus cozumelae*	Lagartija espinosa de Cozumel	Pr	LC	
Kinosternidae	*Kinosternon*	*Kinosternon cruentatum*		Pr		Apéndice II
Kinosternidae	*Kinosternon*	*Kinosternon creaseri*	Tortuga yucateca de pantano		NT	Apéndice II
Colubridae	*Lampropeltis*	*Lampropeltis abnorma*	Falsa coralillo real centroamericana		LC	
Scincidae	*Marisora*	*Marisora lineola*	Eslizón Maya		LC	
Dipsadidae	*Leptodeira*	*Leptodeira septentrionalis*	Escombrera manchada		LC	
Colubridae	*Drymarchon*	*Drymarchon melanurus*	Culebra arroyera de cola negra		LC	
Kinosternidae	*Staurotypus*	*Staurotypus triporcatus*	Guao tres lomos	A	NT	Apéndice II
Scincidae	*Scincella*	*Scincella cherriei*	Eslizón pardo		LC	
Teiidae	*Holcosus*	*Holcosus gaigeae*				
Colubridae	*Tantilla*	*Tantilla cuniculator*	Culebrita de collar de Petén	Pr	LC	
Dipsadidae	*Geophis*	*Geophis sanniolus*	Culebra caracolera pigmea		LC	
Corytophanidae	*Corytophanes*	*Corytophanes cristatus*	Turipache cabeza lisa	Pr	LC	
Dipsadidae	*Imantodes*	*Imantodes tenuissimus*	Culebra cordelilla yucateca	Pr	LC	
Colubridae	*Oxybelis*	*Oxybelis potosiensis*	Bejuquillo café		LC	
Colubridae	*Phrynonax*	*Phrynonax poecilonotus*	Culebra Resoplona Norteña		LC	
Typhlopidae	*Indotyphlops*	*Indotyphlops braminus*	Serpiente ciega afroasiática		LC	
Colubridae	*Drymarchon*	*Drymarchon corais*	Culebra indigo			
Dipsadidae	*Coniophanes*	*Coniophanes schmidti*	Culebra rayada yucateca		LC	
Colubridae	*Symphimus*	*Symphimus mayae*	Culebra labios blancos maya	Pr	LC	
Iguanidae	*Cachryx*	*Cachryx defensor*	Iguana yucateca de cola espinosa	P	VU	Apéndice II
Colubridae	*Tantillita*	*Tantillita canula*	Culebra ciempiés yucateca		LC	
Sphaerodactylidae	*Sphaerodactylus*	*Sphaerodactylus continentalis*	Continental Least Gecko		LC	
Phyllodactylidae	*Thecadactylus*	*Thecadactylus rapicauda*	Geco cola de nabo	Pr	LC	
Viperidae	*Agkistrodon*	*Agkistrodon russeolus*	Cantil yucateco			
Dipsadidae	*Sibon*	*Sibon nebulatus*	Culebra caracolera jaspeada		LC	
Teiidae	*Holcosus*	*Holcosus hartwegi*				
Kinosternidae	*Claudius*	*Claudius angustatus*	Tortuga almizclera chopontil	P	NT	Apéndice II
Colubridae	*Senticolis*	*Senticolis triaspis*	Culebra ratonera		LC	
Anolidae	*Anolis*	*Anolis limifrons*	Abaniquillo centroamericano			
Crocodylidae	*Crocodylus*	*Crocodylus acutus*	Cocodrilo de Río	Pr	VU	Apéndice II
Dipsadidae	*Ninia*	*Ninia diademata*	Coralillo falso		LC	
Colubridae	*Masticophis*	*Masticophis mentovarius*	Culebra chirriadora neotropical		LC	
Anolidae	*Anolis*	*Anolis beckeri*	Abaniquillo	Pr	LC	

Familia	Género	Especie	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Typhlopidae	*Amerotyphlops*	*Amerotyphlops microstomus*	Culebra ciega yucateca		LC	
Kinosternidae	*Kinosternon*	*Kinosternon leucostomum*	Tortuga pecho quebrado labios blancos	Pr		Apéndice II
Emydidae	*Trachemys*	*Trachemys scripta*	Tortuga gravada		LC	
Dipsadidae	*Coniophanes*	*Coniophanes fissidens*	Culebra vientre amarillo		LC	
Dermatemydidae	*Dermatemys*	*Dermatemys mawii*	Tortuga blanca	P	CR	Apéndice II
Teiidae	*Aspidoscelis*	*Aspidoscelis cozumela*	Huico de la isla Cozumel	A	LC	
Dipsadidae	*Geophis*	*Geophis nasalis*	Culebra minera del café	Pr	LC	
Colubridae	*Pseudelaphe*	*Pseudelaphe phaescens*	Culebra ratonera yucateca	Pr		
Dipsadidae	*Tropidodipsas*	*Tropidodipsas fasciata*	Culebra caracolera de bandas		LC	
Dipsadidae	*Adelphicos*	*Adelphicos visoninum*	Culebra cavadora mesoamericana		LC	
Dipsadidae	*Imantodes*	*Imantodes cenchoa*	Culebra cordelilla chata	Pr	LC	
Dipsadidae	*Adelphicos*	*Adelphicos quadrivirgatum*	Culebra cavadora centroamericana		LC	
Viperidae	*Porthidium*	*Porthidium yucatanicum*	Nauyaca yucateca nariz de cerdo	Pr	LC	
Dipsadidae	*Tretanorhinus*	*Tretanorhinus nigroluteus*	Culebra lagunera		LC	
Elapidae	*Micrurus*	*Micrurus limbatus*	Serpiente coralillo de Los Tuxtlas	Pr	LC	
Colubridae	*Leptophis*	*Leptophis praestans*	Culebra perico verde	A	LC	
Dipsadidae	*Coniophanes*	*Coniophanes bipunctatus*	Culebra dos puntos		LC	
Viperidae	*Crotalus*	*Crotalus simus*	Víbora cascabel tropical		LC	
Viperidae	*Crotalus*	*Crotalus triseriatus*	Cascabel transvolcánica		LC	

Aves

omo resultado del trabajo de gabinete, la revisión bibliográfica y la consulta de fuentes especializadas de distribución potencial, se obtuvo un listado de **378 especies de aves potencialmente presentes en el Sistema Ambiental Regional del proyecto BALAM SOLAR**, las cuales se agrupan taxonómicamente en **24 órdenes y 65 familias**.

El orden con mayor representatividad fue **Passeriformes**, con **180 especies**, equivalente al **47.6%** del total estimado. Este resultado es consistente con la elevada diversidad de aves canoras, insectívoras, frugívoras y granívoras asociadas a selvas tropicales, vegetación secundaria, bordes de caminos, zonas agropecuarias y áreas abiertas del centro-sur de Quintana Roo. Le siguieron los órdenes **Charadriiformes**, con **30 especies** (**7.9%**); **Accipitriformes**, con **23 especies** (**6.1%**); **Pelecaniformes**, con **19 especies** (**5.0%**); **Columbiformes**, con **16 especies** (**4.2%**); **Piciformes**, con **14 especies** (**3.7%**); y **Apodiformes**, con **12 especies** (**3.2%**). Los demás órdenes estuvieron representados por menos de 10 especies cada uno.

En cuanto a la composición por familias, las mejor representadas fueron **Tyrannidae**, con **38 especies**; **Parulidae**, con **32 especies**; **Accipitridae**, con **22 especies**; e **Icteridae**, **Columbidae** y **Cardinalidae**, con **16 especies** cada una. También destacaron **Ardeidae** y **Scolopacidae**, con **14 especies** cada una; **Thraupidae**, con **11 especies**; y **Vireonidae**, con **10 especies**. Esta composición evidencia la presencia potencial de aves asociadas a distintos estratos y ambientes, incluyendo

especies de selva, vegetación secundaria, zonas abiertas, cuerpos de agua, humedales, áreas agrícolas y bordes de caminos.

De las especies potencialmente presentes en el SAR, **80 especies** se encuentran enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, lo que representa el **21.2%** del total estimado para el grupo. De éstas, **55 especies** están sujetas a protección especial (**Pr**), equivalentes al **14.6%**; **22 especies** se encuentran en la categoría de amenazadas (**A**), equivalentes al **5.8%**; y **tres especies** se encuentran en peligro de extinción (**P**), equivalentes al **0.8%**. Entre las especies en peligro de extinción destacan el **pato real** (*Cairina moschata*), la **cigüeña jabirú** (*Jabiru mycteria*) y el **loro corona azul** (*Amazona farinosa*). Entre las especies amenazadas se registran, entre otras, el **carrao** (*Aramus guarauna*), el **tucán pico canoa** (*Ramphastos sulfuratus*), el **loro cachetes amarillos** (*Amazona autumnalis*), el **loro corona blanca** (*Pionus senilis*), el **pavón grande** (*Crax rubra*) y el **pavo ocelado** (*Meleagris ocellata*).

Respecto a la **Lista Roja de la UICN**, **343 especies** se encuentran clasificadas como de **preocupación menor (LC)**, equivalentes al **90.7%** del total potencial. Asimismo, se identificaron **15 especies casi amenazadas (NT)**, equivalentes al **4.0%**, y **seis especies vulnerables (VU)**, equivalentes al **1.6%**. Entre las especies vulnerables se encuentran *Crax rubra*, *Chaetura pelagica*, *Tringa flavipes*, *Limnodromus griseus*, *Pluvialis squatarola* y *Crypturellus boucardi*. Para **14 especies** no se contó con categoría UICN en el listado revisado.

En relación con CITES, **60 especies** se encuentran incluidas en alguno de sus apéndices, lo que representa el **15.9%** del total estimado. De éstas, **54 especies** se encuentran en el **Apéndice II**, cuatro en el **Apéndice III** y dos en el **Apéndice I**. Las especies registradas en Apéndice I corresponden al **halcón peregrino** (*Falco peregrinus*) y la **cigüeña jabirú** (*Jabiru mycteria*), por lo que se consideran de especial interés para el análisis ambiental y para la definición de medidas preventivas.

En cuanto a su distribución, el listado potencial está compuesto principalmente por especies **nativas**, con **372 especies**, equivalentes al **98.4%** del total. También se registraron **tres especies exóticas-invasoras**, correspondientes a la **paloma turca de collar** (*Streptopelia decaocto*), la **paloma doméstica o bravía** (*Columba livia*) y la **garza ganadera** (*Ardea ibis*), así como una especie exótica y dos especies sin clasificación de distribución en el listado revisado. Aunque el listado no incorpora un campo específico de endemismo, dentro del conjunto de especies destacan aves de alta relevancia regional para la península de Yucatán y el sureste mexicano, como el **pavo ocelado** (*Meleagris ocellata*) y diversas especies asociadas a selvas tropicales, humedales y ambientes de vegetación secundaria.

La presencia potencial de aves en el SAR del proyecto **BALAM SOLAR** está determinada por la heterogeneidad ambiental del área, la cual incluye remanentes de vegetación selvática, vegetación secundaria, zonas abiertas, áreas agropecuarias, caminos, escurrimientos temporales y cuerpos de agua regionales. Esta variedad de ambientes permite la presencia de aves residentes, especies con desplazamientos locales, aves asociadas a ambientes acuáticos y especies migratorias o transitorias. Particularmente, la presencia de familias como **Parulidae**, **Scolopacidae**, **Anatidae**, **Laridae** y **Ardeidae** sugiere la importancia de considerar la estacionalidad, ya que varias especies de estos grupos pueden incrementar su presencia durante periodos migratorios o en función de la disponibilidad temporal de agua y alimento.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, las aves pueden verse afectadas principalmente por el retiro de vegetación, la pérdida temporal de sitios de refugio, alimentación o anidación, el incremento de ruido, el tránsito de maquinaria y la presencia de personal. No obstante, debido a su capacidad de desplazamiento, se prevé que la mayoría de las especies pueda alejarse

temporalmente de los frentes de obra hacia áreas adyacentes con condiciones similares de vegetación o cobertura.

Durante la etapa de operación, los impactos potenciales estarán relacionados principalmente con la presencia de infraestructura eléctrica, cercados, módulos fotovoltaicos y líneas de evacuación. En este sentido, deberán considerarse riesgos puntuales de colisión o electrocución para aves rapaces, aves acuáticas de gran tamaño, especies planeadoras y aves con patrones de vuelo a baja o mediana altura. Asimismo, aunque la literatura técnica no permite generalizar efectos negativos por deslumbramiento o "efecto lago" en plantas fotovoltaicas, resulta pertinente mantener medidas de monitoreo, especialmente durante los primeros años de operación.

Por lo anterior, para este grupo será necesario implementar medidas de prevención y manejo, tales como recorridos previos al desmonte para identificar nidos activos, aplicación de desmonte gradual, restricción de actividades en áreas no autorizadas, capacitación del personal, prohibición de captura o daño a fauna silvestre, señalización interna, control de velocidad vehicular, diseño seguro de infraestructura eléctrica y monitoreo de colisiones durante la operación del parque fotovoltaico.

Es importante precisar que el listado anterior corresponde a especies **potencialmente presentes en el SAR**, por lo que no implica necesariamente su presencia efectiva dentro del área de establecimiento del proyecto. La ocurrencia real, abundancia relativa, estacionalidad, uso del hábitat y presencia de especies bajo categoría de riesgo deberán confirmarse mediante recorridos de campo, registros directos e indirectos, observación de puntos de actividad, búsqueda de nidos, identificación de rutas locales de vuelo y aplicación de los protocolos de monitoreo correspondientes.

Tabla IV.13 Aves potencialmente presentes en el SAR

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Icteridae	*Quiscalus*	*Quiscalus mexicanus*	Zanate mexicano	-	LC	-
Tyrannidae	*Myiozetetes*	*Myiozetetes similis*	Luisito Común	-	LC	-
Tyrannidae	*Pitangus*	*Pitangus sulphuratus*	Bienteveo Común	-	LC	-
Columbidae	*Zenaida*	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	-	LC	-
Icteridae	*Dives*	*Dives dives*	Tordo cantor	-	LC	-
Corvidae	*Cyanocorax*	*Cyanocorax morio*	Piapia	-	LC	-
Picidae	*Melanerpes*	*Melanerpes aurifrons*	Carpintero cheje	-	LC	-
Hirundinidae	*Tachycineta*	*Tachycineta albilinea*	Golondrina manglera	-	LC	-
Mimidae	*Mimus*	*Mimus gilvus*	Centzontle tropical	-	LC	-
Cracidae	*Ortalis*	*Ortalis vetula*	Chachalaca Oriental	-	LC	Apéndice III
Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	-	LC	-
Accipitridae	*Rostrhamus*	*Rostrhamus sociabilis*	Gavilán caracolero	Pr	LC	Apéndice II
Cathartidae	*Coragyps*	*Coragyps atratus*	Zopilote común	-	LC	-
Turdidae	*Turdus*	*Turdus grayi*	Mirlo Café	-	LC	-
Cathartidae	*Cathartes*	*Cathartes aura*	Zopilote aura	-	LC	-
Psittacidae	*Eupsittula*	*Eupsittula nana*	Perico pecho sucio	Pr	-	Apéndice II
Columbidae	*Patagioenas*	*Patagioenas flavirostris*	Paloma morada	-	LC	-
Aramidae	*Aramus*	*Aramus guarauna*	Carrao	A	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Tityridae	*Tityra*	*Tityra semifasciata*	Titira Puerquito	-	LC	-
Icteridae	*Icterus*	*Icterus cucullatus*	Calandria Dorso Negro Menor	-	LC	-
Icteridae	*Icterus*	*Icterus gularis*	Calandria Dorso Negro Mayor	-	LC	-
Trogonidae	*Trogon*	*Trogon melanocephalus*	Coa Cabeza Negra	-	LC	-
Thraupidae	*Saltator*	*Saltator atriceps*	Saltador Cabeza Negra	-	LC	-
Psittacidae	*Amazona*	*Amazona albifrons*	Loro frente blanca	Pr	LC	Apéndice II
Phalacrocoracidae	*Nannopterum*	*Nannopterum brasilianum*	Cormorán Neotropical	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo*	*Vireo griseus*	Vireo Ojos Blancos	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga magnolia*	Chipe de Magnolias	-	LC	-
Apodidae	*Chaetura*	*Chaetura vauxi*	Vencejo de Vaux	-	LC	-
Columbidae	*Columbina*	*Columbina talpacoti*	Tortolita Canela	-	LC	-
Tyrannidae	*Megarynchus*	*Megarynchus pitangua*	Luis pico grueso	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga petechia*	Chipe amarillo	-	LC	-
Cardinalidae	*Piranga*	*Piranga rubra*	Piranga roja	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga dominica*	Chipe garganta amarilla	-	LC	-
Accipitridae	*Rupornis*	*Rupornis magnirostris*	Aguililla caminera	-	LC	Apéndice II
Corvidae	*Cyanocorax*	*Cyanocorax yucatanicus*	Chara yucateca	-	LC	-
Strigidae	*Glaucidium*	*Glaucidium brasilianum*	Tecolote bajeño	-	LC	Apéndice II
Troglodytidae	*Pheugopedius*	*Pheugopedius maculipectus*	Saltapared Moteado	-	LC	-
Cuculidae	*Piaya*	*Piaya cayana*	Cuclillo Canelo	-	LC	-
Columbidae	*Streptopelia*	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca de collar	-	LC	-
Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus couchii*	Tirano Cuir	-	LC	-
Cardinalidae	*Driophlox*	*Driophlox fuscicauda*	Tangara-hormiguera garganta roja	-	LC	-
Cuculidae	*Crotophaga*	*Crotophaga sulcirostris*	Garrapatero pijuy	-	LC	-
Hirundinidae	*Progne*	*Progne chalybea*	Golondrina Pecho Gris	-	LC	-
Thraupidae	*Saltator*	*Saltator grandis*	Saltador gris mesoamericano	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga citrina*	Chipe encapuchado	-	LC	-
Alcedinidae	*Megaceryle*	*Megaceryle torquata*	Martín pescador de collar	-	LC	-
Anatidae	*Aythya*	*Aythya affinis*	Pato Boludo Menor	-	LC	-
Thraupidae	*Sporophila*	*Sporophila morelleti*	Semillero de collar	-	LC	-
Trochilidae	*Amazilia*	*Amazilia rutila*	Colibrí Canelo	-	LC	Apéndice II
Columbidae	*Leptotila*	*Leptotila verreauxi*	Paloma arroyera	-	LC	-
Mimidae	*Dumetella*	*Dumetella carolinensis*	Maullador gris	-	LC	-
Ramphastidae	*Pteroglossus*	*Pteroglossus torquatus*	Tucancillo collarejo	Pr	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Ardeidae	*Ardea*	*Ardea alba*	Garza blanca	-	LC	-
Thraupidae	*Thraupis*	*Thraupis abbas*	Tangara Alas Amarillas	-	-	-
Ramphastidae	*Ramphastos*	*Ramphastos sulfuratus*	Tucán pico canoa	A	NT	Apéndice II
Fringillidae	*Euphonia*	*Euphonia hirundinacea*	Eufonia garganta amarilla	-	LC	-
Parulidae	*Mniotilta*	*Mniotilta varia*	Chipe trepador	-	LC	-
Thraupidae	*Thraupis*	*Thraupis episcopus*	Tangara azulgrís	-	-	-
Picidae	*Dryocopus*	*Dryocopus lineatus*	Carpintero lineado	-	-	-
Icteridae	*Icterus*	*Icterus prosthemelas*	Calandria Caperuza Negra	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga ruticilla*	Pavito Migratorio	-	LC	-
Momotidae	*Momotus*	*Momotus lessonii*	Momoto Corona Negra	-	LC	-
Columbidae	*Columba*	*Columba livia*	Paloma asiática bravía	-	LC	-
Tityridae	*Pachyramphus*	*Pachyramphus aglaiae*	Cabezón Degollado	-	LC	-
Ardeidae	*Ardea*	*Ardea ibis*	Garza ganadera	-	LC	-
Tyrannidae	*Myiarchus*	*Myiarchus tuberculifer*	Papamoscas triste	-	LC	-
Thraupidae	*Tiaris*	*Tiaris olivaceus*	Semillero oliváceo	-	LC	-
Vireonidae	*Cyclarhis*	*Cyclarhis gujanensis*	Vireón Cejas Canela	-	LC	-
Hirundinidae	*Stelgidopteryx*	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	-	LC	-
Icteridae	*Amblycercus*	*Amblycercus holosericeus*	Cacique pico claro	-	LC	-
Ciconiidae	*Mycteria*	*Mycteria americana*	Cigüeña americana	Pr	LC	-
Corvidae	*Cyanocorax*	*Cyanocorax yncas*	Chara verde	-	LC	-
Trochilidae	*Chlorestes*	*Chlorestes candida*	Colibrí cándido	-	LC	Apéndice II
Trochilidae	*Amazilia*	*Amazilia tzacatl*	Colibrí Cola Canela	-	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Tolmomyias*	*Tolmomyias sulphurescens*	Mosquerito Ojos Blancos	-	LC	-
Ardeidae	*Egretta*	*Egretta caerulea*	Garceta Azul	-	LC	-
Picidae	*Melanerpes*	*Melanerpes pygmaeus*	Carpintero yucateco	-	LC	-
Psittacidae	*Amazona*	*Amazona autumnalis*	Loro Cachetes Amarillos	A	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Myiarchus*	*Myiarchus tyrannulus*	Papamoscas Gritón	-	LC	-
Ardeidae	*Butorides*	*Butorides virescens*	Garcita Verde	-	LC	-
Vireonidae	*Pachysylvia*	*Pachysylvia decurtata*	Vireocillo Cabeza Gris	Pr	LC	-
Picidae	*Colaptes*	*Colaptes rubiginosus*	Carpintero Olivo	-	LC	-
Jacanidae	*Jacana*	*Jacana spinosa*	Jacana norteña	-	LC	-
Ardeidae	*Egretta*	*Egretta thula*	Garza dedos dorados	-	LC	-
Furnariidae	*Xiphorhynchus*	*Xiphorhynchus flavigaster*	Trepatroncos bigotudo	-	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga americana*	Chipe Pecho Manchado	-	LC	-
Icteridae	*Icterus*	*Icterus spurius*	Calandria Castaña	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo*	*Vireo flavoviridis*	Vireo verdeamarillo	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo*	*Vireo pallens*	Vireo manglero	Pr	LC	-
Passerellidae	*Arremonops*	*Arremonops chloronotus*	Rascador dorso verde	-	LC	-
Thraupidae	*Volatinia*	*Volatinia jacarina*	Semillero brincador	-	LC	-
Trogonidae	*Trogon*	*Trogon caligatus*	Coa Violácea Norteña	-	-	-
Vireonidae	*Vireo*	*Vireo flavifrons*	Vireo Garganta Amarilla	-	LC	-
Ardeidae	*Ardea*	*Ardea herodias*	Garza morena	-	LC	-
Falconidae	*Herpetotheres*	*Herpetotheres cachinnans*	Halcón guaco	-	LC	Apéndice II
Laridae	*Thalasseus*	*Thalasseus maximus*	Charrán real	-	LC	-
Tyrannidae	*Empidonax*	*Empidonax minimus*	Papamoscas Chico	-	LC	-
Icteridae	*Icterus*	*Icterus mesomelas*	Calandria Cola Amarilla	-	LC	-
Icteridae	*Molothrus*	*Molothrus aeneus*	Tordo Ojos Rojos	-	LC	-
Podicipedidae	*Podilymbus*	*Podilymbus podiceps*	Zambullidor pico grueso	-	LC	-
Accipitridae	*Buteo*	*Buteo plagiatus*	Aguililla gris	-	LC	Apéndice II
Turdidae	*Hylocichla*	*Hylocichla mustelina*	Zorzal Moteado	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga virens*	Chipe dorso verde	-	LC	-
Cardinalidae	*Cyanocompsa*	*Cyanocompsa parellina*	Colorín azulnegro	-	LC	-
Icteridae	*Icterus*	*Icterus auratus*	Calandria Dorso Naranja	-	LC	-
Trochilidae	*Cynanthus*	*Cynanthus canivetii*	Esmeralda tijereta	-	LC	Apéndice II
Tityridae	*Tityra*	*Tityra inquisitor*	Titira pico negro	-	LC	-
Thamnophilidae	*Thamnophilus*	*Thamnophilus doliatus*	Batará barrado	-	LC	-
Tyrannidae	*Attila*	*Attila spadiceus*	Mosquero Atila	-	LC	-
Cardinalidae	*Passerina*	*Passerina cyanea*	Colorín azul	-	LC	-
Parulidae	*Geothlypis*	*Geothlypis trichas*	Mascarita común	-	LC	-
Icteridae	*Icterus*	*Icterus galbula*	Calandria de Baltimore	-	LC	-
Picidae	*Campephilus*	*Campephilus guatemalensis*	Carpintero Pico Plateado	Pr	LC	-
Cardinalidae	*Piranga*	*Piranga roseogularis*	Piranga Yucateca	-	LC	-
Trochilidae	*Amazilia*	*Amazilia yucatanensis*	Colibrí Vientre Canelo	-	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Myiodynastes*	*Myiodynastes luteiventris*	Papamoscas Rayado Común	-	LC	-
Scolopacidae	*Actitis*	*Actitis macularius*	Playero alzacolita	-	LC	-
Hirundinidae	*Tachycineta*	*Tachycineta bicolor*	Golondrina bicolor	-	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Psittacidae	*Pionus*	*Pionus senilis*	Loro corona blanca	A	LC	Apéndice II
Trochilidae	*Anthracothorax*	*Anthracothorax prevostii*	Colibrí garganta negra	-	LC	Apéndice II
Cardinalidae	*Cardinalis*	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal rojo	-	LC	-
Pandionidae	*Pandion*	*Pandion haliaetus*	Águila Pescadora	-	LC	Apéndice II
Troglodytidae	*Uropsila*	*Uropsila leucogastra*	Saltapared Vientre Blanco	-	LC	-
Cathartidae	*Cathartes*	*Cathartes burrovianus*	Zopilote sabanero	Pr	LC	-
Icteridae	*Icterus*	*Icterus chrysater*	Calandria Dorso Amarillo	-	LC	-
Anatidae	*Aythya*	*Aythya collaris*	Pato pico anillado	-	LC	-
Hirundinidae	*Hirundo*	*Hirundo rustica*	Golondrina tijereta	-	LC	-
Threskiornithidae	*Platalea*	*Platalea ajaja*	Espátula rosada	-	LC	-
Thraupidae	*Cyanerpes*	*Cyanerpes cyaneus*	Mielero Patas Rojas	-	LC	-
Phalacrocoracidae	*Nannopterum*	*Nannopterum auritum*	Cormorán orejudo	-	LC	-
Mimidae	*Melanoptila*	*Melanoptila glabrirostris*	Maullador negro	Pr	LC	-
Anatidae	*Cairina*	*Cairina moschata*	Pato real	P	LC	-
Passerellidae	*Arremonops*	*Arremonops rufivirgatus*	Rascador oliváceo	-	LC	-
Tyrannidae	*Elaenia*	*Elaenia flavogaster*	Mosquero Elaenia Copetón	-	LC	-
Trochilidae	*Archilochus*	*Archilochus colubris*	Colibrí garganta rubí	-	LC	Apéndice II
Alcedinidae	*Megaceryle*	*Megaceryle alcyon*	Martín pescador norteño	-	LC	-
Columbidae	*Columbina*	*Columbina passerina*	Tortolita Pico Rojo	-	LC	-
Fregatidae	*Fregata*	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	-	LC	-
Tinamidae	*Crypturellus*	*Crypturellus cinnamomeus*	Tinamú canelo	Pr	LC	-
Polioptilidae	*Ramphocaenus*	*Ramphocaenus melanurus*	Saltón Picudo	-	LC	-
Anatidae	*Spatula*	*Spatula discors*	Cerceta Alas Azules	-	LC	-
Falconidae	*Falco*	*Falco rufigularis*	Halcón murcielaguero	-	LC	Apéndice II
Icteridae	*Psarocolius*	*Psarocolius montezuma*	Oropéndola de Moctezuma	Pr	LC	-
Bucconidae	*Notharchus*	*Notharchus hyperrhynchus*	Buco de collar	A	LC	-
Tyrannidae	*Myiopagis*	*Myiopagis viridicata*	Mosquerito Verdoso	-	LC	-
Trochilidae	*Pampa*	*Pampa curvipennis*	Fandanguero mexicano	-	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Myiarchus*	*Myiarchus yucatanensis*	Papamoscas yucateco	-	LC	-
Tyrannidae	*Oncostoma*	*Oncostoma cinereigulare*	Mosquerito Pico Curvo	-	LC	-
Cardinalidae	*Habia*	*Habia rubica*	Piranga Hormiguera Corona Roja	-	LC	-
Furnariidae	*Dendrocincla*	*Dendrocincla homochroa*	Trepatroncos Canelo	-	LC	-
Cardinalidae	*Passerina*	*Passerina caerulea*	Picogordo azul	-	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Cardinalidae	*Pheucticus*	*Pheucticus ludovicianus*	Picogordo Degollado	-	LC	-
Parulidae	*Seiurus*	*Seiurus aurocapilla*	Chipe suelero	-	LC	-
Thraupidae	*Eucometis*	*Eucometis penicillata*	Tangara Cabeza Gris	Pr	LC	-
Falconidae	*Micrastur*	*Micrastur semitorquatus*	Halcón Selvático de Collar	Pr	LC	Apéndice II
Pelecanidae	*Pelecanus*	*Pelecanus occidentalis*	Pelícano café	-	LC	-
Tyrannidae	*Camptostoma*	*Camptostoma imberbe*	Mosquerito Chillón	-	LC	-
Parulidae	*Parkesia*	*Parkesia noveboracensis*	Chipe charquero	-	LC	-
Furnariidae	*Dendrocincla*	*Dendrocincla anabatina*	Trepatroncos sepia	Pr	LC	-
Parulidae	*Protonotaria*	*Protonotaria citrea*	Chipe dorado	-	LC	-
Rallidae	*Aramides*	*Aramides albiventris*	Rascón nuca canela	-	LC	-
Accipitridae	*Buteo*	*Buteo brachyurus*	Aguililla cola corta	-	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Myiarchus*	*Myiarchus crinitus*	Papamoscas viajero	-	LC	-
Recurvirostridae	*Himantopus*	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana	-	-	-
Momotidae	*Eumomota*	*Eumomota superciliosa*	Momoto Cejas Azules	-	LC	-
Anatidae	*Dendrocygna*	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	-	LC	Apéndice III
Tyrannidae	*Platyrinchus*	*Platyrinchus cancrominus*	Mosquerito Pico Chato	Pr	LC	-
Columbidae	*Claravis*	*Claravis pretiosa*	Tórtola azul	-	LC	-
Tyrannidae	*Contopus*	*Contopus cinereus*	Papamosca tropical	-	-	-
Ardeidae	*Tigrisoma*	*Tigrisoma mexicanum*	Garza tigre mexicana	Pr	LC	-
Alcedinidae	*Chloroceryle*	*Chloroceryle americana*	Martín pescador verde	-	LC	-
Picidae	*Dryobates*	*Dryobates fumigatus*	Carpintero café	-	-	-
Parulidae	*Geothlypis*	*Geothlypis formosa*	Chipe patilludo	-	LC	-
Furnariidae	*Sittasomus*	*Sittasomus griseicapillus*	Trepatroncos Cabeza Gris	-	-	-
Tyrannidae	*Rhynchocyclus*	*Rhynchocyclus brevirostris*	Mosquerito Pico Plano	-	LC	-
Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus tyrannus*	Tirano dorso negro	-	LC	-
Caprimulgidae	*Nyctidromus*	*Nyctidromus albicollis*	Chotacabras pauraque	-	LC	-
Threskiornithidae	*Eudocimus*	*Eudocimus albus*	Ibis Blanco	-	LC	-
Tyrannidae	*Pyrocephalus*	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero cardenal	-	LC	-
Odontophoridae	*Colinus*	*Colinus nigrogularis*	Codorniz yucateca	-	LC	-
Columbidae	*Patagioenas*	*Patagioenas cayennensis*	Paloma Colorada	-	LC	-
Parulidae	*Helmitheros*	*Helmitheros vermivorum*	Chipe gusanero	-	LC	-
Anhingidae	*Anhinga*	*Anhinga anhinga*	Aninga americana	-	LC	-
Tyrannidae	*Contopus*	*Contopus virens*	Papamoscas del Este	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo*	*Vireo olivaceus*	Vireo Ojos Rojos	-	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Nyctibiidae	*Nyctibius*	*Nyctibius jamaicensis*	Pájaro Estaca Norteño	-	LC	-
Hirundinidae	*Progne*	*Progne subis*	Golondrina azulnegra	-	LC	-
Troglodytidae	*Troglodytes*	*Troglodytes musculus*		-	-	-
Strigidae	*Megascops*	*Megascops guatemalae*	Tecolote sapo	-	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Geranospiza*	*Geranospiza caerulescens*	Gavilán zancón	A	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Elanus*	*Elanus leucurus*	Milano cola blanca	-	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus savana*	Tirano Tijereta Gris	-	LC	-
Polioptilidae	*Polioptila*	*Polioptila bilineata*	Perlita cejiancha	Pr	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga coronata*	Chipe rabadilla amarilla	-	LC	-
Ardeidae	*Egretta*	*Egretta tricolor*	Garza Tricolor	-	LC	-
Rallidae	*Porphyrio*	*Porphyrio martinicus*	Gallineta morada	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo*	*Vireo magister*	Vireo yucateco	-	LC	-
Laridae	*Leucophaeus*	*Leucophaeus atricilla*	Gaviota reidora	-	LC	-
Fringillidae	*Euphonia*	*Euphonia affinis*	Eufonia garganta negra	-	LC	-
Furnariidae	*Dendrocolaptes*	*Dendrocolaptes sanctithomae*	Trepatroncos barrado	Pr	LC	-
Caprimulgidae	*Chordeiles*	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	-	LC	-
Charadriidae	*Charadrius*	*Charadrius vociferus*	Chorlo tildío	-	NT	-
Tyrannidae	*Legatus*	*Legatus leucophaius*	Papamoscas Rayado Chico	-	LC	-
Strigidae	*Strix*	*Strix virgata*	Búho café	-	LC	Apéndice II
Rallidae	*Fulica*	*Fulica americana*	Gallareta americana	-	LC	-
Pipridae	*Ceratopipra*	*Ceratopipra mentalis*	Saltarín Cabeza Roja	-	LC	-
Formicariidae	*Formicarius*	*Formicarius moniliger*	Hormiguero Cholino Maya	-	LC	-
Falconidae	*Falco*	*Falco sparverius*	Cernícalo americano	-	LC	Apéndice II
Scolopacidae	*Tringa*	*Tringa solitaria*	Playero Solitario	-	LC	-
Parulidae	*Vermivora*	*Vermivora cyanoptera*	Chipe Alas Azules	-	LC	-
Accipitridae	*Buteogallus*	*Buteogallus anthracinus*	Aguililla Negra Menor	Pr	LC	Apéndice II
Scolopacidae	*Tringa*	*Tringa melanoleuca*	Patamarilla mayor	-	NT	-
Icteridae	*Sturnella*	*Sturnella magna*	Pradero Tortillaconchile	-	NT	-
Icteriidae	*Icteria*	*Icteria virens*	Chipe Grande	-	LC	-
Falconidae	*Falco*	*Falco peregrinus*	Halcón Peregrino	Pr	LC	Apéndice I
Fringillidae	*Spinus*	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	-	LC	-
Accipitridae	*Buteogallus*	*Buteogallus urubitinga*	Aguililla Negra Mayor	Pr	LC	Apéndice II
Tityridae	*Pachyramphus*	*Pachyramphus major*	Cabezón Mexicano	-	LC	-
Podicipedidae	*Tachybaptus*	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor Menor	Pr	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Cardinalidae	*Granatellus*	*Granatellus sallaei*	Granatelo yucateco	-	LC	-
Troglodytidae	*Thryothorus*	*Thryothorus ludovicianus*	Saltapared de Carolina	-	LC	-
Columbidae	*Patagioenas*	*Patagioenas speciosa*	Paloma Escamosa	Pr	LC	-
Rallidae	*Gallinula*	*Gallinula galeata*	Gallineta Frente Roja	-	LC	-
Polioptilidae	*Polioptila*	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris	-	LC	-
Parulidae	*Leiothlypis*	*Leiothlypis peregrina*	Chipe peregrino	-	LC	-
Ardeidae	*Cochlearius*	*Cochlearius cochlearius*	Garza cucharón	-	LC	-
Cuculidae	*Coccyzus*	*Coccyzus minor*	Cuclillo manglero	-	LC	-
Columbidae	*Leptotila*	*Leptotila jamaicensis*	Paloma caribeña	-	LC	-
Parulidae	*Geothlypis*	*Geothlypis poliocephala*	Mascarita pico grueso	-	LC	-
Accipitridae	*Geranoaetus*	*Geranoaetus albicaudatus*	Aguililla cola blanca	Pr	LC	Apéndice II
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga palmarum*	Chipe playero	-	LC	-
Laridae	*Hydroprogne*	*Hydroprogne caspia*	Charrán del Caspio	-	LC	-
Ardeidae	*Nyctanassa*	*Nyctanassa violacea*	Garza Nocturna Corona Clara	-	LC	-
Threskiornithidae	*Plegadis*	*Plegadis falcinellus*	Ibis cara oscura	-	LC	-
Rallidae	*Laterallus*	*Laterallus ruber*	Polluela Canela	-	LC	-
Turdidae	*Catharus*	*Catharus ustulatus*	Zorzal de Anteojos	-	LC	-
Ardeidae	*Nycticorax*	*Nycticorax nycticorax*	Garza Nocturna Corona Negra	-	LC	-
Tytonidae	*Tyto*	*Tyto furcata*	Lechuza de campanario	-	LC	Apéndice II
Vireonidae	*Tunchiornis*	*Tunchiornis ochraceiceps*	Vireocillo Corona Canela	Pr	LC	-
Cardinalidae	*Passerina*	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores	Pr	LC	-
Accipitridae	*Chondrohierax*	*Chondrohierax uncinatus*	Gavilán Pico de Gancho	Pr	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Poecilotriccus*	*Poecilotriccus sylvia*	Mosquerito Espatulilla Gris	-	LC	-
Accipitridae	*Leptodon*	*Leptodon cayanensis*	Gavilán cabeza gris	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Elanoides*	*Elanoides forficatus*	Milano tijereta	Pr	LC	Apéndice II
Caprimulgidae	*Nyctiphrynus*	*Nyctiphrynus yucatanicus*	Tapacaminos Huil	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga pensylvanica*	Chipe Flancos Castaños	-	LC	-
Cracidae	*Crax*	*Crax rubra*	Pavón Grande	A	VU	Apéndice III
Picidae	*Dryobates*	*Dryobates scalaris*	Carpintero mexicano	-	LC	-
Scolopacidae	*Calidris*	*Calidris minutilla*	Playero Diminuto	-	NT	-
Apodidae	*Chaetura*	*Chaetura pelagica*	Vencejo de Chimenea	-	VU	-
Falconidae	*Falco*	*Falco columbarius*	Halcón esmerejón	-	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus forficatus*	Tirano tijereta rosado	-	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Cardinalidae	*Cyanoloxia*	*Cyanoloxia cyanoides*	Picogordo Azulnegro	-	LC	-
Icteridae	*Agelaius*	*Agelaius phoeniceus*	Tordo sargento	-	LC	-
Alcedinidae	*Chloroceryle*	*Chloroceryle aenea*	Martín pescador enano	-	LC	-
Thraupidae	*Saltator*	*Saltator maximus*	Saltador Garganta Ocre	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga fusca*	Chipe garganta naranja	-	LC	-
Tyrannidae	*Mionectes*	*Mionectes oleagineus*	Mosquerito Ocre	-	LC	-
Parulidae	*Parkesia*	*Parkesia motacilla*	Chipe arroyero	-	LC	-
Odontophoridae	*Dactylortyx*	*Dactylortyx thoracicus*	Codorniz silbadora	Pr	LC	-
Cardinalidae	*Piranga*	*Piranga olivacea*	Piranga escarlata	-	LC	-
Accipitridae	*Buteo*	*Buteo albonotatus*	Aguililla aura	Pr	LC	Apéndice II
Onychorhynchidae	*Myiobius*	*Myiobius sulphureipygius*	Mosquerito Rabadilla Amarilla	-	LC	-
Pelecanidae	*Pelecanus*	*Pelecanus erythrorhynchos*	Pelícano Blanco Americano	-	LC	-
Picidae	*Sphyrapicus*	*Sphyrapicus varius*	Carpintero Moteado	-	LC	-
Troglodytidae	*Henicorhina*	*Henicorhina leucosticta*	Saltapared Pecho Blanco	-	LC	-
Tyrannidae	*Empidonax*	*Empidonax alnorum*	Papamoscas Ailero	-	LC	-
Accipitridae	*Busarellus*	*Busarellus nigricollis*	Aguililla canela	Pr	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Empidonax*	*Empidonax flaviventris*	Papamoscas Vientre Amarillo	-	LC	-
Picidae	*Celeus*	*Celeus castaneus*	Carpintero castaño	Pr	LC	-
Trochilidae	*Phaethornis*	*Phaethornis striigularis*	Colibrí Ermitaño Enano	Pr	LC	Apéndice II
Cuculidae	*Dromococcyx*	*Dromococcyx phasianellus*	Cuclillo Faisán	-	LC	-
Columbidae	*Patagioenas*	*Patagioenas nigrirostris*	Paloma triste	Pr	LC	-
Phasianidae	*Meleagris*	*Meleagris ocellata*	Pavo o guajolote ocelado	A	NT	Apéndice III
Ciconiidae	*Jabiru*	*Jabiru mycteria*	Cigüeña jabirú	P	LC	Apéndice I
Furnariidae	*Synallaxis*	*Synallaxis erythrothorax*	Hormiguero Pepito	-	LC	-
Falconidae	*Micrastur*	*Micrastur ruficollis*	Halcón Selvático Barrado	Pr	LC	Apéndice II
Hirundinidae	*Petrochelidon*	*Petrochelidon fulva*	Golondrina pueblera	-	LC	-
Scolopacidae	*Tringa*	*Tringa flavipes*	Patamarilla menor	-	VU	-
Furnariidae	*Xenops*	*Xenops minutus*	Picolezna Común	-	-	-
Bombycillidae	*Bombycilla*	*Bombycilla cedrorum*	Chinito	-	LC	-
Laridae	*Thalasseus*	*Thalasseus sandvicensis*	Charrán de Sandwich	-	LC	-
Strigidae	*Strix*	*Strix nigrolineata*	Búho blanquinegro	A	LC	Apéndice II
Columbidae	*Columbina*	*Columbina minuta*	Tortolita Pecho Liso	-	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Scolopacidae	*Arenaria*	*Arenaria interpres*	Vuelvepiedras Rojizo	-	NT	-
Parulidae	*Basileuterus*	*Basileuterus culicivorus*	Chipe Cejas Negras	-	LC	-
Tyrannidae	*Elaenia*	*Elaenia martinica*	Mosquero Elenia Caribeño	-	LC	-
Parulidae	*Limnothlypis*	*Limnothlypis swainsonii*	Chipe corona café	Pr	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga castanea*	Chipe castaño	-	LC	-
Tyrannidae	*Myiodynastes*	*Myiodynastes maculatus*	Papamoscas Rayado Cheje	-	LC	-
Tyrannidae	*Todirostrum*	*Todirostrum cinereum*	Mosquerito Espatulilla Común	-	LC	-
Caprimulgidae	*Chordeiles*	*Chordeiles minor*	Chotacabras zumbón	-	LC	-
Apodidae	*Panyptila*	*Panyptila cayennensis*	Vencejo tijereta menor	Pr	LC	-
Galbulidae	*Galbula*	*Galbula ruficauda*	Jacamar Cola Canela	A	LC	-
Rallidae	*Porzana*	*Porzana carolina*	Polluela Sora	-	LC	-
Accipitridae	*Harpagus*	*Harpagus bidentatus*	Gavilán bidentado	Pr	LC	Apéndice II
Tityridae	*Schiffornis*	*Schiffornis veraepacis*	Flautín Cabezón Mesoamericano	-	LC	-
Strigidae	*Bubo*	*Bubo virginianus*	Búho cornudo	-	LC	Apéndice II
Hirundinidae	*Riparia*	*Riparia riparia*	Golondrina ribereña	-	LC	-
Scolopacidae	*Limnodromus*	*Limnodromus griseus*	Costurero pico corto	-	VU	-
Accipitridae	*Ictinia*	*Ictinia plumbea*	Milano plomizo	Pr	LC	Apéndice II
Icteridae	*Molothrus*	*Molothrus oryzivorus*	Tordo gigante	-	LC	-
Psittacidae	*Amazona*	*Amazona xantholora*	Loro yucateco	A	LC	Apéndice II
Scolopacidae	*Calidris*	*Calidris pusilla*	Playero semipalmeado	-	NT	-
Accipitridae	*Astur*	*Astur bicolor*		A	LC	Apéndice II
Caprimulgidae	*Antrostomus*	*Antrostomus badius*	Tapacaminos Yucateco	-	LC	-
Thraupidae	*Lanio*	*Lanio aurantius*	Tangara Capucha Negra	Pr	LC	-
Columbidae	*Patagioenas*	*Patagioenas leucocephala*	Paloma corona blanca	A	NT	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga pinus*	Chipe pinero	-	LC	-
Anatidae	*Spatula*	*Spatula clypeata*	Pato cucharón norteño	-	LC	-
Tinamidae	*Tinamus*	*Tinamus major*	Tinamú mayor	A	LC	-
Hirundinidae	*Petrochelidon*	*Petrochelidon pyrrhonota*	Golondrina risquera	-	LC	-
Accipitridae	*Buteo*	*Buteo jamaicensis*	Aguililla cola roja	-	LC	Apéndice II
Charadriidae	*Charadrius*	*Charadrius semipalmatus*	Chorlo semipalmeado	-	LC	-
Odontophoridae	*Odontophorus*	*Odontophorus guttatus*	Codorniz bolonchaco	Pr	LC	-
Passerellidae	*Passerculus*	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión sabanero	-	LC	-

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Parulidae	*Vermivora*	*Vermivora chrysoptera*	Chipe Alas Amarillas	-	NT	-
Trogonidae	*Trogon*	*Trogon collaris*	Coa de Collar	Pr	LC	-
Turdidae	*Catharus*	*Catharus minimus*	Zorzal cara gris	-	LC	-
Recurvirostridae	*Recurvirostra*	*Recurvirostra americana*	Avoceta americana	-	LC	-
Cardinalidae	*Spiza*	*Spiza americana*	Arrocero americano	-	LC	-
Ramphastidae	*Aulacorhynchus*	*Aulacorhynchus prasinus*	Tucaneta verde	Pr	LC	-
Tyrannidae	*Sayornis*	*Sayornis phoebe*	Papamoscas fibí	-	LC	-
Columbidae	*Geotrygon*	*Geotrygon montana*	Paloma Canela	-	LC	-
Phoenicopteridae	*Phoenicopterus*	*Phoenicopterus ruber*	Flamenco americano	A	LC	Apéndice II
Scolopacidae	*Calidris*	*Calidris alpina*	Playero dorso rojo	-	NT	-
Accipitridae	*Astur*	*Astur cooperii*		Pr	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Empidonax*	*Empidonax virescens*	Papamoscas Verdoso	-	LC	-
Columbidae	*Leptotila*	*Leptotila plumbeiceps*	Paloma Cabeza Gris	-	LC	-
Accipitridae	*Accipiter*	*Accipiter striatus*	Gavilán Pecho Canela	Pr	LC	Apéndice II
Accipitridae	*Circus*	*Circus hudsonius*	Gavilán rastrero	-	LC	Apéndice II
Tyrannidae	*Ornithion*	*Ornithion semiflavum*	Mosquerito Enano	Pr	LC	-
Heliornithidae	*Heliornis*	*Heliornis fulica*	Pájaro cantil	Pr	LC	-
Laridae	*Chlidonias*	*Chlidonias niger*	Charrán negro	-	LC	-
Vireonidae	*Vireo*	*Vireo philadelphicus*	Vireo de Filadelfia	-	LC	-
Furnariidae	*Lepidocolaptes*	*Lepidocolaptes souleyetii*	Trepatroncos corona rayada	-	LC	-
Laridae	*Sterna*	*Sterna forsteri*	Charrán de Forster	-	LC	-
Scolopacidae	*Gallinago*	*Gallinago delicata*	Agachona Norteamericana	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga tigrina*	Chipe atigrado	-	LC	-
Furnariidae	*Automolus*	*Automolus cervinigularis*	Breñero garganta pálida	Pr	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga caerulescens*	Chipe azulnegro	-	LC	-
Charadriidae	*Pluvialis*	*Pluvialis squatarola*	Chorlo Gris	-	VU	-
Tyrannidae	*Tyrannus*	*Tyrannus dominicensis*	Tirano gris	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga discolor*	Chipe de pradera	-	LC	-
Anatidae	*Anas*	*Anas acuta*	Pato golondrino	-	LC	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga striata*	Chipe Cabeza Negra	-	NT	-
Onychorhynchidae	*Terenotriccus*	*Terenotriccus erythrurus*	Mosquerito Cola Castaña	Pr	LC	-
Psittacidae	*Amazona*	*Amazona farinosa*	Loro corona azul	P	-	Apéndice II
Cardinalidae	*Piranga*	*Piranga ludoviciana*	Piranga capucha roja	-	LC	-
Cuculidae	*Tapera*	*Tapera naevia*	Cuclillo rayado	-	LC	-
Strigidae	*Asio*	*Asio clamator*	Búho Cara Blanca	A	LC	Apéndice II

Familia	Género	Especie	Nombre común principal	NOM-059	IUCN	CITES
Laridae	*Sterna*	*Sterna hirundo*	Charrán Común	-	LC	-
Thamnophilidae	*Cercomacroides*	*Cercomacroides tyrannina*	Hormiguero Cantor	-	LC	-
Ardeidae	*Botaurus*	*Botaurus lentiginosus*	Avetoro norteño	A	LC	-
Tyrannidae	*Leptopogon*	*Leptopogon amaurocephalus*	Mosqueta corona parda	-	LC	-
Strigidae	*Asio*	*Asio stygius*	Búho cara oscura	A	LC	Apéndice II
Charadriidae	*Anarhynchus*	*Anarhynchus wilsonia*	Chorlo pico grueso	-	LC	-
Accipitridae	*Ictinia*	*Ictinia mississippiensis*	Milano de Mississippi	Pr	LC	Apéndice II
Cuculidae	*Coccyzus*	*Coccyzus americanus*	Cuclillo pico amarillo	-	LC	-
Trogonidae	*Trogon*	*Trogon massena*	Coa Cola Oscura	A	LC	-
Scolopacidae	*Numenius*	*Numenius phaeopus*	Zarapito Trinador	-	LC	-
Pipridae	*Manacus*	*Manacus candei*	Saltarín Cuello Blanco	Pr	LC	-
Momotidae	*Hylomanes*	*Hylomanes momotula*	Momoto enano	A	LC	-
Scolopacidae	*Calidris*	*Calidris canutus*	Playero Rojo	-	NT	-
Parulidae	*Setophaga*	*Setophaga cerulea*	Chipe Celeste	-	NT	-
Falconidae	*Caracara*	*Caracara plancus*	Carancho	-	-	-
Ardeidae	*Agamia*	*Agamia agami*	Garza agami	Pr	NT	-
Anatidae	*Mergus*	*Mergus serrator*	Mergo copetón	-	LC	-
Laridae	*Anous*	*Anous stolidus*	Charrán Café	-	LC	-
Tinamidae	*Crypturellus*	*Crypturellus boucardi*	Tinamú jamuey	A	VU	-
Scolopacidae	*Calidris*	*Calidris alba*	Playero blanco	-	LC	-
Scolopacidae	*Phalaropus*	*Phalaropus lobatus*	Falaropo cuello rojo	-	LC	-
Ardeidae	*Botaurus*	*Botaurus exilis*	Avetoro menor	Pr	LC	-
Turdidae	*Catharus*	*Catharus fuscescens*	Zorzal Canelo	-	LC	-
Sulidae	*Sula*	*Sula sula*	Bobo Patas Rojas	A	LC	-
Laridae	*Larus*	*Larus argentatus*	Gaviota plateada	-	-	-
Alcedinidae	*Chloroceryle*	*Chloroceryle amazona*	Martín pescador amazónico	-	LC	-
Cardinalidae	*Caryothraustes*	*Caryothraustes poliogaster*	Picogordo cara negra	-	LC	-

Mamíferos

Como resultado del trabajo de gabinete, la revisión bibliográfica y la consulta de fuentes especializadas de distribución potencial, se obtuvo un listado de **74 especies de mamíferos potencialmente presentes en el Sistema Ambiental Regional del proyecto BALAM SOLAR**, las cuales se agrupan taxonómicamente en **nueve órdenes y 25 familias**.

El orden con mayor representatividad fue **Chiroptera**, con **31 especies**, equivalente al **41.9%** del total estimado. Este resultado refleja la importancia potencial de los murciélagos dentro del SAR, particularmente por su función ecológica como dispersores de semillas, polinizadores, controladores de insectos y consumidores de frutos en ambientes de selva, vegetación secundaria, áreas

agropecuarias y zonas de borde. Le siguieron los órdenes **Rodentia**, con **16 especies** (**21.6%**), y **Carnivora**, con **15 especies** (**20.3%**). Los órdenes **Cetartiodactyla** y **Didelphimorphia** estuvieron representados por **cuatro especies** cada uno (**5.4%**, respectivamente), mientras que **Pilosa**, **Primates**, **Eulipotyphla** y **Cingulata** estuvieron representados por **una especie** cada uno.

En cuanto a la composición por familias, **Phyllostomidae** fue la mejor representada, con **18 especies**, lo que confirma la relevancia de los murciélagos filostómidos en la región, grupo que incluye especies frugívoras, nectarívoras, insectívoras y hematófagas. Posteriormente se registraron las familias **Cricetidae**, con **ocho especies**; **Vespertilionidae**, con **seis especies**; **Mustelidae**, **Didelphidae** y **Felidae**, con **cuatro especies** cada una; así como **Mormoopidae**, **Procyonidae** y **Cervidae**, con **tres especies** cada una. Las demás familias estuvieron representadas por una o dos especies.

De las especies potencialmente presentes en el SAR, **15 especies** se encuentran enlistadas en la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, lo que representa el **20.3%** del total estimado para el grupo. De éstas, **ocho especies** se encuentran en la categoría de **amenazadas (A)**, equivalentes al **10.8%**; **cuatro especies** se encuentran en **peligro de extinción (P)**, equivalentes al **5.4%**; y **tres especies** están **sujetas a protección especial (Pr)**, equivalentes al **4.1%**. Entre las especies con categoría de riesgo destacan el **viejo de monte** (*Eira barbara*), el **mono aullador negro** (*Alouatta villosa*), el **ocelote** (*Leopardus pardalis*) y el **jaguar** (*Panthera onca*), todas enlistadas en peligro de extinción. También se registran especies amenazadas como el **puercoespín tropical** (*Coendou mexicanus*), la **rata arborícola yucateca** (*Otonyctomys hatti*), el **grisón** (*Galictis vittata*), el **yaguarundí** (*Herpailurus yagouaroundi*), la **nutria de río** (*Lontra annectens*) y algunos murciélagos de interés ecológico.

Respecto a la **Lista Roja de la UICN**, **61 especies** se encuentran clasificadas como de **preocupación menor (LC)**, equivalentes al **82.4%** del total potencial. Asimismo, se identificaron **dos especies vulnerables (VU)**, correspondientes al **temazate pardo de Yucatán** (*Mazama pandora*) y al **zorrillo manchado común** (*Spilogale interrupta*); **dos especies casi amenazadas (NT)**, entre ellas el **jaguar** (*Panthera onca*) y la **nutria de río** (*Lontra annectens*); una especie **en peligro (EN)**, correspondiente al **mono aullador negro** (*Alouatta villosa*); y una especie con **datos deficientes (DD)**, correspondiente al **temazate rojo** (*Mazama temama*). Para siete especies no se contó con categoría UICN en el listado revisado.

En relación con **CITES**, **14 especies** se encuentran incluidas en alguno de sus apéndices, equivalentes al **18.9%** del total estimado. De éstas, **cinco especies** se encuentran en el **Apéndice I**, **dos especies** en el **Apéndice II** y **siete especies** en el **Apéndice III**. Entre las especies incluidas destacan el **mono aullador negro**, **ocelote**, **yaguarundí**, **jaguar**, **nutria de río**, **puma**, **pecarí de collar del sur**, **tepezcuintle**, **coatí**, **tamandúa norteño** y **puercoespín tropical**, entre otras.

En cuanto a su distribución geográfica, la mayoría de las especies potenciales corresponden a especies **nativas**, con **69 especies** si se consideran también aquellas registradas como endémicas y nativas, lo que representa el **93.2%** del total. Se identificaron **dos especies endémicas**, ambas del género *Rhogeessa*: *Rhogeessa parvula* y *Rhogeessa tumida*. También se registraron **dos especies exóticas-invasoras**, correspondientes a la **rata negra** (*Rattus rattus*) y el **perro doméstico** (*Canis familiaris*), cuya presencia potencial se asocia principalmente a zonas habitadas, caminos, áreas agropecuarias y espacios con influencia humana.

La presencia potencial de mamíferos en el SAR del proyecto **BALAM SOLAR** está determinada por la disponibilidad de cobertura vegetal, refugios, cuerpos de agua temporales o permanentes, frutos, presas, cavidades, árboles, bordes de vegetación y corredores de desplazamiento. En el caso de los mamíferos pequeños, como roedores, tlacuaches, musarañas y murciélagos, su presencia puede

estar asociada tanto a vegetación secundaria como a áreas de selva, zonas agrícolas y bordes de caminos. En cambio, especies medianas y grandes, como venados, pecaríes, felinos, coatíes, mapaches, tamandúas, tepezcuintles y primates, dependen en mayor medida de la conectividad del paisaje, la cobertura vegetal y la disponibilidad de zonas de refugio y alimentación.

Para el caso particular de los murciélagos, la estacionalidad puede estar relacionada con la disponibilidad de frutos, flores, insectos y refugios, por lo que su actividad puede variar entre la temporada seca y la temporada de lluvias. Las especies frugívoras y nectarívoras pueden desplazarse siguiendo la oferta temporal de recursos vegetales, mientras que las especies insectívoras pueden aumentar su actividad en periodos de mayor disponibilidad de insectos. Por ello, el registro de este grupo debe considerar recorridos y métodos adecuados de detección, particularmente en bordes de vegetación, claros, cuerpos de agua, caminos internos y zonas con árboles o estructuras que puedan funcionar como refugio.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, los mamíferos pueden verse afectados por la remoción de vegetación, pérdida de refugios, incremento de ruido, tránsito de maquinaria, apertura de zanjas, presencia de personal y fragmentación temporal de áreas de desplazamiento. Los mamíferos pequeños y de baja movilidad pueden presentar mayor riesgo de afectación directa, mientras que los mamíferos medianos y grandes tenderán a desplazarse hacia zonas adyacentes con menor perturbación. No obstante, las especies de mayor talla y movilidad, como felinos, venados, pecaríes y carnívoros medianos, pueden utilizar el SAR como área de tránsito, por lo que la instalación de cercados, caminos internos e infraestructura deberá considerar medidas que eviten bloquear corredores naturales, especialmente en zonas de escurrimientos, vegetación continua o pasos usados por fauna.

Por lo anterior, para este grupo será necesario implementar medidas de prevención, tales como recorridos previos al desmonte, identificación de madrigueras, refugios y árboles con cavidades, ahuyentamiento gradual, rescate y reubicación de individuos de baja movilidad cuando sea procedente, control de velocidad vehicular, prohibición de caza, captura o alimentación de fauna silvestre, prohibición de ingreso de fauna doméstica y manejo adecuado de residuos para evitar la atracción de especies oportunistas. Asimismo, deberá mantenerse la permeabilidad ecológica del cercado en las zonas técnicamente viables y no obstruir escurrimientos o corredores de fauna.

Es importante precisar que el listado anterior corresponde a especies **potencialmente presentes en el SAR**, por lo que no implica necesariamente su presencia efectiva dentro del área de establecimiento del proyecto. La ocurrencia real, abundancia relativa, patrones de actividad, uso del hábitat y presencia de especies bajo categoría de riesgo deberán confirmarse mediante recorridos de campo, búsqueda de rastros, huellas, excretas, madrigueras, avistamientos directos, registros fotográficos y, en su caso, fototrampeo u otros métodos complementarios de monitoreo.

Tabla IV.14 Mamíferos potencialmente presentes en el SAR

Familia	Género	Especie	Nombre común	NOM-059	IUCN	CITES
Phyllostomidae	*Carollia*	*Carollia sowelli*	Murciélago frugívoro de cola corta	-	LC	-
Phyllostomidae	*Dermanura*	*Dermanura phaeotis*	Murciélago frugívoro pigmeo	-	LC	-
Heteromyidae	*Heteromys*	*Heteromys gaumeri*	Ratón de abazones	-	LC	-
Phyllostomidae	*Artibeus*	*Artibeus jamaicensis*	Murciélago frutívoro de Jamaica	-	LC	-
Phyllostomidae	*Sturnira*	*Sturnira parvidens*	Murciélago de charreteras menor	-	LC	-

Phyllostomidae	*Artibeus*	*Artibeus lituratus*	Murciélago frugívoro gigante	-	LC	-
Sciuridae	*Sciurus*	*Sciurus yucatanensis*	Ardilla yucateca	-	LC	-
Canidae	*Urocyon*	*Urocyon cinereoargenteus*	Zorra gris	-	LC	-
Phyllostomidae	*Desmodus*	*Desmodus rotundus*	Murciélago vampiro	-	LC	-
Cricetidae	*Sigmodon*	*Sigmodon toltecus*	Rata algodonera	-	LC	-
Phyllostomidae	*Glossophaga*	*Glossophaga mutica*	Murciélago lengüetón de Pallas	-	LC	-
Phyllostomidae	*Carollia*	*Carollia perspicillata*	Murciélago cola corta de Sebas	-	LC	-
Cricetidae	*Peromyscus*	*Peromyscus yucatanicus*	Ratón yucateco	-	LC	-
Natalidae	*Natalus*	*Natalus stramineus*	Murciélago mexicano oreja de embudo	-	-	-
Cricetidae	*Ototylomys*	*Ototylomys phyllotis*	Rata trepadora orejas grandes	-	LC	-
Dasyproctidae	*Dasyprocta*	*Dasyprocta punctata*	Guaqueque centroamericano	-	LC	Apéndice III
Mormoopidae	*Pteronotus*	*Pteronotus fulvus*	Murciélago lomo pelón menor	-	LC	-
Procyonidae	*Nasua*	*Nasua narica*	Coatí	-	LC	Apéndice III
Phyllostomidae	*Uroderma*	*Uroderma convexum*	Murciélago	-	-	-
Vespertilionidae	*Myotis*	*Myotis pilosatibialis*	Miotis pata peluda	-	LC	-
Phyllostomidae	*Micronycteris*	*Micronycteris microtis*	Murciélago orejón brasileño	-	LC	-
Mormoopidae	*Pteronotus*	*Pteronotus mesoamericanus*	Murciélago bigotudo mesoamericano	-	LC	-
Mustelidae	*Eira*	*Eira barbara*	Viejo de monte	P	LC	Apéndice III
Cervidae	*Odocoileus*	*Odocoileus virginianus*	Venado de cola blanca	-	LC	-
Myrmecophagidae	*Tamandua*	*Tamandua mexicana*	Tamandúa norteño	-	LC	Apéndice III
Geomyidae	*Heterogeomys*	*Heterogeomys hispidus*	Tuza crespa	-	LC	-
Cricetidae	*Peromyscus*	*Peromyscus leucopus*	Ratón de patas blancas	-	LC	-
Atelidae	*Alouatta*	*Alouatta villosa*	Mono aullador negro	P	EN	Apéndice I
Vespertilionidae	*Rhogeessa*	*Rhogeessa parvula*	Murciélago amarillo menor	-	LC	-
Emballonuridae	*Rhynchonycteris*	*Rhynchonycteris naso*	Murciélago narigón	Pr	LC	-
Mustelidae	*Neogale*	*Neogale frenata*	Comadreja cola larga	-	LC	-
Mormoopidae	*Mormoops*	*Mormoops megalophylla*	Murciélago-barba arrugada	-	LC	-
Procyonidae	*Procyon*	*Procyon lotor*	Mapache	-	LC	-
Didelphidae	*Didelphis*	*Didelphis virginiana*	Tlacuache norteño	-	LC	-
Emballonuridae	*Saccopteryx*	*Saccopteryx bilineata*	Murciélago rayado mayor	-	LC	-
Phyllostomidae	*Lophostoma*	*Lophostoma evote*	Murciélago oreja redonda mesoamericano	A	LC	-
Sciuridae	*Sciurus*	*Sciurus deppei*	Ardilla tropical	-	LC	-
Phyllostomidae	*Chiroderma*	*Chiroderma villosum*	Murciélago ojón peludo	-	LC	-
Vespertilionidae	*Rhogeessa*	*Rhogeessa tumida*	Murciélago amarillo ala negra	-	LC	-
Mephitidae	*Conepatus*	*Conepatus semistriatus*	Zorrillo de espalda blanca sureño	-	LC	-
Cricetidae	*Sigmodon*	*Sigmodon hispidus*	Rata algodonera crespa	-	LC	-
Erethizontidae	*Coendou*	*Coendou mexicanus*	Puercoespín tropical	A	LC	Apéndice III
Phyllostomidae	*Centurio*	*Centurio senex*	Murciélago cara arrugada	-	LC	-
Vespertilionidae	*Neoeptesicus*	*Neoeptesicus furinalis*	Murciélago moreno argentino	-	LC	-

Natalidae	*Natalus*	*Natalus mexicanus*	Murciélago orejas de embudo	-	LC	-
Vespertilionidae	*Rhogeessa*	*Rhogeessa aenea*	Murciélago amarillo yucateco	-	LC	-
Soricidae	*Cryptotis*	*Cryptotis mayensis*	Musaraña de orejillas yucateca	Pr	LC	-
Cervidae	*Mazama*	*Mazama pandora*	Temazate pardo de Yucatán	-	VU	-
Phyllostomidae	*Micronycteris*	*Micronycteris megalotis*	Murciélago orejón brasileño	-	-	-
Felidae	*Leopardus*	*Leopardus pardalis*	Ocelote	P	LC	Apéndice I
Tayassuidae	*Dicotyles*	*Dicotyles crassus*	Pecarí de collar del sur	-	-	Apéndice II
Cricetidae	*Otonyctomys*	*Otonyctomys hatti*	Rata arborícola yucateca	A	LC	-
Cuniculidae	*Cuniculus*	*Cuniculus paca*	Tepezcuintle	-	LC	Apéndice III
Cricetidae	*Reithrodontomys*	*Reithrodontomys gracilis*	Ratón cosechero delgado	-	LC	-
Cricetidae	*Oryzomys*	*Oryzomys couesi*	Rata arrocera de agua	-	LC	-
Felidae	*Puma*	*Puma concolor*	Puma	-	LC	Apéndice II
Dasypodidae	*Dasypus*	*Dasypus mexicanus*	Armadillo nueve bandas	-	LC	-
Didelphidae	*Didelphis*	*Didelphis marsupialis*	Tlacuache sureño	-	LC	-
Mustelidae	*Galictis*	*Galictis vittata*	Grisón	A	LC	-
Muridae	*Rattus*	*Rattus rattus*	Rata negra	-	-	-
Felidae	*Herpailurus*	*Herpailurus yagouaroundi*	Yaguarundí	A	LC	Apéndice I
Phyllostomidae	*Diphylla*	*Diphylla ecaudata*	Vampiro pata peluda	-	LC	-
Vespertilionidae	*Lasiurus*	*Lasiurus ega*	Murciélago cola peluda amarillo	-	LC	-
Felidae	*Panthera*	*Panthera onca*	Jaguar	P	NT	Apéndice I
Procyonidae	*Potos*	*Potos flavus*	Mico de noche	Pr	LC	Apéndice III
Phyllostomidae	*Sturnira*	*Sturnira hondurensis*	Murciélago de charreteras	-	LC	-
Cervidae	*Mazama*	*Mazama temama*	Temazate rojo	-	DD	-
Phyllostomidae	*Chrotopterus*	*Chrotopterus auritus*	Vampiro falso lanudo	A	LC	-
Mephitidae	*Spilogale*	*Spilogale interrupta*	Zorrillo manchado común	-	VU	-
Mustelidae	*Lontra*	*Lontra annectens*	Nutria de río	A	NT	Apéndice I
Phyllostomidae	*Micronycteris*	*Micronycteris schmidtorum*	Murciélago orejón centroamericano	A	LC	-
Canidae	*Canis*	*Canis familiaris*	Perro Doméstico	-	-	-
Didelphidae	*Marmosa*	*Marmosa mexicana*	Tlacuache ratón mexicano	-	LC	-
Didelphidae	*Philander*	*Philander opossum*	Tlacuache cuatrojos gris	-	-	-

IV.2.2.2.6 Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies son una representación gráfica del número de especies observadas como función de una medida de esfuerzo de muestreo requerido para su registro. Además, proveen de fiabilidad a los inventarios biológicos al proporcionar estimaciones del total de especies que estarían presentes en la zona (Lamas, 1991; Soberón y Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001; López-Gómez y Williams-Linera, 2006; Jiménez-Valverde y Hortal, 2013).

Los métodos de estimación usan la curva observada de acumulación de especies para modelar el conteo de nuevas especies con respecto al esfuerzo de muestreo, y el valor de la riqueza es la

asíntota de la curva (línea continua en el plano con respecto a la "x"), si las curvas no llegan a esa asíntota podemos inferir que faltan más especies por registrar (Villarreal et ál., 2006).

Para evaluar la eficiencia del muestreo y estimar la riqueza máxima de especies presentes en las áreas donde se pretende realizar el cambio de uso de suelo, fue efectuada una función exponencial de acumulación de especies con el programa StimateS V. 9.1.0 (Colwell, 2013). El programa utiliza varios estimadores, de los cuales se utilizaron siete de ellos, que son ICE, ACE, Chao 1, Chao 2, Jacknife de primer orden, Jacknife de segundo orden y Bootstrap, los cuales se describen a continuación.

ACE

Es un estimador de cobertura basada en abundancias y utiliza información adicional basada en aquellas especies con diez o menos individuos en la muestra (Chao et ál., 1993).

$$\gamma^2_{ACE} = \max\left[\frac{S_{rare}\sum_{k=1}^{10} k(k-1)fk}{C\ ACE\ (nrare)(nrare-1)} - 1.0\right]$$

Chao 1

Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra.

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Donde:

S= número de especies en una muestra.
a= es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de "*singletons*").
b= es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (número de "*doubletons*").

ICE

Es el número de especies frecuentes/infrecuentes en la muestra (especies registradas en 10 o menos muestras). La cobertura de muestras estimadas, es decir, la porción de todas las incidencias de las especies que no son únicas.

$$\gamma^2_{ICE} = \max\left[\frac{S_{inf}\ minfr\sum_{k=1}^{10} k(k-1)qk}{C\ ICE\ (minfr-1)(ninfr)^2} - 1.0\right]$$

Chao 2

Este estimador considera a las especies observadas en exactamente una y dos unidades de muestreo. El valor de Chao 2 provee el estimador menos sesgado para muestras pequeñas y que requieren solamente datos de presencia-ausencia (Moreno, 2001).

$$Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

Donde:

L = corresponde al número de especie que ocurren solamente en una muestra (especies únicas).
M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras.

Jacknife de primer orden

Se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra (L). Es una técnica para reducir el sesgo de los valores estimados, en este caso para reducir la subestimación del verdadero número de especies en una comunidad con base en el número representado en una muestra, reduciendo el sesgo del orden 1/m. Es posible calcular la varianza de este estimador. Jacknife de primer orden es menos sesgado que otros métodos de extrapolación evaluados (Moreno, 2001).

$$Kack\ 1 = S + L\frac{m-1}{m}$$

Donde:

m = número de muestras.

Jacknife de segundo orden

Este estimador se basa en el número de especies que ocurren solamente en una muestra, así como en el número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (Palmer, 1990; Krebs, 1989).

$$Jack\ 2 = S + \frac{L(2m-3)}{m} - \frac{M(m-2)^2}{m(m-1)}$$

Donde:

S= número de especies.
L= número de especies que ocurren solamente en una muestra.
M= número de especies que ocurre en exactamente 2 muestras.
m = número de muestras.

Bootstrap

Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen cada especie. Este estimador de la riqueza de especies se basa en pj, la proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j (Palmer, 1990; Krebs, 1989). Al parecer, es menos preciso que los anteriores (Moreno, 2001).

$$B = S + \sum (1 - pj)^n$$

En este sentido, y de acuerdo con los estimadores Chao 1, Chao 2 y Bootstrap, los muestreos realizados fueron estadísticamente representativos para todos los grupos faunísticos.

IV.2.3 Paisaje

El paisaje del SAR corresponde a un mosaico rural tropical, donde se alternan coberturas de vegetación natural, vegetación secundaria, parcelas agropecuarias, caminos, asentamientos rurales

y claros asociados a la actividad humana. La presencia de la Carretera Federal 293 y de localidades como Manuel Ávila Camacho y Los Divorciados constituye un elemento de transformación y accesibilidad regional.

Desde el punto de vista visual, el relieve bajo de la Península de Yucatán genera amplias superficies de visibilidad potencial; sin embargo, la vegetación arbórea y secundaria puede funcionar como barrera visual parcial. Las obras más visibles del proyecto serán las áreas de módulos fotovoltaicos, la subestación elevadora, la subestación de maniobras, el BESS, caminos internos y elementos de seguridad perimetral. La línea de evacuación y estructuras asociadas tendrán visibilidad puntual debido a su naturaleza lineal y a la presencia de elementos verticales.

Tabla IV.11 Valoración preliminar de paisaje

Elemento	Condición observada / esperada	Valoración preliminar
Relieve	Planicie de bajo relieve, con escasos cambios altitudinales visibles.	Fragilidad visual media, por amplitud de vistas en zonas abiertas.
Cobertura vegetal	Mosaico de vegetación natural, secundaria y áreas agropecuarias.	Capacidad de absorción visual media, mayor donde existe vegetación arbórea.
Infraestructura existente	Carretera, caminos, asentamientos y áreas productivas.	Paisaje ya intervenido localmente.
Componentes del proyecto	Módulos, caminos, BESS, subestaciones y obras de evacuación.	Transformación visual localizada y permanente durante la vida útil del proyecto.
Tendencia regional	Incremento de áreas productivas e infraestructura.	Deterioro gradual por cambio de cobertura y fragmentación si no se aplican medidas de manejo.

Como tendencia de desarrollo y deterioro, el SAR muestra una presión asociada a la conversión de coberturas naturales hacia actividades agropecuarias, la consolidación de caminos y la expansión de infraestructura. En consecuencia, el proyecto deberá incorporar medidas de integración paisajística, conservación de franjas de vegetación cuando sea técnicamente viable, control de iluminación, manejo de residuos y restauración de áreas temporales para reducir la pérdida de calidad visual y funcional del paisaje.

IV.3 BIBLIOGRAFÍA

[i] González-Cuevas, G.A. 2002. Tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales de la costa de Jalisco. Tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. División de Ciencias Agronómicas.

[ii] Bautista Zúñiga, Francisco; Palacio Prieto, José Luis; Delfín González, Hugo; Paéz Bistrain, Rosaura; Carmona Jiménez, Estela; Delgado Carranza, Ma. Del Carmen. 2011. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Segunda edición, UNAM

[iii] Erhad Duaber. 1995. Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.

[iv] Carrera, Fernando. 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Costa Rica.

[v] Villareal H., Álvarez M., Córdoba S., Escobar F., Fagua G., Gast F., Mendoza H., Ospina M. & Umaña A.M. 2006.- Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de

caracterizaciones de biodiversidad: 191 (en) Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá. Colombia.

[vi] Jorgensen, E.S., (Eds), 2005. Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health, CRC Press, Taylor & Francias Group. New York, EUA: 439pp.

[vii] Boero, F. 2010. The Study of Species in the Era of Biodiversity: A Tale of Stupidity. Diversity, 2:115-122.

[viii] Lamoreux, J.F., J.C. Morrison, T.H. Ricketts, D.M. Olson, E. Dinerstein, M.W. McKnight y H. H. Shugart. 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. Nature, 440:212–214.

[ix] Leroux, S.J. y F.K. Schmiegelow. 2007. Biodiversity Concordance and the Importance of Endemism. Conservation Biology, 21:266-268.

[x] Velasco de León, P.M., J. Arellano, A. Silva P. y S.Y. Guarneros. 2007. Aspectos geológicos y paleontológicos. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana (I. Luna, J. J. Morrone and D.Espinosa., eds.), CONABIO, México. 25–38.

[xi] Sánchez, Oscar; Zamorano, Pablo; Peters, Eduardo y Moya, Hector. 2011. Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. SEMARNAT-INE.

[xii] IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>.

[xiii] Frost, Darrel R. 2011. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.5 (31 January, 2011). Electronic Database accessible at http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/ American Museum of Natural History, New York, USA.

[xiv] Uetz, P. (ed.), The Reptile Database, <www.reptile-database>, accessed Dec 31, 2012.

[xv] The American Ornithologists´Union. 2008. http://www.aou.org/checklist/north/index.php

[xvi] Wilson, D.E and D.M. Reeder. 2005. Mammals Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. Johns Hopkins University Press, 2 Vol. 142 pp. Available http://www.bucknell.edu/msw3/browse.asp?s=y&id=13802148

[xvii] Casas-Andreu, G., Valenzuela-López, G. Ramírez-Bautista, A. (1991). Cuadernos 10. Instituto de Biología. UNAM. 28-30p.

[xviii] Flores, V.O., Q.F. Mendoza y P.G. González. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. UNAM, Facultad de Ciencias. 285.

[xix] Ber Van Perlo. 2006. Birds of México and Central America. Princeton University Press.

[xx] Scott D. and C. McFarland. 2010. Bird Feathers: A Guide to North American Species. Stackpole Books, China, pp.358.

[xxi] The American Ornithologists´Union. 2008. http://www.aou.org/checklist/north/index.php

[xxii] Navarro, S. A. y A. Gordillo. 2006. Catálogo de autoridad taxonómica de la avifauna de México. Museo de Zoología, Fac. de Ciencias, UNAM. Base de datos SNIB-CONABIO, proyecto CS010.

[xxiii] González-García, F. y H. Gómez de Silva Garza. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. En: H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita. Editores.

Conservación de aves. Experiencias en México. National Fish and Wildlife Fondation. Cipamex. Conabio.

[xxiv] HBW [En línea], 2019. Handbook of the Birds of the world Alive. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en: http://www.hbw.com

[xxv] The UICN Red List of Threatened Species [En línea], 2019. The UICN Red List of Threatened Species. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en: http://www.iucnredlist.org

[xxvi] Monroy, V.O., Zarco, G.M.M., Rodríguez, S.C., Soria, D.L., Urios, V, 2010. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad.

[xxvii] Heilbrun, D.R., Silvy, J.N., Peterson, J.M., Tewes, E.M., Estimating Bobcat abundance using automatically triggered cameras.

[xxviii] Karanth, U.K., Nichols, D.J., Kumar, S.N., Link, A.W., Hines, E.J, 2004.Tigers and their prey: predicting carnivore densities.

[xxix] Botelllo, F., Monroy, G., Illoldi, R.P., Trujillo, B.I., Sanchez, C.V, 2007. Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha.

[xxx] Aranda M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. CONABIO. A. C. 255 pp.

[xxxi] Painter, L., Ruiz, D., Guinart, D., Wallace, R., Flores, B., Townsend, W, 1999. Técnicas de investigación para el manejó de fauna silvestre.

[xxxii] Elbroch M, 2003. Mammal Tracks & Sign: A Guide to North American Species. Stackpole Books. 781 pp.

[xxxiii] Don E. Wilson & DeeAnn M. Reeder (editors), 2005. Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed).

[xxxiv] Colwell, R.K. 2016. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0 Mac OS.

[xxxv] López Gómez, A.M. y G. Williams-Linera. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 78:7-15.

[xxxvi] Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología, 8: 152-161.

[xxxvii] Moreno, C.E., F. Barragán, E. Pineda y N. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista mexicana de biodiversidad, 82:1249-1261.

[xxxviii] Chao, A. y L. Jost. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. Ecology, 93 (12): 2533-2547.

[xxxix] Ellison, A.M. 2010. Partitioning diversity 1. Ecology, 91: 1962-1963.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Información cartográfica de acuíferos y cuencas hidrológicas.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Registros de biodiversidad y regiones prioritarias.

García, E. (1981). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, Serie VII.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Conjuntos de datos de edafología, fisiografía, hidrología y climatología.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Guía para la elaboración de la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 y modificación a su Anexo Normativo III.

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Capítulo V

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

MAYO 2026

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[I]

[I] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

ÍNDICE DE CONTENIDO

V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL V-1

V.1 Técnica para la identificación y evaluación de los impactos ambientales V-6

V.1.1 Identificación de impactos ambientales V-7

V.1.1.1 Identificac ión de acciones del proyecto susceptibles de producir impacto V-7

V.1.1.2 Factores del entorno susceptibles de recibir impactos V-8

V.1.1.3 Matriz de interacciones V-9

V.1.1.4 Nominación de impactos V-13

V.1.2 Valoración de impactos V-14

V.1.2.1 Determinación de la significacncia V-15

V.1.2.2 Determinación de la incidencia V-19

V.1.3 Descripción y determinación de magnitud de los impactos destacables V-20

V.1.3.1 Indicadores de impacto V-20

V.1.3.2 Estimación de la magnitud V-20

V.1.4 Impactos residuales V-25

V.1.5 Impactos acumulativos V-25

V.1.6 Impactos sinérgicos V-26

V.2 Bibliografía V-26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla V.1 Etapas, componentes y acciones del proyecto V-7
Tabla V.2 Factores y subfactores ambientales V-9
Tabla V.3 Interacciones con el subsistema V-9
Tabla V.4 Interacciones con el factor V-10
Tabla V.5 Interacciones que se generarán en cada etapa del proyecto V-11
Tabla V.6 Interacciones que potencialmente pueden generar los componentes V-12
Tabla V.7 Relación de impactos, utilizando como criterio la naturaleza del efecto y el factor ambiental sobre el cual impactan V-13
Tabla V.8 Definición de los conceptos determinantes de la significancia del impacto, según la definición que establece el REIA/LGEEPA para el impacto significativo V-15
Tabla V.9 Determinación de la significancia de los impactos del proyecto con base en los supuestos de la fracción IX del artículo 3° del REIA V-17
Tabla V.10 Atributos de impacto para determinar incidencia. V-19
Tabla V.11 Categorías de destacabilidad de los impactos ambientales evaluados. V-19
Tabla V.12 Relación de impactos destacables. V-19
Tabla V.13 Incremento temporal de partículas suspendidas. V-20
Tabla V.14 Incremento temporal en los niveles de ruido. V-21

Tabla V.15 Posible formación de islas de calor y deslumbramientos fuera de los límites del proyecto. V-21
Tabla V.16 Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes, sustancias asociadas al BESS o por el manejo inadecuado de residuos. V-21
Tabla V.17 Disminución puntual de la infiltración y modificación del escurrimiento local. V-21
Tabla V.18 Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes, sustancias asociadas al BESS o por el manejo inadecuado de residuos. V-22
Tabla V.19 Disminución de la capacidad productiva del suelo y procesos biológicos. V-22
Tabla V.20 Incremento de la susceptibilidad de erosión. V-22
Tabla V.21 Afectación puntual del curso de escorrentías. V-22
Tabla V.22 Afectación a individuos de fauna que utilizan el área de establecimiento del proyecto. . V-22
Tabla V.23 Incremento en la tasa de mortalidad de fauna derivado del atropellamiento, la colisión, la electrocución o el contacto con infraestructura eléctrica. V-23
Tabla V.24 Modificación del hábitat natural en el área de establecimiento del proyecto. V-23
Tabla V.25 Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo. .. V-23
Tabla V.26 Disminución de la abundancia y diversidad de flora presente en el área del proyecto. .. V-23
Tabla V.27 Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.... V-23
Tabla V.28 Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo. V-24
Tabla V.29 Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales. V-24
Tabla V.30 Modificación de las características del paisaje. V-24
Tabla V.31 Generación de empleos temporales y permanentes. V-24
Tabla V.32 Generación de energía eléctrica mediante una fuente renovable y fortalecimiento de infraestructura de almacenamiento y evacuación eléctrica. V-24
Tabla V.33 Impactos con carácter de residual. V-25
Tabla V.34 Impactos ambientales presentes en el SAR. V-25
Tabla V.35 Impactos acumulativos. V-26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura V.1 Proceso metodológico para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales del proyecto V-6
Figura V.2 Procedimiento para valorar la significancia de los impactos ambientales V-15
Figura V.3 Escala de calificación del impacto. V-20

V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES, DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

El presente capítulo integra la parte medular del estudio de impacto ambiental del proyecto ***Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar***" (en adelante **PSFv Balam Solar**), tal como se encuentra establecido en la guía emitida por la SEMARNAT (SEMARNAT 2022). Derivado del objetivo central de una manifestación de impacto ambiental[II], en el presente capítulo se identifican, caracterizan y evalúan los impactos ambientales, con especial énfasis en los significativos, además de los impactos acumulativos y residuales del sistema ambiental regional (SAR), dado el carácter regional de la MIA; lo que implica diseñar una metodología ad hoc que permita destacar los impactos ambientales significativos, así como aquellos que ostenten características de acumulación y residualidad, no solo como parte del proyecto en evaluación, sino a nivel del SAR.

Actualmente existe un gran número de métodos para la evaluación de impactos ambientales, muchos de los cuales han sido desarrollados para proyectos específicos, impidiendo su generalización a otros. Sanz (1991) afirma que, hasta esa fecha, eran conocidas más de cincuenta técnicas, siendo muy pocas las que gozaban de una aplicación sistemática. Dichos métodos se valen de instrumentos, los cuales son agrupados por el autor en tres grandes grupos, así: modelos de identificación (listas de verificación causa-efecto ambientales, cuestionarios, matrices causa-efecto, matrices cruzadas, diagramas de flujo, otras), modelos de previsión (empleo de modelos complementados con pruebas experimentales y ensayos "*in situ*", con el fin de predecir las alteraciones en magnitud), y modelos de evaluación (cálculo de la evaluación neta del impacto ambiental y la evaluación global de los mismos).

Canter (1998), establece que, aunque se han desarrollado diversas técnicas, no hay una técnica universal que pueda aplicarse a todo tipo de proyectos en cualquier medio en el que éste pretenda establecerse. En ese sentido cada técnica que se utilice debe ser específica para el proyecto que se evalúe y el medio ambiente en el cual éste pretende insertarse, sobre la base de los conceptos básicos de las técnicas existentes.

La técnica que se emplee deberá tener como propósito el asegurar que se han incluido en la valoración todos los factores ambientales destacables y lograr obtener una síntesis de la información que deriva del alcance de los impactos que podrá generar el proyecto y de las alternativas que pueden surgir para atenderlos, todo lo cual, independientemente de que conforma un conjunto de elementos que evalúa la autoridad para asumir la decisión respecto a la viabilidad o inviabilidad del proyecto, también forma parte de la base de actuación de la empresa que promueve el proyecto para alcanzar su verdadera sostenibilidad.

Los impactos ambientales se caracterizan por el sello que les imprimen varios atributos, de los cuales, tres son usualmente más considerados en el proceso de identificación y de valoración del impacto de un proyecto:

[II] La fracción XXI del artículo 3º de la LGEEPA define a la manifestación de impacto ambiental como: el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo. Esto es, en la tipología de los impactos ambientales el legislado concentró el objetivo de una MIA en la identificación, evaluación y descripción de los impactos significativos ya que, en la gestión ambiental, la condición de significancia la alcanza un impacto cuando va a rebasar los criterios de sustentabilidad que les definen, consecuentemente, la determinación de la significancia de cada uno de los impactos que se reconozcan en este ejercicio conforma la esencia del esfuerzo.

- La **magnitud**: calidad y cantidad del factor ambiental afectado.
- La **incidencia**: grado y forma de alteración.
- El **signo**: (+) si es benéfico, o (-) si es perjudicial.

El impacto de un proyecto sobre el medio ambiente es la diferencia existente entre la situación del ambiente en su estado actual y la que tendrá en el futuro modificado (proyecto ejecutado), considerando la tendencia que tendría el entorno y como habría evolucionado sin la realización del proyecto, lo cual se conoce como alteración neta (Conesa 2010).

El proceso de análisis encaminado a predecir los impactos ambientales que un proyecto o actividad dados producen por su ejecución, es conocido como Evaluación del Impacto Ambiental (EIA); dicho análisis permite determinar su aceptación, modificaciones necesarias o rechazo por parte de las entidades que tengan a su cargo la aprobación del mismo.

Convencionalmente se acepta que la EIA admite varias aproximaciones en su definición, las cuales son interdependientes entre sí, estas son:

- Aproximación conceptual: percibe la EIA como un proceso de análisis conducente a la formación de un juicio previo, lo más objetivo posible, acerca de la importancia que tienen los impactos generados por actividades desarrolladas por el hombre -proyectos- y las posibilidades existentes para su prevención de ocurrencia, o reducción a niveles aceptables.
- Aproximación administrativa: se enfoca la EIA como un procedimiento de carácter administrativo, que conduce a la aceptación, modificación o rechazo definitivo de un proyecto sometido a evaluación, con base en la incidencia que éste tenga en el medio.
- Aproximación técnica: entiende la EIA como un proceso analítico que busca identificar (relaciones causa-efecto), predecir (cuantificar), valorar (interpretar), prevenir, y comunicar (participación pública) el IA de un proyecto en caso de que éste sea ejecutado. De esta forma, la EIA desde la aproximación técnica, representa la herramienta fundamental para la toma de decisiones desde la esfera de la administración, o soporte para la aproximación administrativa.

En ésta MIA, la aproximación conceptual da sustento a la aproximación administrativa, ya que es a través de ese enfoque como se hace llegar a la autoridad normativa (SEMARNAT) la propuesta de proyecto y, en tal sentido es importante iniciar el desarrollo de éste capítulo considerando que la fracción XXI del artículo 3° de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (DOF 2024), define que la Manifestación del Impacto Ambiental (MIA) *es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el* ***impacto ambiental significativo*** *y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo*.

Con base en lo anterior, el objetivo fundamental de una MIA es identificar los impactos ambientales significativos que puede generar un proyecto. Al respecto es conveniente abordar este aspecto asumiendo en toda su dimensión la definición que ofrece el marco reglamentario de la LGEEPA respecto a lo que se entiende por impacto ambiental significativo:

"***Impacto ambiental significativo o relevante****: aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales*" (Fracción IX, Artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (DOF 2014), REIA).

Sobre la base de lo expuesto, en esta MIA en el presente capítulo se presenta la identificación, descripción y evaluación de los **impactos ambientales significativos**, centrando el objetivo del análisis en la identificación de aquellos impactos que, por sus características, pudieran ajustarse a la definición dispuesta en la fracción IX del Artículo 3° del REIA antes transcrita.

Para alcanzar lo anterior, la integración de este capítulo se basó en el análisis e interpretación de:

- Las características de los componentes del proyecto y la identificación de las acciones (Capitulo II) que potencialmente puedan propiciar impactos a los factores ambientales susceptibles de recibirlos (Capítulo IV).
- La vinculación del proyecto con las disposiciones, reglas y recomendaciones de los diversos instrumentos jurídicos aplicables al mismo (Capítulo III).
- El diagnóstico ambiental del área de establecimiento del proyecto (AP), y la valoración de la calidad del Sistema Ambiental Regional (SAR) dentro del cual se pretende insertar al proyecto. Ambos componentes descritos en el capítulo IV de este documento.
- Los usos del suelo definidos para el proyecto por el promovente (Capítulo II)
- La información generada en trabajos de campo y verificación (Capítulo II y IV).
- Técnicas convencionales de Evaluación de Impacto Ambiental.

De acuerdo con lo que dispone la fracción V del artículo 13 del REIA, complementario a lo anterior es importante destacar que las MIA regionales se caracterizan además por dos rubros:

1. Conducir el proceso de identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales significativos, particularmente a los de tipo acumulativo y residual, y
2. Realizar ese alcance en el sistema ambiental regional.

Estos dos objetivos adquieren particular preponderancia en la MIA regional, por una parte, porque al enfocar el análisis de identificación y evaluación a los impactos acumulativos, se aborda uno de los rubros más importantes en la planeación del desarrollo. La acumulación es, tal vez, el problema más importante en el deterioro del ambiente, por lo que la identificación de los impactos que potencialmente pueden ser acumulativos es una acción preventiva relevante por la anticipación que deberá presentarse de manera consecuente.

La definición jurídica del concepto impacto ambiental acumulativo la restringe a: "*el efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente*", (fracción VII, artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental, REIA). Esta redacción, hermenéuticamente difusa, requiere complementarse con la acepción técnica que define al concepto en países con mayor desarrollo técnico en este campo.

Los impactos acumulativos son los efectos que pueden ocurrir cuando determinadas acciones de un proyecto, sobre los factores del ambiente se llevan a cabo con tanta frecuencia en el tiempo o en el espacio y tan densamente, que la resiliencia de esos sistemas naturales no puede asimilarlos. También pueden identificarse cuando los efectos negativos de una actividad se combinan con los de otra en una forma casi incremental; así, los impactos acumulativos son los cambios potenciales de origen antropogénico o inducidos por el hombre sobre los factores de los ecosistemas, que incrementan su incidencia y su magnitud en el tiempo y en el espacio. Los impactos acumulativos son aditivos y persistentes en el tiempo. Si bien, los efectos acumulativos se refieren a la degradación ambiental progresiva en el tiempo, tienen su origen en un conjunto de actividades a lo largo de un área o región.

Los impactos acumulativos son los resultados brutos o netos que se originan en un conjunto de proyectos o actividades, en desarrollo o por desarrollarse y no necesariamente relacionadas entre sí, en condiciones que dan lugar al incremento de su incidencia y de su magnitud en el tiempo y/o en el espacio.

Por otra parte, los impactos residuales son definidos en el REIA, en términos poco objetivos: "*es el impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación*" (fracción X, del artículo 3 del REIA). Al igual que en la definición del impacto acumulativo, esta definición es incompleta y no tiene el alcance que tiene dicho concepto en la gestión ambiental, por ello, complementariamente a lo que establece al respecto el REIA, en esta MIA-R dicha definición se complementa con la consideración adicional de que, el impacto ambiental residual también es aquel que no tiene forma de ser mitigado, una vez que se ha ajustado la acción del proyecto que lo puede generar.

Bajo estas consideraciones se abordan ambos conceptos en esta MIA-R con el agregado de que el alcance de los trabajos a desarrollar no solo implica considerar la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales que podría generar el proyecto, incluyendo específicamente a los acumulativos y residuales, sino principalmente a los que se adjudiquen a otros proyectos que se ubiquen dentro de la poligonal envolvente del SAR.

Así, los diversos apartados que integran este capítulo se ajustan estrictamente a las recomendaciones que establece la guía emitida por la SEMARNAT, sobre todo, al objetivo que dispone la LGEEPA para una MIA, esto es, dar a conocer (se entiende que a la autoridad competente), el **Impacto Ambiental Significativo (IAS)** y potencial que pudiera generarse por la construcción y operación del proyecto.

Con base en el análisis que se realizó en apartados anteriores, en particular la delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR), los eventos de cambio en el mismo, su caracterización y análisis, en este apartado se identifican, se describen y se evalúan los impactos ambientales adversos y beneficios de carácter significativo (IAS) que generará la interacción entre el desarrollo del proyecto, su área de influencia y sus efectos en el SAR.

Existen numerosas técnicas para la identificación y evaluación de las interacciones proyecto - entorno, sin embargo, cualquier evaluación de impacto ambiental debe describir la acción generadora del impacto, predecir la naturaleza y magnitud de los efectos ambientales en función a la caracterización del SAR, interpretar los resultados y prevenir los efectos negativos en el mismo. Por lo anterior, se desarrolló una técnica que garantice la estimación de los impactos provocados por la ejecución del proyecto y que permita reducir en gran medida la subjetividad en la detección y valoración de los impactos ambientales generados por el proyecto, derivando de ello el análisis permitió determinar las afectaciones y modificaciones que se presentarán sobre los componentes ambientales del SAR delimitado, así como su relevancia en términos de la definición de impacto ambiental relevante conforme a la definición que al respecto establece la fracción IX del Artículo 3 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA).

Si bien la Secretaría, de acuerdo a lo establecido en el párrafo tercero del Artículo 9 del REIA, *proporcionará guías para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo al tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo*, el contenido de las mismas es, en efecto, una guía, por lo que el contenido de cada capítulo de la MIA deberá ajustarse a lo que establece, en este caso para una MIA modalidad regional, el Artículo 13 del REIA, que en el caso particular del capítulo V se refiere a la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional.

Derivado de lo anterior, el proceso metodológico diseñado que se siguió para desarrollar la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales del proyecto se concreta en esta MIA-R en los ocho apartados establecidos en el artículo 13 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental, considerando dentro de este proceso metodológico tres funciones analíticas principales:

1. Identificación de los impactos ambientales (IA), acumulativos y residuales.
2. Valoración de los IA, y
3. Descripción.

En este mismo orden de ideas, se consideró la información derivada del análisis del proyecto, identificando sus etapas y en particular las acciones que pueden desencadenar impactos en los componentes del entorno, considerando la información señalada en el Capítulo II de la MIA-R, concentrada en el esquema denominado **"árbol de etapas, componentes y acciones del proyecto**". De igual manera se retomó la información de definición y delimitación del SAR, así como la descripción de los elementos constitutivos del ambiente (factores y subfactores ambientales), definido en el Capítulo IV de esta MIA-R en el esquema denominado "**árbol de factores y subfactores ambientales**". Posteriormente se identificaron las relaciones causa-efecto, que en sí mismas conforman a un primer conjunto de impactos potenciales. Una vez identificadas las relaciones causa – efecto (impactos), se procedió a cribar ese conjunto de efectos (impactos), mediante un proceso de tamizado que inicialmente considera los supuesto que definen al IAS desde el enfoque del reglamento de la LGEEPA para la evaluación del impacto ambiental, para, de ser el caso, retomar todos aquellos impactos que pudieran alcanzar esa consideración (significativos o relevantes) o, asumir otro esquema complementario que coadyuve a evidenciar los IA destacables sobre bases convencionales que pudieran ser supletorias de las que ofrece la fracción IX del artículo 3° del REIA.

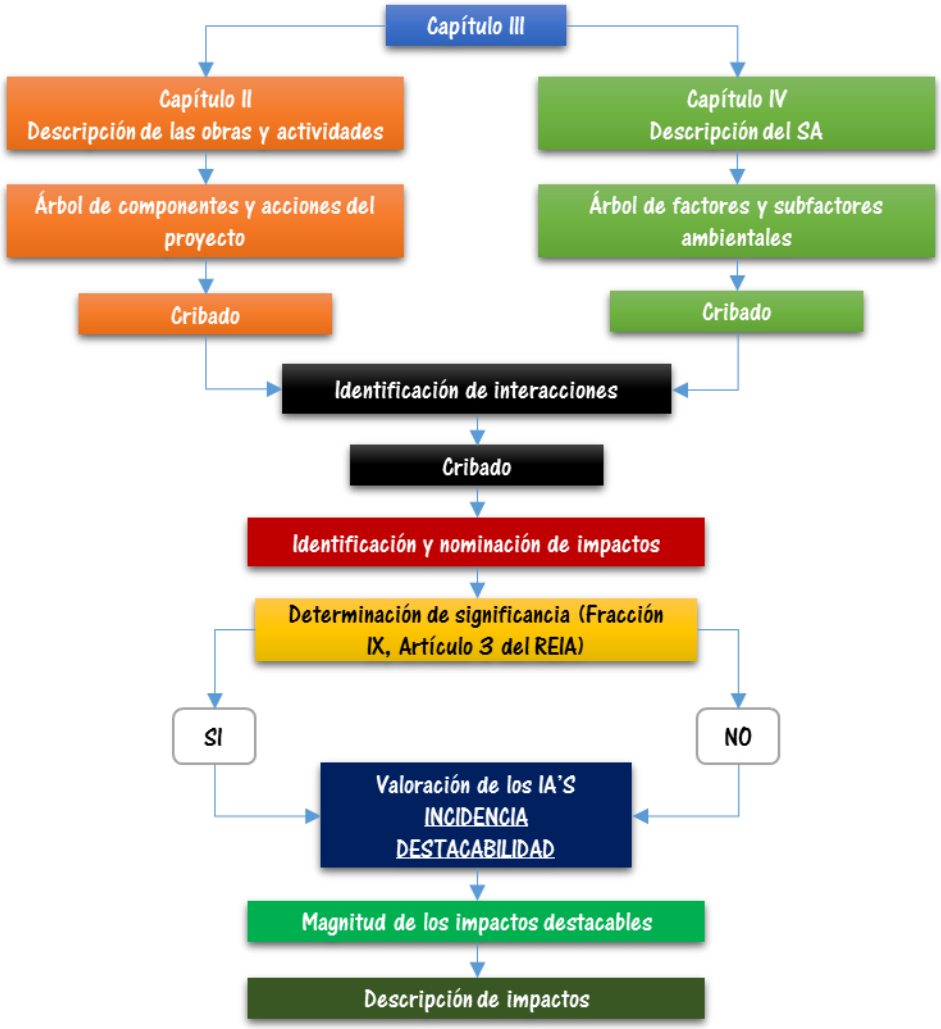


Figura V.1 Proceso metodológico para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales del proyecto

V.1 TÉCNICA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En la integración de esta MIA-R, por técnica se entiende el planteamiento estructurado de cómo llevar a cabo una o varias actividades del proceso de evaluación del impacto ambiental, Canter (1998) cita que se han desarrollado muchas técnicas de ayuda para la realización de las distintas tareas del proceso de EIA, como es el caso de la identificación de los impactos ambientales del proyecto. La de uso más generalizado es la de Leopold (1971), la cual emplea una matriz simple la cual recoge una lista de aproximadamente 100 acciones y 90 factores ambientales; una parte sustantiva de ésta técnica es la de la estimación de la magnitud para lo cual propone la asignación de valores numéricos comprendidos entre el 1 y el 10, en la cual el valor de 10 representa la magnitud mayor y 5 (por ejemplo), una magnitud intermedia, la técnica de Leopold adolece de imprecisiones difíciles de superar, por lo que su adopción como herramienta para esta MIA-R, fue rechazada.

Se optó por adaptar la propuesta de Gómez Orea (2013), la cual integra un enfoque holístico que ayuda a limitar la incertidumbre natural asociada a un proceso de predicción como lo es la EIA. Dicha técnica adaptada a los requerimientos de nuestro marco jurídico y administrativo, permite arribar a determinaciones sobre las desviaciones de la calidad ambiental del área de influencia del proyecto

en la “línea base” o T0 determinada como corolario del Capítulo IV de esta MIA-R, tanto para cada impacto potencial a generar como por el proyecto en su conjunto; dicha técnica (adaptada a nuestras condiciones) es detallada en el anexo **ANX.8** de esta MIA-R.

V.1.1 Identificación de impactos ambientales

El proceso de identificación de impactos que se aborda en esta MIA-R se inicia con la identificación de los componentes y de las acciones[III] del proyecto potencialmente propiciadores de impactos al ambiente (información retomada del Capítulo II de esta MIA-R) y por la identificación de los factores y subfactores del ambiente que pueden recibir el efecto de los componentes y de las acciones del proyecto (información retomada del Capítulo IV de esta MIA-R); así, en esta etapa se llega a un nivel prospectivo que inició a partir del conocimiento de la estructura y del funcionamiento del sistema ambiental para concluir con la determinación de las interacciones (impactos) entre los componentes del proyecto y los factores del ambiente para lograr concretar algún proceso que permita determinar su significancia, en el contexto de la definición que al respecto ofrece el Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental (REIA).

V.1.1.1 Identificac ión de acciones del proyecto susceptibles de producir impacto

En el caso de los elementos constitutivos del proyecto, se entiende por acción, en general, la parte activa que interviene en la relación causa efecto que define un impacto ambiental (Gómez Orea y Gómez Villarino 2013). Para la determinación de dichas acciones, se desagrega el proyecto en tres niveles: las etapas del proyecto, sus componentes y las acciones concretas, propiamente dichas.

a) Etapas: Se refiere a las que forman la estructura vertical del proyecto:
    i. Preparación
    ii. Construcción
    iii. Operación y mantenimiento
    iv. Abandono
b) Componentes: Integra las partes homogéneas del proyecto, por ejemplo: trazo y nivelación, apertura de zanjas, etc., o procesos de distinta naturaleza. El componente, se refiere si más al segundo nivel de desagregación del proyecto.
c) Acciones concretas: Una acción se refiere a una causa simple, concreta, directa, bien identificada y localizable del impacto.

De acuerdo con las características del proyecto las acciones que podrán derivar de la ejecución del proyecto en todas sus etapas son aquellas identificadas en el Capítulo II de esta MIA-R, las cuales suman un total de 31.

Tabla V.1 Etapas, componentes y acciones del proyecto

Etapas	Componente	Acciones	ID
Preparación del sitio	Trazo	Marcaje de áreas	1
	Preparación del terreno	Desmonte (retiro de vegetación)	2
		Despalme (retiro de la capa superficial del suelo)	3

[III] En esta MIA se asume la convención de nominar a los elementos constitutivos del proyecto como componentes y acciones y, a los elementos constitutivos del ambiente como factores y subfactores, ello para no propiciar confusiones cuando se utilicen esos conceptos de manera indistinta, por ello, siempre que se hable de componente y/o de acción, se estará abordando un elemento constitutivo del proyecto y, por el contrario, cuando se mencione a un factor y/o a un subfactor se estará abordando un elemento constitutivo del ambiente.

Etapas	Componente	Acciones	ID
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	4
Construcción	Generales durante la construcción	Circulación de maquinaria	5
		Excavación	6
		Compactación	7
		Nivelación	8
		Cortes	9
		Rellenos	10
	Parque fotovoltaico	Realización de zanjas para acometida de cables	11
		Cimentaciones diversas (arquetas, cuadros eléctricos, inversores)	12
		Hincado de fustes	13
		Vallado perimetral	14
		Habilitación de viales internos	15
	Subestación eléctrica	Conformación de plataforma	16
		Excavación para cimentación	17
		Realización de cimentaciones	18
	Línea de transmisión	Tendido y conectado de cables de control, protección y fuerza	19
		Tendido y tensado de buses aéreos y cables de guarda	20
	Limpieza del AeP	Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	21
Operación y mantenimiento	Parque fotovoltaico, subestación eléctrica y línea de transmisión	Puesta en servicio para su energización e integración al sistema eléctrico nacional	22
		Mantenimientos de los componentes	23
		Lavado de paneles solares	24
		Poda selectiva de vegetación en las áreas de uso permanente	25
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	26
Abandono del sitio	Parque fotovoltaico, subestación eléctrica y línea de transmisión	Desmantelamiento (retiro de equipos e infraestructura)	27
		Demolición de cimentaciones	28
		Generación de residuos (sólidos, peligrosos y líquidos)	29
		Descompactación del suelo	30
		Restauración del área	31

V.1.1.2 Factores del entorno susceptibles de recibir impactos

Se denomina “factor” a la parte del medio ambiente que interacciona con el proyecto en términos de fuentes de recursos y materias primas, soporte de elementos físicos y receptores de efluentes a través de los vectores ambientales aire, suelo, y agua (Gómez Orea y Gómez Villarino 2013), así como las consideraciones de índole social. Para el caso del proyecto, se retomó el árbol de factores ambientales obtenido como conclusión del análisis del inventario ambiental realizado en el Capítulo IV de esta MIA-R

En el proceso seguido en la integración de este capítulo de la MIA-R, del análisis de los elementos constitutivos del ambiente se identificaron 18 subfactores ambientales con susceptibilidad de recibir

algún impacto en alguna fase del proyecto (Tabla 2); dada la importancia de cada uno de estos subfactores todos ellos fueron considerados sin realizar algún cribado.

Tabla V.2 Factores y subfactores ambientales

Sistema	Subsistema	Factor	Subfactor	ID
Físico-natural	Abiótico	Aire	Calidad	1
			Confort sonoro	2
		Clima	Microclima	3
		Agua	Calidad	4
			Patrón de escurrimiento	5
		Suelo	Calidad	6
		Procesos del medio abiótico	Erosión	7
			Drenaje superficial	8
	Biótico	Fauna	Riqueza y abundancia	9
			Hábitat	10
			Endemismo y especies en riesgo	11
		Flora	Riqueza y abundancia	12
			Cobertura de vegetación natural	13
			Endemismo y especies en riesgo	14
		Procesos del medio biótico	Movilidad de especies	15
	Perceptual	Paisaje	Calidad	16
Socioeconómico	Población	Condición de ocupación	Empleo	17
	Servicios	Infraestructura	Infraestructura eléctrica	18

V.1.1.3 Matriz de interacciones

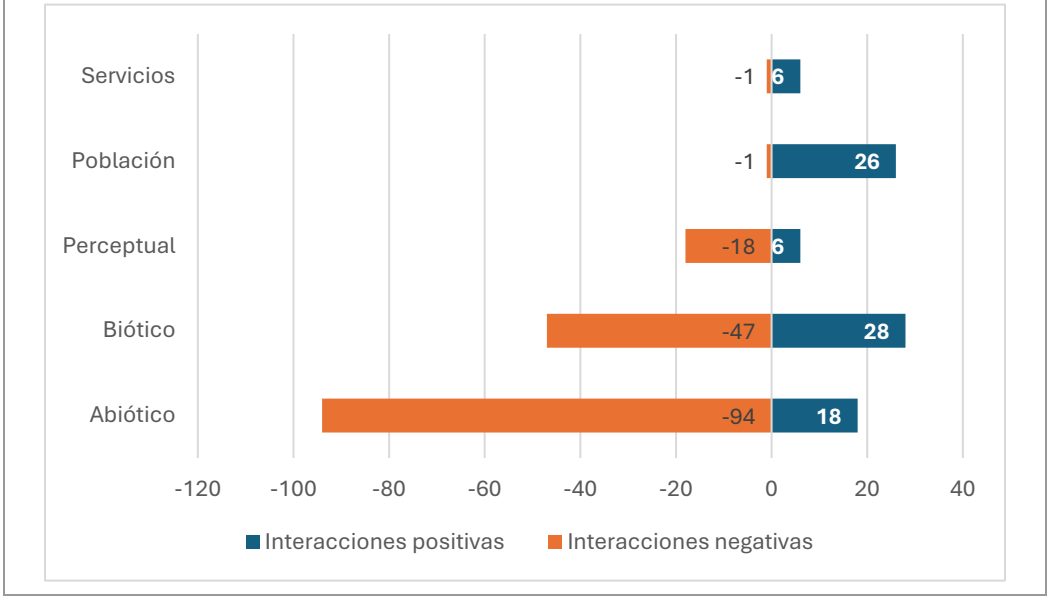
La relación final de acciones seleccionadas y la relación de factores del ambiente permitieron estructura una matriz de identificación de interacciones (**anexo ANX.9**) en la cual se identificaron 245 interacciones entre las 31 acciones del proyecto y los 18 subfactores.

A partir de este ejercicio se vislumbran que el medio que recibirá más impactos es el medio abiótico, seguido del medio biótico y el medio que recibirá menos impactos es servicios (Tabla 3). En términos generales la construcción del proyecto generara más interacciones negativas que positivas; sin embargo, para los subsistemas: servicios y población se generaran más interacciones positivas que negativas y para los subsistemas: abiótico, biótico y perceptual son más interacciones negativas que positivas.

Tabla V.3 Interacciones con el subsistema

Subsistema	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Abiótico	112	18	94
Biótico	75	28	47
Perceptual	24	6	18
Población	27	26	1
Servicios	7	6	1

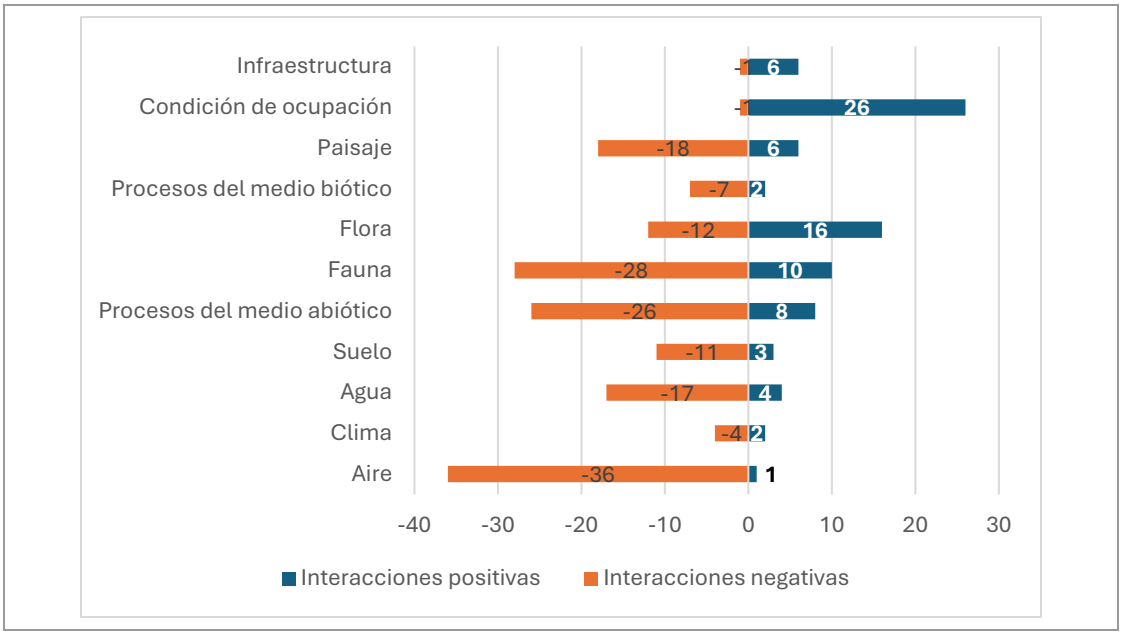
Subsistema	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Total	**245**	**84**	**161**



Con base en el número de interacciones identificadas se podría esperar que el factor más impactado sea la fauna y el menos impactado será infraestructura (Tabla 4).

Tabla V.4 Interacciones con el factor

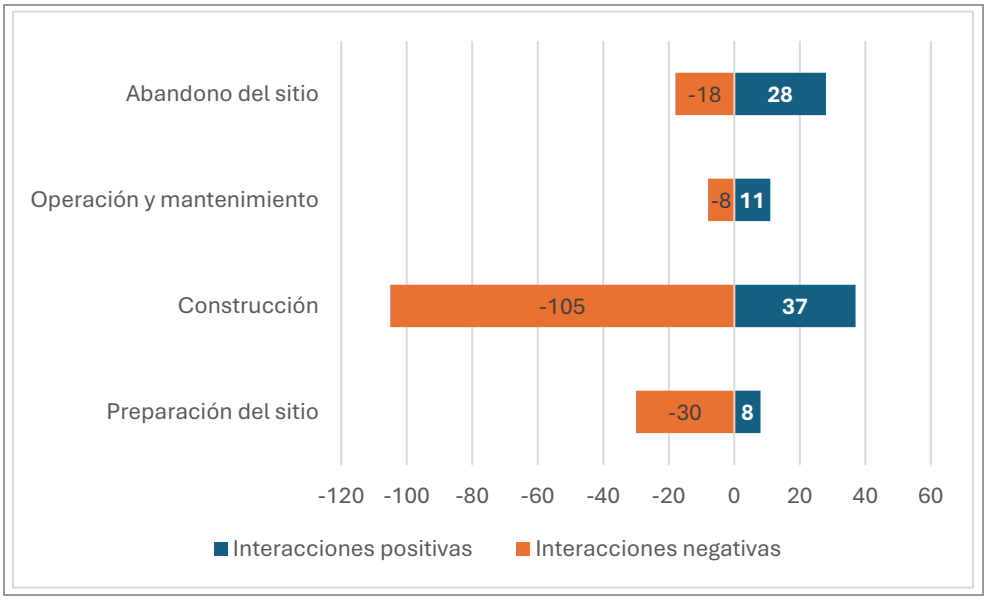
Factor	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Aire	37	1	36
Clima	6	2	4
Agua	21	4	17
Suelo	14	3	11
Procesos del medio abiótico	34	8	26
Fauna	38	10	28
Flora	28	16	12
Procesos del medio biótico	9	2	7
Paisaje	24	6	18
Condición de ocupación	27	26	1
Infraestructura	7	6	1
Total	**245**	**84**	**161**



La etapa en la que se generará el mayor número de interacciones con el medio, es en la etapa de construcción y las etapas en las que se genera el menor número de interacciones es en la operación y mantenimiento. El mayor número de interacciones negativas será en la etapa de construcción (Tabla 5).

Tabla V.5 Interacciones que se generarán en cada etapa del proyecto

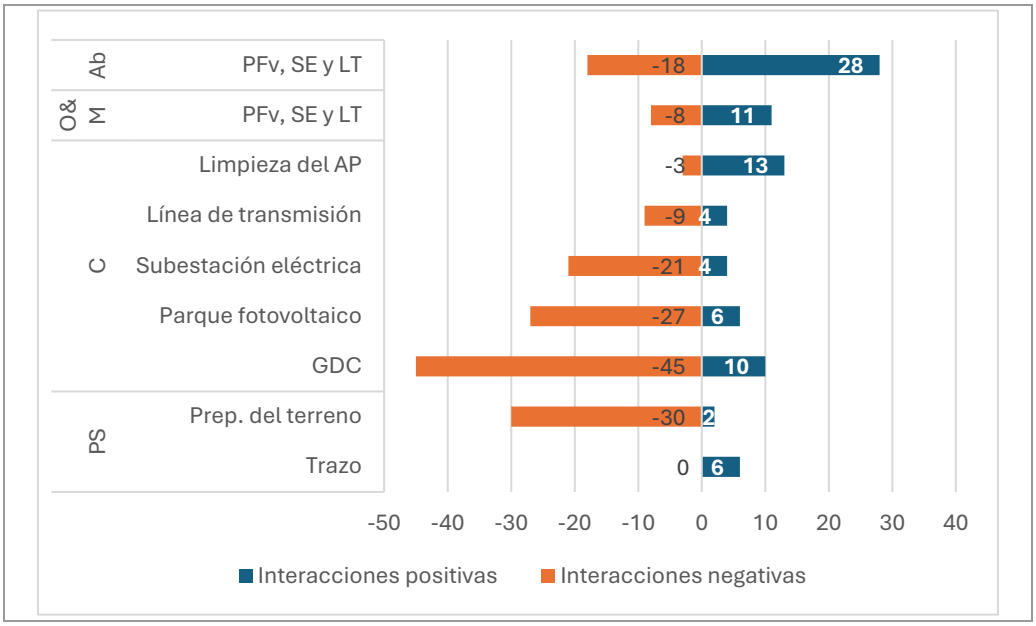
Etapa	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Preparación del sitio	38	8	30
Construcción	142	37	105
Operación y mantenimiento	19	11	8
Abandono del sitio	46	28	18
Total	**245**	**84**	**161**



El componente “generales durante la construcción” de la etapa construcción, es el componente con mayor número de acciones y a su vez es el componente que puede causar el mayor número de interacciones con los subfactores (Tabla 6).

Tabla V.6 Interacciones que potencialmente pueden generar los componentes

Etapa	Componente	Total de interacciones	Interacciones positivas	Interacciones negativas
Preparación del sitio	Trazo	6	6	0
	Preparación del terreno	32	2	30
Construcción	Generales durante la construcción	55	10	45
	Parque fotovoltaico	33	6	27
	Subestación eléctrica	25	4	21
	Línea de transmisión	13	4	9
	Limpieza del AP	16	13	3
Operación y mantenimiento	Parque fotovoltaico, subestación eléctrica y línea de transmisión	19	11	8
Abandono del sitio	Parque fotovoltaico, subestación eléctrica y línea de transmisión	46	28	18
	Total	**245**	**84**	**161**



V.1.1.4 Nominación de impactos

Se identificaron 20 posibles impactos ambientales, de los cuales 18 son impactos negativos y 2 son impactos positivos (Tabla 7), aun no calificados como significativos o no; cabe mencionar que solo serán evaluados los impactos negativos en cuanto su incidencia, magnitud, ya que la finalidad del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es evaluar, a través del documento de la MIA, los efectos que causan al ambiente, así como su posible mitigación, reducción o compensación, en tanto que, en estricto sentido, para los impactos positivos debe propiciarse su magnificación.

Tabla V.7 Relación de impactos, utilizando como criterio la naturaleza del efecto y el factor ambiental sobre el cual impactan

Factor	Subfactor	ID	Impacto ambiental	Signo del impacto
Aire	Calidad	1	Incremento temporal de partículas suspendidas.	-
	Confort sonoro	2	Incremento temporal en los niveles de ruido.	-
Clima	Microclima	3	Posible formación de islas de calor y deslumbramientos fuera de los límites del proyecto.	-
Agua	Calidad	4	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos.	-
	Cantidad	5	Disminución puntual de la infiltración.	-
Suelo	Calidad	6	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos.	-
		7	Disminución de la capacidad productiva del suelo y procesos biológicos.	-
	Erosión	8	Incremento de la susceptibilidad de erosión.	-

Factor	Subfactor	ID	Impacto ambiental	Signo del impacto
Procesos del medio abiótico	Drenaje superficial	9	Afectación puntual del curso de escorrentías.	-
Fauna	Riqueza y abundancia	10	Afectación a individuos de fauna que utilizan el área establecimiento del proyecto.	-
		11	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado del atropellamiento, la colisión y la electrocución.	-
	Hábitat	12	Modificación del hábitat natural en el área de establecimiento del proyecto.	-
	Endemismo y Especies en riesgo	13	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo.	-
Flora	Riqueza y abundancia	14	Disminución de la abundancia y diversidad de flora presente en el área del Proyecto.	-
	Cobertura de vegetación natural	15	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.	-
	Endemismo y especies en riesgo	16	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.	-
Procesos del medio biótico	Movilidad de especies	17	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales.	-
Paisaje	Calidad	18	Modificación de las características del paisaje.	-
Condición de ocupación	Empleo	19	Generación de empleos temporales y permanentes.	+
Infraestructura	Eléctrica	20	Generación de energía eléctrica mediante una fuente renovable que no contamina y reduce el uso de combustibles fósiles.	+

V.1.2 Valoración de impactos

El siguiente paso en la aplicación de la metodología para la evaluación de los impactos ambientales, es la valoración de los impactos detectados para determinar su significancia. Esta etapa del proceso se abordó en dos fases: en la primera, se identifica la significancia con bases cualitativas y tomando como referencia el alcance de la definición de impacto significativo que establece la fracción IX del artículo 3° del REIA. Mientras que en la segunda se basó en la propuesta de Gómez Orea (2013), modificada para permitir aplicar las definiciones y disposiciones del marco jurídico que regula este procedimiento (LGEEPA y su reglamento en materia de evaluación del impacto ambiental) (Figura 2).

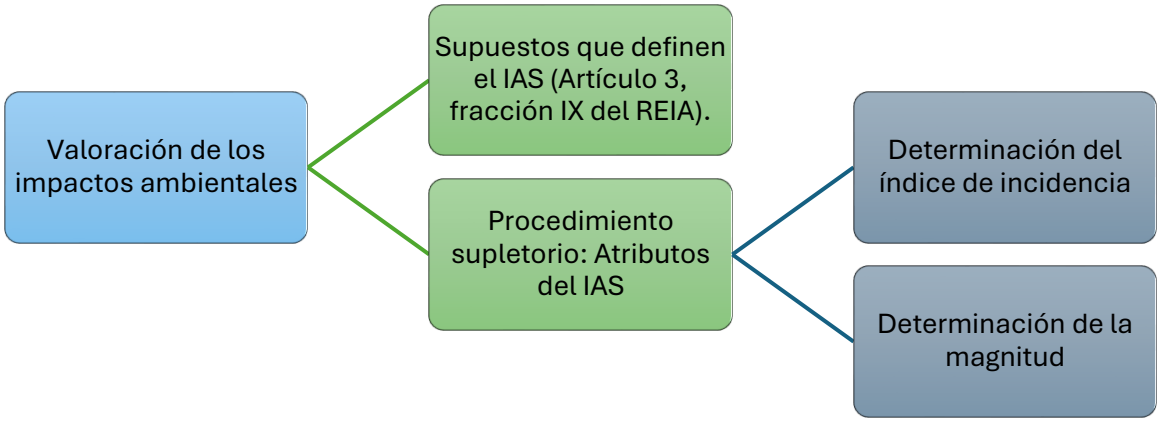


Figura V.2 Procedimiento para valorar la significancia de los impactos ambientales

V.1.2.1 Determinación de la significacncia

Como se ha mencionado con anterioridad, el primer procedimiento en la valoración de los impactos se ajustó a los lineamientos de la normatividad, en particular a las disposiciones del reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental (DOF 2014) y, en tal sentido, toda vez que la Ley (LGEEPA) dispone en la fracción XXI de su artículo 3° que la manifestación de impacto ambiental es el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo y, sobre la base de la definición que establece la fracción IX del artículo 3° del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (REIA/LGEEPA), el cual define que:

> *El impacto ambiental significativo o relevante es aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.*

En este sentido, asumiendo los alcances de la hermenéutica de esta definición como aquella que implica el que para que un impacto sea significativo éste debe satisfacer todos los supuestos que relaciona esa definición, resultó importante para la técnica definir los conceptos:

- Alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales,
- Alteración de la salud,
- Obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre,
- Obstaculización de la existencia y desarrollo de los seres vivos,
- Obstaculización de la continuidad de los procesos naturales.

En tal sentido, la acepción con la que se asumen los conceptos anteriores en la determinación del impacto significativo se describe a continuación (Tabla 8).

Tabla V.8 Definición de los conceptos determinantes de la significancia del impacto, según la definición que establece el REIA/LGEEPA para el impacto significativo

Concepto	Significado
Alteraciones en los ecosistemas y	Si por alteración se entiende la acción que propicia cambiar la esencia o forma de algo (*Alterar: cambiar la esencia o forma de algo*, DRAE, 2020), entonces, el concepto de alteración en los

Concepto	Significado
sus recursos naturales.	ecosistemas y sus recursos naturales se asume como aquel efecto que provoca un cambio en la esencia o la forma de los ecosistemas y, si consideramos que la esencia de los ecosistemas es su organización para que funcionen como la *unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de estos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados* (Fracción XIII, Artículo 3°, LGEEPA), un impacto alcanzará significancia cuando cambie la esencia de la función de los ecosistemas y estos dejen de conformar la unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con su ambiente, lo que equivaldrá a la alteración radical de su integridad funcional y de su capacidad de carga.
Alteración de la salud.	El DRAE, 2020 define al verbo alterar como "*cambiar la esencia o la forma de algo*". Por lo que se refiere al sujeto recepto de la *alteración*, éste no se encuentra explícitamente identificado en el concepto que define el REIA/LGEEPA, pero es de inferirse que ese atributo está dirigido hacia las personas, toda vez que la fracción I del artículo 1 de la LGEEPA dispone que este instrumento establece las bases para "Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, **salud** y bienestar." Consecuentemente, un impacto significativo será aquel que modifique en sentido negativo el estado de salud de las personas, esto es que le afecte y que consecuentemente vaya en detrimento su estado físico.
Obstaculización de la existencia y desarrollo del hombre.	El DRAE define obstaculizar como "*Impedir o dificultar la consecución de un propósito*"; consecuentemente, un impacto será significativo cuando impida la existencia del hombre y cuando impida su desarrollo, entendiendo por lo primero la afectación negativa de la vida del hombre y de la continuidad de sus procesos vitales (desarrollo). Esto equivale a considerar, que la significancia del impacto, sustentada en este concepto implicaría poner en riesgo la vida de las personas y su desarrollo en el más amplio sentido.
Obstaculización de la existencia y desarrollo de los seres vivos.	Al igual que el concepto anterior, en este rubro el impacto será significativo cuando impida la existencia de los seres vivos (en general de todos aquellos que conforman la biota, flora y fauna) y cuando impida su desarrollo, entendiendo por lo primero la afectación negativa de la vida de los seres vivos y de la continuidad de sus procesos vitales.
Obstaculización de la continuidad de los procesos naturales.	Todo lo que ocurre en la naturaleza, son procesos o transformaciones naturales, y una característica de todos ellos es que se desarrollan durante un lapso de tiempo (ninguno es instantáneo). Algunos ejemplos de procesos naturales son el envejecimiento, la erosión, la fotosíntesis, el ciclo del agua, la productividad primaria, el ciclo de la energía, la respiración, la reproducción, la evaporación es un proceso o transformación natural; en consecuencia el número de "procesos naturales es prácticamente de difícil cuantificación; por lo tanto el texto que se analiza, el cual forma parte de la definición contenida en la fracción IX del artículo 3° del REIA/LGEEPA, al no acotar el concepto "procesos naturales", alude a todos aquellos procesos que se dan en la naturaleza y que aseguran la funcionalidad de sus diversas estructuras. Por otra parte, la palabra continuidad alude a la unión natural que tienen entre si las partes de un *continuum*, lo que equivale a considerar que su utilización en la frase *continuidad de los procesos naturales*, implica que esto, los procesos naturales, están unidos y se desarrollan en el tiempo de manera secuencial, uniforme e ininterrumpida. Consecuentemente para que un impacto sea significativo deberá incidir en alterar alguna o algunas de las partes de esos *continuum* integrados por los procesos de transformación que ocurren en la naturaleza.

Vista así, la definición del concepto impacto ambiental significativo, resulta de una aplicabilidad difícil de satisfacer para los efectos sobre los factores del ambiente que puede generar el proyecto objeto del presente documento; en la práctica, este tipo de impactos, acotados al cumplimiento de todos y cada uno de los supuestos referidos en la fracción IX del artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental (DOF 2014), resulta casi imposible de que ocurran dado el alcance extremo de algunos de esos supuestos descritos en la tabla anterior; por ejemplo el que un impacto incida sobre la existencia y desarrollo de las personas, implicaría alcanzar un estatus de daño que el común de los proyectos no registra, lo mismo el cambiar de la esencia de los ecosistemas y/o de los recursos naturales ubicados en el área de influencia del proyecto o, en un alcance aún más extremo y en la aplicación literal del texto del Reglamento, el que un impacto

obstaculice los procesos naturales y con ello alcance nivel de significancia implicaría prácticamente un efecto perturbador de dimensiones poco comunes y que no se predice que puedan ocasionar las afectaciones potenciales del parque solar.

Por ello y con base en las definiciones desarrolladas en la Tabla 8, para determinar si alguno de los impactos negativos que podría generar el proyecto y que han sido identificados en este capítulo, podría alcanzar el nivel de impacto ambiental significativo, se desarrolló un ejercicio basado en el análisis del alcance que dicho efecto podría llegar a ocasionar, señalando con un "si" el caso en el que el supuesto se satisfaga y con un "no", cuando el supuesto no puede ser satisfecho o, lo que es lo mismo, cuando dicho supuesto no puede alcanzarse. Se anticipa, de acuerdo a la interpretación gramatical del texto de la fracción IX del artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental que, para que el impacto bajo análisis resulte significativo debe satisfacer al conjunto de cada uno de los supuestos que integran dicha definición; tal ejercicio se representa en el contenido de la Tabla 9; se destaca que el empleo de las palabras "si" y "no" en el ejercicio antes reseñado es arbitrario y que lo mismo podría haberse adjudicado un valor cualquiera para cuando el efecto se reconozca que ocurre o un valor de cero para cuando el supuesto no se cumpla; el resultado hubiera sido el mismo, para que el impacto fuera significativo deberá, siempre, registrar la ocurrencia en todos y cada uno de los supuestos.

Tabla V.9 Determinación de la significancia de los impactos del proyecto con base en los supuestos de la fracción IX del artículo 3° del REIA

	Impactos ambientales	Signo del impacto	Supuestos establecidos fracción IX del REIA							IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO
			ORIGEN		ALTERA		OBSTACULIZA			
			Hombre	Naturaleza	Ecosistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia del hombre y desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
1	Incremento temporal de partículas suspendidas	-	Si	No	No	Si	No	No	No	No
2	Incremento temporal en los niveles de ruido	-	Si	No	No	Si	No	No	No	No
3	Posible formación de islas de calor y deslumbramientos fuera de los límites del proyecto.	-	Si	No	Si	No	No	No	No	No
4	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	-	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
5	Disminución puntual de la infiltración	-	Si	No	No	No	No	No	No	No
6	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	-	Si	No	Si	Si	No	No	No	No
7	Disminución de la capacidad productiva del suelo y procesos biológicos.	-	Si	No	No	No	No	No	No	No
8	Incremento de la susceptibilidad de erosión	-	Si	No	Si	No	No	No	No	No
9	Afectación puntual del curso de escorrentías	-	Si	No	No	No	No	No	No	No

	Impactos ambientales	Signo del impacto	Supuestos establecidos fracción IX del REIA							IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO
			ORIGEN		ALTERA		OBSTACULIZA			
			Hombre	Naturaleza	Ecosistemas y sus recursos naturales	Salud	Existencia del hombre y desarrollo del hombre	Existencia y desarrollo de los demás seres vivos	Continuidad de los procesos naturales	
10	Afectación a individuos de fauna que utilizan el área establecimiento del proyecto	-	Si	No	No	No	No	No	No	No
11	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado del atropellamiento, la colisión y la electrocución	-	Si	No	No	No	No	No	No	No
12	Modificación del hábitat natural en el área de establecimiento del proyecto	-	Si	No	Si	No	No	Si	No	No
13	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	-	Si	No	Si	No	No	No	No	No
14	Disminución de la abundancia y diversidad de flora presente en el área del Proyecto.	-	Si	No	Si	No	No	No	No	No
15	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto	-	Si	No	Si	No	No	Si	No	No
16	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	-	Si	No	Si	No	No	No	No	No
17	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	-	Si	No	Si	No	No	No	No	No
18	Modificación de las características del paisaje.	-	Si	No	No	No	No	No	No	No
19	Generación de empleos temporales y permanentes	+	---	---	---	---	---	---	---	---
20	Generación de energía eléctrica mediante una fuente renovable que no contamina y reduce el uso de combustibles fósiles	+	---	---	---	---	---	---	---	---

Los resultados del ejercicio realizado no arrojaron la identificación de significancia para ningún impacto, debido a que ninguno de los impactos negativos satisfizo la totalidad de los alcances que, respecto a la significancia del efecto, establece el precepto reseñado en la fracción IX del artículo 3º del Reglamento de la LGEEPA en materia de la Evaluación del Impacto Ambiental. Se destaca que la interpretación sistemática, armónica, gramatical e integral de dicha definición obliga a considerar a todos los supuestos que la conforman como requisito para que un impacto sea significativo y, dado el alcance de varios de esos conceptos, resulta explicable la razón por la cual no se identifica significancia en ninguno de los 18 impactos negativos del proyecto.

En una aplicación estricta de la norma jurídica, con el resultado alcanzado con el ejercicio resumido en la tabla anterior, debería de haberse concluido la integración de la MIA-R, informándole a la autoridad que no hay impacto ambiental significativo que reportar en base a la definición multicitada con anterioridad, toda vez que la definición de MIA refiere a que es el documento a través del cual

se da a conocer el impacto ambiental significativo de un proyecto; sin embargo el promotor del proyecto tiene como objetivo impulsar un proyecto sustentable y, ante tal enfoque se abocó a identificar los impactos que por su incidencia y magnitud destacan por encima del resto, para lo cual se llevó adelante el desarrollo de la técnica de Gómez Orea (2013), con la cual es factible alcanzar este objetivo.

Derivado de lo anterior, fue preciso aplicar el procedimiento supletorio, dicha técnica establece que una vez identificados los impactos es necesario determinar, su valor de la incidencia.

V.1.2.2 Determinación de la incidencia

La incidencia se refiere a la severidad y forma de la alteración que provoca el impacto. Se evaluó mediante atributos cualitativos con valores de 1 a 3, donde el valor más alto representa la condición ambiental más desfavorable. El índice de incidencia estandarizado permite clasificar los impactos como despreciables, no significativos o destacables.

Tabla V.10 Atributos de impacto para determinar incidencia.

Atributo	Interpretación	Código/valor
Signo del efecto	Benéfico / perjudicial / indeterminado	+ / - / x
Inmediatez	Directo o indirecto, según la proximidad causal del efecto	1 a 3
Acumulación	Simple o acumulativo	1 a 3
Sinergia	No sinérgico o sinérgico	1 a 3
Momento	Corto, mediano o largo plazo	1 a 3
Persistencia	Temporal o permanente	1 a 3
Reversibilidad	Corto, mediano, largo plazo o no reversible	1 a 3
Recuperabilidad	Recuperable o irrecuperable	1 a 3
Continuidad	Discontinuo o continuo	1 a 3
Periodicidad	Aparición irregular o periódica	1 a 3

Tabla V.11 Categorías de destacabilidad de los impactos ambientales evaluados.

Categoría	Interpretación	Intervalo de valores
Despreciable	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes o procesos que no comprometen su integridad.	Menor a 0.33
No significativo	Se afectan procesos o componentes sin poner en riesgo la estructura o funcionamiento de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34 a 0.59
Destacable	Se pueden generar alteraciones que, sin medidas, pueden afectar el funcionamiento o la estructura de componentes ambientales dentro del SAR.	Mayor a 0.60

Tabla V.12 Relación de impactos destacables.

ID	Impacto ambiental	Índice I	Ii	Categoría
1	Incremento temporal de partículas suspendidas.	13	0.22	Despreciable
2	Incremento temporal en los niveles de ruido.	13	0.22	Despreciable
3	Posible formación de islas de calor y deslumbramientos fuera de los límites del proyecto.	19	0.56	No significativo
4	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes, sustancias asociadas al BESS o por el manejo inadecuado de residuos.	16	0.39	No significativo
5	Disminución puntual de la infiltración y modificación del escurrimiento local.	12	0.17	Despreciable
6	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes, sustancias asociadas al BESS o por el manejo inadecuado de residuos.	16	0.39	No significativo
7	Disminución de la capacidad productiva del suelo y procesos biológicos.	23	0.78	Destacable
8	Incremento de la susceptibilidad de erosión.	17	0.44	No significativo

ID	Impacto ambiental	Índice I	Ii	Categoría
9	Afectación puntual del curso de escorrentías.	20	0.61	Destacable
10	Afectación a individuos de fauna que utilizan el área de establecimiento del proyecto.	16	0.39	No significativo
11	Incremento en la tasa de mortalidad de fauna derivado del atropellamiento, la colisión, la electrocución o el contacto con infraestructura eléctrica.	21	0.67	Destacable
12	Modificación del hábitat natural en el área de establecimiento del proyecto.	22	0.72	Destacable
13	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo.	21	0.67	Destacable
14	Disminución de la abundancia y diversidad de flora presente en el área del proyecto.	23	0.78	Destacable
15	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.	23	0.78	Destacable
16	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.	21	0.67	Destacable
17	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales.	24	0.83	Destacable
18	Modificación de las características del paisaje.	23	0.78	Destacable
Total	Impactos negativos evaluados: 18; despreciables: 3; no significativos: 5; destacables: 10.			

V.1.3 Descripción y determinación de magnitud de los impactos destacables

V.1.3.1 Indicadores de impacto

La magnitud de las alteraciones potenciales puede expresarse mediante indicadores cuantitativos o cualitativos, según la naturaleza del factor ambiental. Para BALAM SOLAR, varios indicadores deberán ajustarse con los resultados definitivos de campo, especialmente en flora y fauna. Cuando no se cuenta aún con datos taxonómicos definitivos, se presenta una valoración cualitativa preliminar y se señala el insumo requerido para cerrar la estimación.

V.1.3.2 Estimación de la magnitud

La magnitud del impacto se interpreta en una escala de 0 a 1, donde valores cercanos a 0 corresponden a impactos compatibles o de baja expresión, y valores cercanos a 1 corresponden a impactos críticos. En esta versión, los valores cuantitativos se mantienen como referencia metodológica cuando el indicador depende de una proporción o superficie disponible; cuando el indicador requiere muestreo de campo definitivo, se señala como pendiente de integración.

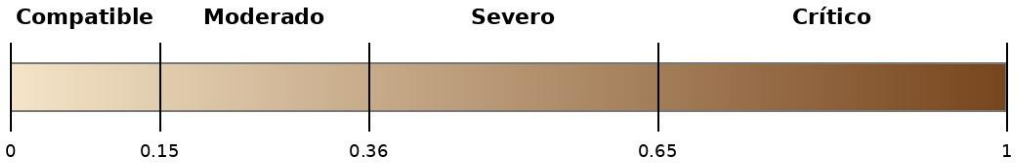


Figura V.3 Escala de calificación del impacto.

Tabla V.13 Incremento temporal de partículas suspendidas.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Aire
Subfactor en el que incide	Calidad
Etapas	PS, C, A
Síntesis descriptiva	La calidad del aire podrá verse afectada de manera temporal por emisiones de maquinaria y vehículos, así como por polvos fugitivos generados durante desmonte, despalme, excavaciones, compactaciones, nivelaciones, cortes, rellenos y tránsito interno. El efecto será local, temporal y reversible al concluir las actividades que lo originan.

Elemento	Descripción
Magnitud / criterio preliminar	Impacto despreciable; no requiere estimación cuantitativa específica en esta versión.

Tabla V.14 Incremento temporal en los niveles de ruido.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Aire
Subfactor en el que incide	Confort sonoro
Etapas	PS, C, A
Síntesis descriptiva	El confort sonoro podrá alterarse temporalmente por el uso de maquinaria, vehículos, equipos de construcción y presencia de personal. La etapa de operación tendrá emisiones sonoras limitadas y asociadas principalmente a mantenimiento puntual, inversores, transformadores y equipos auxiliares.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto despreciable; se controlará con mantenimiento de maquinaria, horarios de trabajo y uso de equipo en buen estado.

Tabla V.15 Posible formación de islas de calor y deslumbramientos fuera de los límites del proyecto.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Clima
Subfactor en el que incide	Microclima
Etapas	OyM
Síntesis descriptiva	Los módulos fotovoltaicos pueden modificar el balance energético superficial, generar sombras, cambios de albedo y calentamiento localizado en el área ocupada por estructuras. En el contexto de Bacalar, con clima cálido subhúmedo, ventilación natural y presencia de vegetación remanente, el efecto se considera local y limitado al área de paneles. Los módulos con recubrimiento antirreflejante reducen el potencial de deslumbramiento.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto no significativo. Se recomienda validar con análisis de deslumbramiento cuando existan receptores sensibles cercanos.

Tabla V.16 Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes, sustancias asociadas al BESS o por el manejo inadecuado de residuos.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Agua
Subfactor en el que incide	Calidad
Etapas	PS, C, OyM, A
Síntesis descriptiva	La calidad del agua podría alterarse ante derrames accidentales de hidrocarburos, lubricantes, aceites, residuos peligrosos, aguas residuales de sanitarios portátiles o sustancias asociadas al sistema BESS. Por la naturaleza kárstica de la península de Yucatán, la prevención de derrames y la contención inmediata son críticas.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto no significativo si se aplican medidas preventivas, manejo de residuos, áreas impermeabilizadas para mantenimiento y protocolos de atención a derrames.

Tabla V.17 Disminución puntual de la infiltración y modificación del escurrimiento local.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Agua
Subfactor en el que incide	Patrón de escurrimiento
Etapas	PS, C, OyM, A
Síntesis descriptiva	El retiro de vegetación, compactación puntual y habilitación de plataformas puede modificar localmente la infiltración y el escurrimiento. La mayor parte del área de seguidores solares conservará superficies permeables; las áreas impermeables se limitarán a edificaciones, plataformas, cimentaciones y áreas técnicas.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto despreciable a no significativo. Requiere integrar el diseño hidráulico definitivo y mantener la continuidad de escurrimientos naturales.

Tabla V.18 Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes, sustancias asociadas al BESS o por el manejo inadecuado de residuos.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Suelo
Subfactor en el que incide	Calidad
Etapas	PS, C, OyM, A
Síntesis descriptiva	El suelo podría alterarse por derrames accidentales, manejo inadecuado de residuos y actividades de mantenimiento de maquinaria o equipos. En operación, el BESS y subestaciones requieren controles específicos para residuos peligrosos, aceites dieléctricos, baterías y materiales de mantenimiento.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto no significativo con manejo adecuado; se requiere plan de manejo de residuos y contingencias.

Tabla V.19 Disminución de la capacidad productiva del suelo y procesos biológicos.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Suelo
Subfactor en el que incide	Calidad
Etapas	PS, C, OyM, A
Síntesis descriptiva	La remoción de cobertura vegetal, el despalme y la compactación alteran propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La pérdida de materia orgánica y microfauna reduce la capacidad productiva y la recuperación natural de áreas intervenidas.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable. Su magnitud dependerá de la superficie efectiva de intervención permanente y temporal, así como de las medidas de rescate de suelo fértil, revegetación y restauración.

Tabla V.20 Incremento de la susceptibilidad de erosión.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Procesos del medio abiótico
Subfactor en el que incide	Erosión
Etapas	PS, C, A
Síntesis descriptiva	La exposición del suelo durante preparación y construcción incrementa la susceptibilidad a erosión hídrica, especialmente durante eventos de lluvia intensa. Las pendientes locales y la cobertura vegetal remanente condicionarán la magnitud del proceso.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto no significativo a destacable localmente. Deben incorporarse obras de control de escurrimiento, estabilización y revegetación.

Tabla V.21 Afectación puntual del curso de escorrentías.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Procesos del medio abiótico
Subfactor en el que incide	Drenaje superficial
Etapas	PS, C, OyM
Síntesis descriptiva	El proyecto puede modificar escurrimientos puntuales por plataformas, caminos, zanjas, cimentaciones y nivelaciones. La afectación será local y mitigable mediante alcantarillas, cunetas, pasos hidráulicos y conservación de cauces o escurrimientos preferentes.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable por la sensibilidad hidrológica regional; requiere validar con el plano hidráulico definitivo.

Tabla V.22 Afectación a individuos de fauna que utilizan el área de establecimiento del proyecto.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Fauna
Subfactor en el que incide	Riqueza y abundancia
Etapas	PS, C, A
Síntesis descriptiva	La fauna que utiliza el AeP podría ser desplazada o afectada durante desmonte, tránsito de maquinaria, apertura de zanjas y presencia humana. Los organismos de lento desplazamiento son más vulnerables.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto no significativo con programas de rescate, ahuyentamiento y supervisión. La magnitud definitiva requiere integrar el inventario de fauna del proyecto.

Tabla V.23 Incremento en la tasa de mortalidad de fauna derivado del atropellamiento, la colisión, la electrocución o el contacto con infraestructura eléctrica.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Fauna
Subfactor en el que incide	Riqueza y abundancia
Etapas	PS, C, OyM, A
Síntesis descriptiva	Durante construcción y abandono puede incrementarse el riesgo de atropellamiento. En operación, el riesgo se asocia con colisión o electrocución en obras eléctricas, aunque la longitud de evacuación prevista es reducida.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable. La magnitud final dependerá de especies registradas, altura de vuelo, rutas locales y diseño de estructuras eléctricas.

Tabla V.24 Modificación del hábitat natural en el área de establecimiento del proyecto.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Fauna
Subfactor en el que incide	Hábitat
Etapas	PS, C, OyM
Síntesis descriptiva	La modificación del hábitat se deriva de la remoción de vegetación, transformación de cobertura y ocupación permanente por infraestructura. Aunque existen áreas de reserva, la modificación dentro del AeP será directa y persistente.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable y residual. Requiere integrar superficies definitivas de cambio de uso de suelo, áreas de conservación y restauración.

Tabla V.25 Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Fauna
Subfactor en el que incide	Endemismo y especies en riesgo
Etapas	PS, C, OyM, A
Síntesis descriptiva	La posible afectación a especies endémicas o bajo categoría de riesgo dependerá de los registros de campo y de la presencia de microhábitats críticos. La etapa de preparación representa el mayor riesgo para reptiles, anfibios y mamíferos pequeños.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable en forma precautoria. La magnitud definitiva requiere el listado NOM-059 y endemismos del muestreo de campo.

Tabla V.26 Disminución de la abundancia y diversidad de flora presente en el área del proyecto.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Flora
Subfactor en el que incide	Riqueza y abundancia
Etapas	PS, C
Síntesis descriptiva	La remoción de vegetación reducirá individuos y cobertura de flora en las áreas permanentes y temporales. La afectación será directa en zonas de desmonte y despalme.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable. La magnitud debe calcularse con superficies finales por tipo de vegetación y resultados del inventario forestal.

Tabla V.27 Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Flora
Subfactor en el que incide	Cobertura de vegetación natural
Etapas	PS, C
Síntesis descriptiva	La reducción de cubierta vegetal forestal es uno de los impactos centrales del proyecto, por la ocupación permanente de la planta FV, BESS, subestaciones y obras de evacuación. Las zonas de reserva y conservación reducen la presión sobre el SAR, pero no eliminan el impacto en el AeP.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable y residual. Requiere incorporar la superficie autorizada de cambio de uso de suelo y el programa de compensación.

Tabla V.28 Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Flora
Subfactor en el que incide	Endemismo y especies en riesgo
Etapas	PS, C
Síntesis descriptiva	La afectación potencial a especies endémicas o en riesgo dependerá de la presencia registrada en campo. Debe priorizarse el rescate y reubicación de individuos viables, particularmente especies protegidas o de lento crecimiento.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable en forma precautoria. Requiere listado florístico definitivo, NOM-059, endemismos y plan de rescate.

Tabla V.29 Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Procesos del medio biótico
Subfactor en el que incide	Movilidad de especies
Etapas	PS, C, OyM
Síntesis descriptiva	El vallado perimetral, caminos internos y áreas ocupadas pueden modificar rutas locales de desplazamiento de fauna. El efecto barrera será menor si se incorporan pasos de fauna, permeabilidad del cercado y zonas de conservación conectadas.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable. Debe ajustarse con información de corredores locales y resultados de monitoreo de fauna.

Tabla V.30 Modificación de las características del paisaje.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Paisaje
Subfactor en el que incide	Calidad
Etapas	PS, C, OyM
Síntesis descriptiva	La instalación de módulos, seguidores, BESS, subestaciones y obras de evacuación transformará el paisaje local, sustituyendo usos agropecuarios y vegetación por infraestructura energética. El cambio será perceptible desde caminos y zonas cercanas, aunque de alcance regional limitado.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto destacable y residual por permanencia visual de infraestructura durante la vida útil del proyecto.

Tabla V.31 Generación de empleos temporales y permanentes.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Población
Subfactor en el que incide	Empleo
Etapas	PS, C, OyM, A
Síntesis descriptiva	El proyecto generará empleo temporal durante preparación y construcción, y empleo especializado durante operación y mantenimiento. También impulsará demanda de servicios locales.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto positivo. Debe maximizarse mediante contratación local y capacitación.

Tabla V.32 Generación de energía eléctrica mediante una fuente renovable y fortalecimiento de infraestructura de almacenamiento y evacuación eléctrica.

Elemento	Descripción
Factor en el que incide	Infraestructura
Subfactor en el que incide	Infraestructura eléctrica
Etapas	OyM
Síntesis descriptiva	La generación renovable, el almacenamiento mediante BESS y la evacuación en 230 kV contribuyen a fortalecer la disponibilidad de energía eléctrica y la gestión de potencia.
Magnitud / criterio preliminar	Impacto positivo. Debe maximizarse mediante operación segura, mantenimiento y cumplimiento normativo.

V.1.4 Impactos residuales

Los impactos residuales son aquellos que persisten después de la aplicación de medidas de mitigación o que no pueden ser eliminados totalmente por su propia naturaleza. En BALAM SOLAR se reconocen como residuales aquellos relacionados con la ocupación permanente del suelo, la modificación del hábitat, la reducción de cobertura vegetal y la modificación del paisaje.

Tabla V.33 Impactos con carácter de residual.

Factor	Impacto ambiental	Residual	Justificación
Suelo	Disminución de la capacidad productiva del suelo y procesos biológicos.	Sí	La ocupación permanente y compactación de áreas técnicas no permite restituir totalmente las condiciones originales durante la vida útil del proyecto.
Fauna	Incremento en la tasa de mortalidad de fauna por atropellamiento, colisión o electrocución.	Sí	Persistirá un riesgo bajo durante operación, sujeto a monitoreo y medidas de diseño.
Fauna	Modificación del hábitat natural en el área de establecimiento del proyecto.	Sí	El hábitat se transforma en las áreas ocupadas por infraestructura.
Flora	Disminución de la abundancia y diversidad de flora presente en el área del proyecto.	Sí	La pérdida de individuos no se recupera totalmente en áreas permanentes.
Flora	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto.	Sí	La cobertura removida en áreas permanentes se mantiene ausente durante la vida útil.
Procesos del medio biótico	Alteración de patrones naturales de desplazamiento de fauna.	Sí	El efecto barrera del vallado e infraestructura puede persistir durante operación.
Paisaje	Modificación de las características del paisaje.	Sí	La presencia de módulos, BESS, subestaciones y líneas modifica la calidad visual hasta el abandono o desmantelamiento.

V.1.5 Impactos acumulativos

El impacto acumulativo se entiende como el efecto que resulta del incremento de impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. En el SAR de BALAM SOLAR, los principales procesos que pueden contribuir a la acumulación corresponden a actividades agropecuarias, caminos, líneas eléctricas existentes, cambios de cobertura vegetal, asentamientos y apertura de áreas productivas.

La determinación final de impactos acumulativos deberá cruzarse con la cartografía de proyectos autorizados y actividades existentes dentro del SAR. De manera preliminar, se identifican procesos acumulativos asociados con pérdida gradual de vegetación, modificación de hábitat, alteración de movilidad de fauna, erosión local y modificación del paisaje.

Tabla V.34 Impactos ambientales presentes en el SAR.

Actividad o proyecto identificado	Impactos ambientales asociados
Agricultura y ganadería	Compactación del suelo, remoción de vegetación, fragmentación de hábitat, erosión y modificación del paisaje.
Caminos y brechas	Atropellamiento de fauna, polvo, ruido, fragmentación y cambio de escurrimientos locales.
Líneas eléctricas existentes	Riesgo de colisión o electrocución para aves, modificación del paisaje e infraestructura lineal.
Asentamientos rurales	Generación de residuos, presión sobre vegetación secundaria y demanda de servicios.
BALAM SOLAR	Reducción de cobertura vegetal, modificación del hábitat, cambio paisajístico, ocupación de suelo e infraestructura eléctrica.

Tabla V.35 Impactos acumulativos.

Factor	Impacto ambiental acumulativo
Procesos del medio abiótico	Incremento de la susceptibilidad de erosión
Fauna	Desplazamiento de fauna silvestre
Fauna	Incremento en la tasa de mortalidad de fauna derivado del atropellamiento, colisión o electrocución
Fauna	Reducción y modificación del hábitat natural
Flora	Reducción de la cobertura vegetal forestal
Procesos del medio biótico	Alteración de patrones naturales de desplazamiento de fauna silvestre
Paisaje	Modificación del paisaje

V.1.6 Impactos sinérgicos

Un impacto sinérgico se produce cuando el efecto conjunto de varias acciones genera una incidencia ambiental mayor que la suma de sus efectos individuales considerados aisladamente. Para BALAM SOLAR, la sinergia se analiza en relación con la interacción entre desmonte, compactación, infraestructura permanente, vallado, caminos internos, BESS, subestaciones y obras de evacuación eléctrica.

En esta fase preliminar no se identifican impactos sinérgicos críticos que rebasen la capacidad de manejo ambiental del proyecto, siempre que se apliquen medidas de prevención, mitigación, rescate, restauración, manejo de residuos, control de escurrimientos, protección de fauna y monitoreo. No obstante, la combinación de reducción de cobertura vegetal, modificación de hábitat, efecto barrera y cambio paisajístico sí puede reforzar procesos de fragmentación local, por lo que debe atenderse de manera integrada en el capítulo VI mediante medidas de mitigación y compensación.

V.2 BIBLIOGRAFÍA

- APLIC. 2012. Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012. Avian Power Line Interaction Committee.
- Barron-Gafford, G. A., et al. 2016. The Photovoltaic Heat Island Effect: Larger solar power plants increase local temperatures. Scientific Reports.
- Canter, L. W. 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental. McGraw-Hill.
- Conesa Fernández-Vítora, V. 2010. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental.
- Gómez Orea, D. y Gómez Villarino, M. T. 2013. Evaluación de impacto ambiental. Mundi-Prensa.
- LGEEPA. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
- REIA. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.
- SEMARNAT. 2022. Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional.
- Xu, et al. 2024. Evaluaciones recientes de temperatura superficial y albedo en instalaciones fotovoltaicas a escala regional y global.

Capítulo VI

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

MAYO 2026

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[I]

[I] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

ÍNDICE DE CONTENIDO

VI ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL VI-1

VI.1 Impactos ambientales identificados VI-1

VI.2 Procesos para mejorar y adoptar medidas VI-2

VI.2.1 Clasificación de las medidas de mitigación VI-3

VI.2.2 Selección de medidas de prevención, mitigación y/o compensación VI-4

VI.3 Diseño e integración de las estrategias VI-7

VI.3.1 Descripción de las estrategias o sistema de medidas de mitigación VI-7

VI.3.1.1 Estrategia 1: Conservación de la calidad atmosférica VI-7

VI.3.1.2 Estrategia 2: Conservación de las condiciones edáficas VI-7

VI.3.1.3 Estrategia 3: Preservación de la calidad del agua VI-8

VI.3.1.4 Estrategia 4: Conservación de los indicadores de biodiversidad VI-8

VI.3.1.5 Estrategia 5: Conservación de las condiciones paisajísticas VI-9

VI.4 Ejecución de medidas VI-10

VI.5 Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) VI-11

VI.6 Bibliografía VI-12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VI.1 Impactos ambientales identificados en el Capítulo V. VI-2
Tabla VI.2 Relación de medidas seleccionadas para cada uno de los impactos. VI-4
Tabla VI.3 Relación de medidas seleccionadas a ser aplicadas. VI-5
Tabla VI.4 Descripción de la línea estratégica “Conservación de la calidad atmosférica”. VI-7
Tabla VI.5 Descripción de la línea estratégica “Conservación de las condiciones edáficas”. VI-8
Tabla VI.6 Descripción de la línea estratégica “Preservación de la calidad del agua”. VI-8
Tabla VI.7 Descripción de la línea estratégica “Conservación de los indicadores de biodiversidad”. VI-9
Tabla VI.8 Descripción de la línea estratégica “Conservación de las condiciones paisajísticas”. VI-9
Tabla VI.9 Programas propuestos, indicadores y resultados esperados. VI-10
Tabla VI.10 Calendario de aplicación de las medidas. VI-10

ÍNDICE DE FIGURAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

VI ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Como resultado de la aplicación de las técnicas de identificación y evaluación de impactos ambientales desarrolladas en el Capítulo V de la presente MIA-R, se obtuvieron y señalaron los impactos ambientales negativos y positivos que pudieran derivarse de la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono del proyecto BALAM SOLAR. En este capítulo se establecen las estrategias, medidas y programas orientados a prevenir, mitigar, controlar, compensar o dar seguimiento a dichos impactos en el contexto del Sistema Ambiental Regional (SAR).

El SAR definido para el proyecto comprende una superficie de 19,958.6168 ha y abarca porciones de los municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo. Dentro de este ámbito regional, el proyecto se integra por la planta fotovoltaica, el sistema de almacenamiento de energía en baterías (BESS), la subestación elevadora, la subestación de maniobras, la línea aérea de alta tensión y las obras de apertura e interconexión correspondientes. Por ello, las medidas aquí propuestas atienden tanto los efectos asociados a las obras civiles de una central fotovoltaica como aquellos vinculados con equipos eléctricos, baterías, transformadores, residuos, seguridad ambiental y continuidad ecológica.

El conjunto de medidas de prevención, mitigación, corrección, control, compensación y seguimiento tiene como objetivo principal evitar, disminuir, modificar, restaurar o compensar el efecto del proyecto sobre los factores ambientales identificados. Para tal efecto se retoman las definiciones del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental, así como los criterios metodológicos de la guía de SEMARNAT para MIA regional.

Medidas de prevención: conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro al ambiente.

Medidas de mitigación: conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización del proyecto en cualquiera de sus etapas.

Adicionalmente, se consideran medidas de compensación para aquellos impactos que, por su naturaleza, no puedan ser eliminados por completo y requieran acciones equivalentes de restauración, rescate, reubicación, sucesión natural o mejoramiento ambiental. En este sentido, las medidas propuestas no se limitan a los impactos que pudieran presentarse dentro del área de establecimiento del proyecto, sino que consideran su relación con la funcionalidad del SAR, particularmente en materia de vegetación, fauna, suelo, escurrimientos, paisaje y gestión de residuos.

La finalidad de este ejercicio es integrar acciones ambientalmente viables, técnicamente factibles y económicamente razonables, de forma que los impactos ocasionados por el establecimiento y operación de BALAM SOLAR se mantengan en niveles aceptables y sujetos a seguimiento mediante un Plan de Vigilancia Ambiental (PVA).

VI.1 IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS

Como resultado de la evaluación de impactos ambientales presentada en el Capítulo V de esta MIA-R, se identificaron 18 impactos negativos y dos impactos positivos. En el presente capítulo se retoma la lista de impactos negativos para la selección de medidas y estrategias, dado que dichos impactos

requieren acciones de prevención, mitigación, control o compensación. Los impactos positivos, principalmente la generación de empleo y la producción de energía eléctrica mediante una fuente renovable, deberán potenciarse mediante buenas prácticas laborales, contratación local y operación eficiente de la infraestructura.

Tabla VI.1 Impactos ambientales identificados en el Capítulo V.

Factor	Subfactor	ID	Impacto ambiental	Signo
Aire	Calidad	1	Incremento temporal de partículas suspendidas	-
Aire	Confort sonoro	2	Incremento temporal en los niveles de ruido	-
Clima	Microclima	3	Posible formación de islas de calor y deslumbramientos fuera de los límites del proyecto	-
Agua	Calidad	4	Alteración de la calidad del agua por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	-
Agua	Cantidad	5	Disminución puntual de la infiltración	-
Suelo	Calidad	6	Alteración de la calidad del suelo por posible derrame de aceites, combustibles, lubricantes o sustancias relacionadas con la maquinaria y por el manejo inadecuado de residuos	-
Suelo	Calidad	7	Disminución de la capacidad productiva del suelo y procesos biológicos	-
Procesos del medio abiótico	Erosión	8	Incremento de la susceptibilidad de erosión	-
Procesos del medio abiótico	Drenaje superficial	9	Afectación puntual del curso de escorrentías	-
Fauna	Riqueza y abundancia	10	Afectación a individuos de fauna que utilizan el área de establecimiento del proyecto	-
Fauna	Riqueza y abundancia	11	Incremento en la tasa de mortalidad de la fauna derivado del atropellamiento, la colisión y la electrocución	-
Fauna	Hábitat	12	Modificación del hábitat natural en el área de establecimiento del proyecto	-
Fauna	Endemismo y especies en riesgo	13	Afectación a individuos de especies de fauna endémicas o con categoría de riesgo	-
Flora	Riqueza y abundancia	14	Disminución de la abundancia y diversidad de flora presente en el área del proyecto	-
Flora	Cobertura de vegetación natural	15	Reducción de la cubierta vegetal forestal en el área de establecimiento del proyecto	-
Flora	Endemismo y especies en riesgo	16	Afectación a individuos de especies de flora endémicas o con categoría de riesgo	-
Procesos del medio biótico	Movilidad de especies	17	Alteración de los patrones naturales de desplazamiento de la fauna por la presencia de barreras o por la inducción a la búsqueda de satisfactores vitales	-
Paisaje	Calidad	18	Modificación de las características del paisaje	-

VI.2 PROCESOS PARA MEJORAR Y ADOPTAR MEDIDAS

La selección de las medidas que integrarán las estrategias se basó en un proceso de búsqueda de acciones que puedan prevenir, atenuar, corregir o compensar los impactos ambientales identificados. Para ello se partió de las acciones del proyecto, de los factores del ambiente con mayor susceptibilidad, de la delimitación del SAR y de la experiencia documentada en proyectos fotovoltaicos regionales.

- Identificación de ideas o acciones: a partir de la relación de impactos del Capítulo V se planteó un conjunto de posibles acciones para prevenir, anular, revertir, mitigar o compensar impactos ambientales.
- Depuración: se evaluaron las acciones propuestas para identificar cuáles resultan viables bajo criterios de eficiencia ambiental, factibilidad técnica, factibilidad económica y aplicabilidad operativa.
- Selección: se eligieron las medidas que satisfacen los criterios de valoración y que pueden integrarse al diseño, construcción, operación, mantenimiento y abandono del proyecto.

- Integración: las medidas dirigidas a un mismo factor ambiental o a un mismo tipo de afectación se agruparon en estrategias ambientales.
- Descripción: se describe cada estrategia, sus impactos objetivo, periodo de aplicación, viabilidad, eficacia, eficiencia ambiental y mecanismo de supervisión.

Ya establecidas las estrategias con cada una de sus medidas o acciones, se formula el PVA como instrumento de seguimiento, control y reporte de cumplimiento ambiental.

VI.2.1 Clasificación de las medidas de mitigación

Por sus características, las medidas propuestas pueden clasificarse según su orientación, carácter, fase de desarrollo, número de impactos atendidos, signo del impacto, tipo de impacto y ámbito de aplicación. Esta clasificación permite ordenar el alcance de las medidas y facilita su seguimiento durante la ejecución del proyecto.

A. De acuerdo con su orientación

Las medidas se orientan a minimizar insumos, emisiones, residuos, efluentes, ocupación innecesaria del suelo y perturbaciones sobre los factores ambientales. En el caso de BALAM SOLAR, esta orientación se expresa en medidas como delimitación de áreas autorizadas, control de polvos, mantenimiento de maquinaria, manejo integral de residuos, rescate de flora y fauna, control de escurrimientos, mantenimiento de equipos eléctricos y protocolos específicos para el BESS.

B. Según su carácter

- Protectoras: evitan o reducen la afectación sobre ecosistemas, individuos de flora y fauna, escurrimientos, suelo fértil y zonas de vegetación que no formen parte del área autorizada.
- Correctoras: ajustan el comportamiento de la obra para mejorar su integración ambiental, por ejemplo, mediante reducción de velocidad, control de accesos, mantenimiento de maquinaria, limpieza de frentes de trabajo y señalización.
- Curativas: atienden impactos una vez producidos, como limpieza de derrames, retiro de residuos, estabilización de áreas erosionadas o atención a incidentes con fauna.
- Potenciativas: favorecen procesos naturales de regeneración, sucesión natural y revegetación herbácea bajo paneles y zonas libres de infraestructura.
- Compensatorias: atienden impactos residuales mediante acciones como rescate y reubicación de flora, conservación de áreas no ocupadas, restauración al abandono y seguimiento de biodiversidad.

C. Según las fases de desarrollo del proyecto

Las medidas se aplicarán en preparación del sitio (PS), construcción (C), operación y mantenimiento (O&M) y abandono (A). Las medidas preventivas se implementarán antes o al inicio de las actividades que puedan originar el impacto; las medidas de control, durante la ejecución de actividades; y las medidas de restauración o compensación, al término de las obras o durante el abandono.

D. En cuanto al número de factores o impactos a que se dirigen

La mayoría de las medidas propuestas son polivalentes. Por ejemplo, la delimitación precisa del área autorizada previene impactos sobre suelo, vegetación, fauna, escurrimientos y paisaje; el manejo integral de residuos protege simultáneamente suelo, agua y paisaje; y la capacitación ambiental incide transversalmente sobre todos los factores ambientales.

E. Atendiendo al signo del impacto

Las medidas se dirigen principalmente a prevenir o mitigar impactos negativos. Los impactos positivos se potenciarán a través de contratación local, capacitación del personal, operación segura y mantenimiento de la infraestructura de generación eléctrica renovable.

F. Según el tipo y gravedad del impacto

Las medidas se clasifican como obligatorias para aquellos impactos que, aun sin alcanzar significancia bajo los supuestos estrictos del REIA, resultan destacables o relevantes en el contexto del proyecto; y como convenientes para impactos no significativos o despreciables, siempre que aporten a la prevención y control ambiental.

G. En cuanto a su ámbito

Existen medidas generales aplicables a todo el proyecto, como capacitación, delimitación, manejo de residuos y control de velocidad; y medidas particulares dirigidas a sitios o componentes específicos, como obras de drenaje en viales, monitoreo de colisiones, manejo del BESS, rescate de flora en zonas de desmonte y medidas antielectrocución en la infraestructura de evacuación eléctrica.

VI.2.2 Selección de medidas de prevención, mitigación y/o compensación

La relación de impactos permitió identificar un conjunto de alternativas de prevención, mitigación y compensación. Posteriormente se analizó cada impacto para reconocer las medidas que ayudan a prevenir, mitigar o compensar el efecto negativo, así como aquellas que optimizan los efectos positivos del proyecto. Como resultado del análisis se seleccionaron medidas que cumplen criterios de viabilidad técnica, eficiencia ambiental, factibilidad económica y posibilidad de verificación durante el seguimiento ambiental.

Tabla VI.2 Relación de medidas seleccionadas para cada uno de los impactos.

Factor / subfactor	Impacto ambiental	Medidas seleccionadas
Aire / Calidad	IA-1 Incremento temporal de partículas suspendidas	Humedecimiento de viales; mantenimiento de vehículos; transporte de material térreo cubierto; velocidad máxima de 40 km/h; prohibición de fuego y químicos para desmonte.
Aire / Confort sonoro	IA-2 Incremento temporal en los niveles de ruido	Mantenimiento de maquinaria y vehículos; capacitación del personal; control de horarios operativos; uso de equipo de protección personal cuando corresponda.
Clima / Microclima	IA-3 Posible formación de islas de calor y deslumbramientos	Delimitación del área autorizada; sucesión natural de herbáceas donde sea factible; prohibición de herbicidas de amplio espectro; materiales permeables o de baja absorción térmica en áreas operativas.
Agua / Calidad	IA-4 Alteración de calidad del agua por derrames o residuos	Sanitarios portátiles; kit antiderrames; protección del suelo durante mantenimiento; manejo integral de residuos; mantenimiento vehicular; fosa séptica o biodigestor en operación; protocolos BESS y equipos eléctricos.
Agua / Cantidad	IA-5 Disminución puntual de la infiltración	Delimitación de obra; sucesión natural en zonas factibles; colocación de material vegetal triturado en áreas desnudas; uso de soluciones permeables en caminos y áreas operativas.
Suelo / Calidad	IA-6 Alteración de calidad del suelo	Manejo integral de residuos; sanitarios portátiles; kit antiderrames; mantenimiento preventivo; limpieza de frentes de trabajo; manejo de componentes eléctricos, baterías o módulos defectuosos.
Suelo / Calidad	IA-7 Disminución de capacidad productiva y procesos biológicos	Resguardo de suelo orgánico; trituración y reincorporación de vegetación desmontada; sucesión natural; capacitación ambiental; prohibición de herbicidas de amplio espectro.
Procesos abióticos / Erosión	IA-8 Incremento de susceptibilidad de erosión	Desmonte gradual; humedecimiento; resguardo de suelo orgánico; circulación únicamente en áreas autorizadas; cobertura con material vegetal triturado; sucesión natural.
Procesos abióticos / Drenaje superficial	IA-9 Afectación puntual del curso de escorrentías	Delimitación de áreas; conformación de cunetas u obras de drenaje donde sea necesario; mantener libres las zonas de

Factor / subfactor	Impacto ambiental	Medidas seleccionadas
		escurrimientos mayores; mantenimiento periódico de obras hidráulicas.
Fauna / Riqueza y abundancia	IA-10 Afectación a individuos de fauna	Ahuyentamiento, rescate y reubicación; desmonte gradual; señalización; velocidad máxima; prohibición de fauna doméstica o exótica; capacitación.
Fauna / Riqueza y abundancia	IA-11 Mortalidad por atropellamiento, colisión o electrocución	Control de velocidad; monitoreo de colisiones; criterios antielectrocución; señalización; rescate de fauna; capacitación; registro y atención de eventos.
Fauna / Hábitat	IA-12 Modificación del hábitat natural	Delimitación del área autorizada; conservación de zonas sin infraestructura; restauración y sucesión natural; mantenimiento de corredores en escurrimientos mayores.
Fauna / Endemismo y riesgo	IA-13 Afectación a especies de fauna endémicas o en riesgo	Rescate y reubicación; capacitación; señalización; desmonte gradual; prohibición de captura, caza o maltrato; control de velocidad.
Flora / Riqueza y abundancia	IA-14 Disminución de abundancia y diversidad de flora	Rescate y reubicación de especies clave; delimitación; resguardo de suelo orgánico; sucesión natural; prohibición de herbicidas y fuego.
Flora / Cobertura vegetal	IA-15 Reducción de cubierta vegetal forestal	Delimitación; derribo direccional; rescate de flora; manejo de material vegetal triturado; sucesión natural en zonas factibles; protección de vegetación adyacente.
Flora / Endemismo y riesgo	IA-16 Afectación a especies de flora endémicas o en riesgo	Rescate, reubicación y monitoreo; señalización; capacitación; delimitación de áreas; conservación de ejemplares fuera de áreas autorizadas.
Procesos bióticos / Movilidad	IA-17 Alteración de patrones de desplazamiento de fauna	Cercado con permeabilidad ecológica; accesos controlados; zonas de escurrimientos mayores libres de obstáculos; prohibición de fauna exótica; monitoreo de funcionalidad.
Paisaje / Calidad	IA-18 Modificación de características del paisaje	Limpieza de frentes; manejo integral de residuos; delimitación; retiro oportuno de materiales; sucesión natural; ordenamiento de áreas temporales de acopio.

Las medidas fueron analizadas según el alcance que se detectaba para cada una de ellas y se agruparon en un conjunto que muestra su carácter polivalente. Para BALAM SOLAR se definen 34 medidas de aplicación obligatoria o de seguimiento, considerando los componentes fotovoltaicos, eléctricos y de almacenamiento de energía.

Tabla VI.3 Relación de medidas seleccionadas a ser aplicadas.

ID	Medida	Impactos atendidos	Etapas
1	A los costados de los viales del proyecto, donde sea necesario, se conformarán cunetas u obras de conducción pluvial para evacuar el agua de lluvia sin concentrar escurrimientos erosivos.	IA-9	C
2	Al finalizar la etapa de construcción, en las áreas donde sea factible, se permitirá la sucesión natural, principalmente de herbáceas y especies nativas de rápido establecimiento.	IA-3, IA-5, IA-7, IA-8, IA-12, IA-14, IA-15, IA-18	C, O&M
3	Con la finalidad de minimizar la concentración de material particulado, se humedecerán los viales y aquellas áreas que lo requieran, preferentemente con agua tratada o de fuente autorizada.	IA-1, IA-8	PS, C
4	Cuando concluya la vida útil del proyecto, después del retiro de la infraestructura, se permitirá y dirigirá la sucesión natural del sitio, priorizando la estabilización del suelo.	IA-5, IA-7, IA-14	A
5	Cuando la maquinaria se encuentre estacionada y exista incertidumbre de averías, se colocará material plástico o charola impermeable debajo, con la finalidad de evitar contaminación de suelo y agua con hidrocarburos.	IA-4, IA-6	PS, C, O&M, A
6	Durante el desmonte, las actividades serán graduales y dirigidas, con la finalidad de permitir el desplazamiento de fauna, reducir la exposición simultánea del suelo y evitar procesos erosivos.	IA-8, IA-10, IA-13, IA-15	PS
7	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, en las terracerías se mantendrá una velocidad máxima de 40 km/h para disminuir el riesgo de atropellamiento y la generación de polvos.	IA-1, IA-10, IA-11, IA-13	PS, C
8	El agua residual proveniente de sanitarios en etapa operativa será conducida a fosa séptica, biodigestor o sistema autorizado; durante preparación y construcción se utilizarán sanitarios portátiles con manejo por empresa autorizada.	IA-4, IA-6	PS, C, O&M
9	El área del proyecto se delimitará mediante malla de acero galvanizado con accesos controlados bajo el principio de permeabilidad ecológica; el cercado no deberá	IA-17	C, O&M

ID	Medida	Impactos atendidos	Etapas
	interceptar ni restringir el paso en zonas de escurrimientos mayores o corredores funcionales.		
10	El manejo de residuos se realizará de forma integral, de conformidad con el Programa de Manejo Integral de Residuos; se incluirán residuos sólidos urbanos, de manejo especial, peligrosos y residuos derivados del sistema BESS.	IA-4, IA-6, IA-18	PS, C, O&M, A
11	El suelo orgánico removido será resguardado en áreas estratégicas y seguras, protegido con lonas o plástico de alto calibre, y se utilizará para mejoramiento de áreas o sitios de reubicación de flora rescatada.	IA-7, IA-8, IA-14, IA-15	PS, C
12	En la medida de lo posible, se empleará grava clara, materiales de baja absorción térmica o estabilizadores de suelo permeables en caminos y áreas operativas.	IA-3, IA-5	C, O&M
13	En caso de requerir reparaciones o mantenimiento a maquinaria o equipo, los trabajos se realizarán protegiendo previamente el suelo con material impermeable y absorbente; los materiales contaminados serán manejados como residuos peligrosos.	IA-4, IA-6	PS, C, O&M, A
14	En el área de establecimiento del proyecto se implementarán técnicas de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con énfasis en organismos de lento desplazamiento.	IA-10, IA-11, IA-13	PS, C
15	En la línea de evacuación, subestaciones y equipos asociados se considerarán distancias seguras y criterios antielectrocución, tomando como referencia mínima 1.5 m entre conductores y 0.6 m entre conductor y tierra, además de dispositivos visuales cuando resulten aplicables.	IA-11, IA-13	C, O&M
16	En todas las etapas del proyecto estará estrictamente prohibido el uso de herbicidas de amplio espectro que eliminen completamente la vegetación.	IA-3, IA-7, IA-14, IA-15	PS, C, O&M, A
17	Estará estrictamente prohibido el uso de fuego y productos químicos para las actividades de desmonte.	IA-1, IA-14, IA-15, IA-16	PS, C
18	Se evitará que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado en las áreas de almacenamiento temporal.	IA-4, IA-6, IA-18	PS, C
19	La vegetación desmontada que no sea utilizada será triturada y colocada sobre áreas desnudas donde no existan instalaciones, para proteger el suelo, aportar materia orgánica y favorecer la sucesión natural.	IA-5, IA-7, IA-8, IA-14	PS, C
20	Los individuos de especies de flora endémicas, bajo categoría de protección o de importancia ecológica serán rescatados y reubicados conforme al programa específico.	IA-14, IA-15, IA-16	PS, C
21	Para evitar afectaciones y permitir el desplazamiento de fauna, la remoción de vegetación será gradual, dirigida y preferentemente manual en zonas sensibles.	IA-10, IA-11, IA-13, IA-17	PS
22	Previo al inicio de operación y durante el cierre de construcción, deberá realizarse limpieza integral del área de establecimiento del proyecto.	IA-6, IA-18	C, O&M
23	Se protegerá con lonas el material térreo que sea transportado, a fin de evitar dispersión de partículas suspendidas.	IA-1	PS, C
24	Quedará estrictamente prohibido introducir fauna doméstica o exótica al área del proyecto.	IA-10, IA-12, IA-13, IA-17	PS, C, O&M, A
25	Se colocarán sanitarios portátiles en relación mínima de una unidad por cada 20 trabajadores, para evitar deyecciones al aire libre.	IA-4, IA-6	PS, C, A
26	Se capacitará y concientizará a todo el personal en temas de protección de flora y fauna, manejo de residuos, atención de derrames, seguridad ambiental, prevención de incendios y límites de obra.	IA-1, IA-2, IA-4, IA-6, IA-10, IA-11, IA-13, IA-14, IA-15, IA-16, IA-17, IA-18	PS, C, O&M, A
27	Se brindará mantenimiento periódico al parque vehicular, maquinaria y equipo, además de que el parque vehicular contará con verificación correspondiente cuando sea aplicable.	IA-1, IA-2, IA-4, IA-6	PS, C, O&M, A
28	Se delimitará de forma precisa el área autorizada en la cual se desarrollarán las actividades del proyecto y la construcción de las obras, restringiendo la movilidad del personal y maquinaria fuera de dicha superficie.	IA-3, IA-5, IA-8, IA-9, IA-10, IA-12, IA-14, IA-15, IA-16, IA-17, IA-18	PS
29	Se colocará señalización informativa y restrictiva para cuidado de flora y fauna silvestre, control de velocidad, prohibición de caza, prohibición de extracción de flora y restricción de acceso a zonas no autorizadas.	IA-10, IA-11, IA-13, IA-14, IA-15, IA-16, IA-17	PS, C, O&M, A
30	Se prohibirá la circulación de maquinaria y equipo por sitios que no correspondan al trazo del proyecto o a caminos autorizados.	IA-1, IA-5, IA-8, IA-10, IA-14, IA-18	PS, C, O&M, A
31	Se realizará monitoreo de colisiones de aves en paneles solares y obras de evacuación durante los primeros tres años de operación del parque fotovoltaico.	IA-11, IA-13	O&M
32	Se usará derribo direccional de ejemplares arbóreos a fin de evitar afectaciones a la vegetación aledaña al área autorizada.	IA-14, IA-15, IA-16	PS
33	Será obligatorio que el parque vehicular y la maquinaria cuenten con kit antiderrames para atención de emergencias mecánicas y durante carga de combustibles.	IA-4, IA-6	PS, C, O&M, A
34	Los contenedores del BESS, transformadores y equipos eléctricos deberán contar con protocolos de inspección, mantenimiento preventivo, atención a fugas, control de temperatura, prevención de incendios y manejo de módulos o componentes defectuosos como residuos de manejo especial o peligrosos, según corresponda.	IA-4, IA-6, IA-18	C, O&M, A

VI.3 DISEÑO E INTEGRACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS

Al concluir el análisis de las medidas de prevención, mitigación y/o compensación aplicables al proyecto, éstas se agruparon de acuerdo con lineamientos de acción y con el factor ambiental en el que inciden los impactos. Las estrategias propuestas para BALAM SOLAR son:

- Conservación de la calidad atmosférica.
- Conservación de las condiciones edáficas.
- Preservación de la calidad del agua.
- Conservación de los indicadores de biodiversidad.
- Conservación de las condiciones paisajísticas.

VI.3.1 Descripción de las estrategias o sistema de medidas de mitigación

La descripción que se presenta sigue un esquema en el cual los impactos se agrupan por la incidencia hacia determinado factor o subfactor del ambiente y por la etapa del proyecto en la cual se prevé que pudieran registrarse. En cada estrategia se incluyen las medidas orientadas a prevenir, evitar, regular, mitigar, compensar o monitorear los impactos correspondientes.

VI.3.1.1 Estrategia 1: Conservación de la calidad atmosférica

Como parte de las actividades de preparación del sitio, construcción y abandono, la calidad atmosférica podría alterarse de forma puntual y temporal por tránsito vehicular, maquinaria, movimiento de suelos, generación de partículas edáficas y aumento temporal de ruido. Durante la operación, el potencial de modificación del microclima se asocia principalmente a la presencia de módulos fotovoltaicos y superficies operativas, por lo que se prevén medidas de ventilación natural, conservación de cobertura herbácea donde sea posible y uso de materiales permeables o de menor absorción térmica.

Tabla VI.4 Descripción de la línea estratégica "Conservación de la calidad atmosférica".

Elemento	Descripción
Impactos que atiende	IA-1 Incremento temporal de partículas suspendidas; IA-2 Incremento temporal en los niveles de ruido; IA-3 Posible formación de islas de calor y deslumbramientos fuera de los límites del proyecto.
Factor / subfactor	Aire: calidad y confort sonoro; clima: microclima.
Fase de ejecución	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono.
Descripción	Estrategia orientada a reducir material particulado, emisiones por combustión, ruido temporal y efectos microclimáticos locales. Incluye medidas de mantenimiento, control de velocidad, humedecimiento de áreas, cobertura de material térreo, prohibición de fuego y continuidad de vegetación herbácea donde sea factible.
Medidas principales	M2, M3, M7, M12, M16, M17, M23, M26, M27, M28, M30.
Viabilidad	No enfrenta limitaciones técnicas, ya que las acciones son compatibles con los procesos constructivos y operativos del proyecto.
Eficacia	Alta, siempre que las medidas se apliquen antes y durante la actividad que genera el impacto.
Eficiencia ambiental	La ejecución permitirá mantener los efectos atmosféricos en niveles temporales y locales, sin modificar de forma significativa la calidad del aire del SAR.
Supervisión	Supervisor ambiental mediante bitácoras, evidencia fotográfica, registros de riego, verificación de velocidad, mantenimiento vehicular y capacitación.

VI.3.1.2 Estrategia 2: Conservación de las condiciones edáficas

En esta estrategia se incluyen las medidas que evitarán afectaciones a las zonas adyacentes y al suelo por remoción de vegetación, tránsito vehicular, tránsito de maquinaria, almacenamiento temporal de materiales, residuos, compactación o posibles derrames. Su objetivo es conservar la estabilidad del suelo, reducir procesos erosivos y mantener, en la medida de lo posible, la capacidad de recuperación del sustrato en áreas no ocupadas por infraestructura permanente.

Tabla VI.5 Descripción de la línea estratégica "Conservación de las condiciones edáficas".

Elemento	Descripción
Impactos que atiende	IA-6 Alteración de la calidad del suelo; IA-7 Disminución de la capacidad productiva del suelo y procesos biológicos; IA-8 Incremento de la susceptibilidad de erosión.
Factor / subfactor	Suelo: calidad; procesos del medio abiótico: erosión.
Fase de ejecución	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono.
Descripción	Estrategia enfocada en proteger el suelo orgánico, prevenir contaminación por hidrocarburos o residuos, evitar circulación fuera de áreas autorizadas, reducir erosión y favorecer sucesión natural en áreas donde no exista infraestructura.
Medidas principales	M2, M3, M4, M5, M6, M8, M10, M11, M13, M16, M18, M19, M22, M25, M26, M27, M28, M30, M33, M34.
Viabilidad	No presenta limitaciones técnicas relevantes, siempre que se integren al programa de obra y a los contratos de construcción, operación y mantenimiento.
Eficacia	Alta para evitar contaminación y erosión; media a alta para recuperación de suelo, dependiendo de la intensidad de ocupación y del mantenimiento de cobertura vegetal.
Eficiencia ambiental	Permite reducir la pérdida de suelo fértil, mantener áreas permeables, evitar dispersión de sedimentos y disminuir la necesidad de acciones correctivas posteriores.
Supervisión	Bitácoras de almacenamiento de suelo, inspección de áreas de acopio, registros de residuos, reportes de derrames, limpieza de frentes y evidencias de revegetación o sucesión natural.

VI.3.1.3 Estrategia 3: Preservación de la calidad del agua

El objetivo principal de esta estrategia es mantener la calidad del agua, conservar la infiltración en la medida de lo posible y evitar alteraciones innecesarias en el drenaje superficial. En el SAR de BALAM SOLAR, los escurrimientos y la dinámica hidrológica dependen en gran medida de la precipitación y de las condiciones edáficas y topográficas; por ello, las medidas se enfocan en evitar contaminación, conservar pasos hidráulicos y mantener libres de obstáculos las zonas de escurrimiento mayor.

Tabla VI.6 Descripción de la línea estratégica "Preservación de la calidad del agua".

Elemento	Descripción
Impactos que atiende	IA-4 Alteración de la calidad del agua; IA-5 Disminución puntual de la infiltración; IA-9 Afectación puntual del curso de escorrentías.
Factor / subfactor	Agua: calidad y cantidad; procesos del medio abiótico: drenaje superficial.
Fase de ejecución	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono.
Descripción	Estrategia orientada a prevenir contaminación de agua superficial o subterránea por residuos, hidrocarburos, sanitarios o equipos eléctricos; conservar infiltración en zonas permeables; y asegurar continuidad funcional de escurrimientos mediante obras de drenaje y cercado permeable en zonas hidrológicas relevantes.
Medidas principales	M1, M2, M4, M5, M8, M9, M10, M12, M13, M18, M19, M25, M26, M27, M28, M30, M33, M34.
Viabilidad	Alta, al corresponder a buenas prácticas de construcción, diseño hidráulico, mantenimiento y manejo de residuos.
Eficacia	Alta para prevención de contaminación; media para conservación de infiltración, considerando que existirán superficies con infraestructura permanente.
Eficiencia ambiental	La aplicación reduce el riesgo de transporte de contaminantes, arrastre de sedimentos y obstrucción de escurrimientos, protegiendo la funcionalidad hidrológica local.
Supervisión	Inspección de sanitarios, bitácoras de mantenimiento, reportes de manejo de residuos, verificación de obras de drenaje, limpieza de cunetas, revisión de kits antiderrames y reportes de contingencias.

VI.3.1.4 Estrategia 4: Conservación de los indicadores de biodiversidad

Esta estrategia fue determinada considerando los impactos que pudieran afectar la flora, la fauna, la cobertura vegetal, el hábitat y la movilidad de especies. Para BALAM SOLAR, la estrategia es especialmente relevante debido a que el proyecto se ubica dentro de un SAR con presencia de vegetación secundaria, áreas agropecuarias, remanentes de vegetación natural y corredores funcionales asociados a escurrimientos. En consecuencia, se propone un esquema de prevención, rescate, reubicación, monitoreo y conservación de conectividad ecológica.

Las actividades de rescate y reubicación de fauna deberán ejecutarse antes y durante el desmonte, priorizando especies de lento desplazamiento, individuos juveniles, nidos activos y especies bajo alguna categoría de protección. Para flora, se priorizarán individuos de especies endémicas, protegidas, de lento crecimiento o con importancia ecológica. La remoción de vegetación deberá ser gradual, dirigida y acompañada por personal ambiental.

El cercado perimetral se implementará bajo el principio de permeabilidad ecológica. Las zonas de escurrimientos mayores y corredores funcionales no deberán ser obstruidas por cercos o elementos permanentes que impidan el paso de fauna, salvo que el diseño ejecutivo demuestre una solución hidráulica y ecológica equivalente.

Tabla VI.7 Descripción de la línea estratégica "Conservación de los indicadores de biodiversidad".

Elemento	Descripción
Impactos que atiende	IA-10 Afectación a individuos de fauna; IA-11 Incremento de mortalidad por atropellamiento, colisión y electrocución; IA-12 Modificación del hábitat; IA-13 Afectación a especies de fauna endémicas o en riesgo; IA-14 Disminución de flora; IA-15 Reducción de cubierta vegetal; IA-16 Afectación a especies de flora endémicas o en riesgo; IA-17 Alteración de movilidad de especies.
Factor / subfactor	Vegetación, flora, fauna, hábitat, endemismo y especies en riesgo, cobertura vegetal natural y movilidad de especies.
Fase de ejecución	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono.
Descripción	Estrategia diseñada para mantener y proteger los valores de diversidad faunística y florística mediante rescate y reubicación, control de actividades, conservación de conectividad, monitoreo de aves, señalización, capacitación, delimitación y recuperación de áreas mediante sucesión natural.
Medidas principales	M2, M4, M6, M7, M9, M11, M14, M15, M16, M17, M20, M21, M24, M26, M28, M29, M30, M31, M32.
Viabilidad	Alta, siempre que los programas específicos se ejecuten por personal con experiencia y se cuente con áreas receptoras previamente verificadas.
Eficacia	Alta para evitar daño directo a individuos si se implementa antes del desmonte; media para impactos residuales por pérdida de hábitat, que requerirán compensación y seguimiento.
Eficiencia ambiental	Permite reducir mortalidad directa, evitar extracción o maltrato de flora y fauna, mantener corredores funcionales, y documentar la eficacia mediante indicadores de supervivencia y monitoreo.
Supervisión	Bitácoras de rescate, fichas de reubicación, fotografías, coordenadas, listados taxonómicos, reportes de sobrevivencia, monitoreo de colisiones y reportes de no conformidad.

VI.3.1.5 Estrategia 5: Conservación de las condiciones paisajísticas

La estrategia número 5 está encaminada a conservar las condiciones paisajísticas en la medida compatible con la naturaleza del proyecto. La instalación de módulos fotovoltaicos, BESS, subestaciones y obras de evacuación eléctrica implica una modificación visible del paisaje; sin embargo, el impacto puede ser controlado mediante orden en los frentes de trabajo, limpieza, manejo de residuos, delimitación de áreas, retiro oportuno de materiales y recuperación de cobertura herbácea donde sea factible.

Tabla VI.8 Descripción de la línea estratégica "Conservación de las condiciones paisajísticas".

Elemento	Descripción
Impacto que atiende	IA-18 Modificación de las características del paisaje.
Factor / subfactor	Paisaje: calidad.
Fase de ejecución	Preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, abandono.
Descripción	Estrategia enfocada en mantener orden, limpieza, control visual de frentes de trabajo, retiro de residuos, delimitación de áreas y recuperación de cobertura natural o herbácea en zonas no ocupadas por infraestructura.
Medidas principales	M2, M10, M18, M22, M26, M28, M29, M30.
Viabilidad	Alta, dado que se trata de medidas operativas, de limpieza, control y restauración básica.
Eficacia	Media a alta; el paisaje será modificado por la presencia permanente del proyecto, pero las medidas reducirán impactos visuales innecesarios durante construcción y operación.
Eficiencia ambiental	La ejecución permitirá evitar acumulación de materiales, residuos y desorden en frentes de trabajo, mejorando la integración visual del proyecto.

Elemento	Descripción
Supervisión	Inspección visual, reportes fotográficos, bitácoras de limpieza, registros de retiro de residuos y verificación de áreas de almacenamiento temporal.

Con base en la información precedente, se prevé la implementación de seis programas específicos que formarán parte del PVA. Los resultados esperados e indicadores se presentan a continuación.

Tabla VI.9 Programas propuestos, indicadores y resultados esperados.

Programa	Indicador	Resultados esperados
Programa de información y capacitación ambiental	Número de empleados capacitados; listas de asistencia; reportes de no conformidad por negligencia; evidencia fotográfica de pláticas de inducción.	Capacitar al total del personal que ingrese a obra u operación, para reducir afectaciones por tránsito, manejo inadecuado de residuos, interacción con fauna, incendios o derrames.
Programa de manejo integral de residuos sólidos, líquidos y peligrosos	Bitácoras de generación; manifiestos de traslado y disposición final; volúmenes por tipo de residuo; reportes de derrames; evidencia del manejo de residuos del BESS y equipos eléctricos.	Mantener control documental y físico de los residuos generados; evitar su dispersión en el AP y SAR; asegurar disposición por empresas autorizadas y respuesta inmediata ante contingencias.
Programa de rescate y reubicación de flora silvestre	Número de individuos rescatados; número de individuos reubicados; porcentaje de sobrevivencia a 3 y 6 meses; evidencia georreferenciada.	Minimizar la pérdida de individuos de especies de importancia ecológica, endémicas o en alguna categoría de riesgo, elevando al máximo su sobrevivencia posterior al trasplante.
Programa de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre	Número de individuos ahuyentados, rescatados y reubicados; sobrevivencia de ejemplares capturados; registro de especies; bitácoras de liberación.	Evitar afectaciones a individuos de fauna, principalmente especies de lento desplazamiento o con categoría de protección; reforzar la continuidad funcional del hábitat fuera de frentes de obra.
Programa de monitoreo de colisiones y electrocución de aves	Recorridos de monitoreo; número de eventos registrados; ubicación; especie involucrada; acción correctiva aplicada.	Verificar que las instalaciones fotovoltaicas y de evacuación eléctrica no incrementen de forma relevante la mortalidad de aves y, en su caso, activar medidas correctivas.
Programa de vigilancia y control del BESS y equipos eléctricos	Bitácoras de inspección; reportes de mantenimiento; pruebas de sistemas contra incendio; registros de temperatura; manejo de módulos o componentes defectuosos.	Prevenir riesgos de contaminación, incendio o manejo inadecuado de componentes eléctricos y baterías, garantizando operación segura durante toda la vida útil del proyecto.

VI.4 EJECUCIÓN DE MEDIDAS

La atención de las diferentes medidas particulares por fase o componente del proyecto no está definida con una fecha única, sino que cada una iniciará una vez que comience la fase o componente que causa el impacto, salvo aquellas de prevención que deberán aplicarse antes del inicio de la actividad correspondiente. El calendario siguiente presenta la etapa principal de aplicación de cada medida.

Tabla VI.10 Calendario de aplicación de las medidas.

ID	Medida	PS	C	O&M	A
1	A los costados de los viales del proyecto, donde sea necesario, se conformarán cunetas u obras de conducción pluvial para evacuar el agua de lluvia sin concentrar escurrimientos erosivos.		x		
2	Al finalizar la etapa de construcción, en las áreas donde sea factible, se permitirá la sucesión natural, principalmente de herbáceas y especies nativas de rápido establecimiento.		x	x	
3	Con la finalidad de minimizar la concentración de material particulado, se humedecerán los viales y aquellas áreas que lo requieran, preferentemente con agua tratada o de fuente autorizada.	x	x		
4	Cuando concluya la vida útil del proyecto, después del retiro de la infraestructura, se permitirá y dirigirá la sucesión natural del sitio, priorizando la estabilización del suelo.				x
5	Cuando la maquinaria se encuentre estacionada y exista incertidumbre de averías, se colocará material plástico o charola impermeable debajo, con la finalidad de evitar contaminación de suelo y agua con hidrocarburos.	x	x	x	x
6	Durante el desmonte, las actividades serán graduales y dirigidas, con la finalidad de permitir el desplazamiento de fauna, reducir la exposición simultánea del suelo y evitar procesos erosivos.	x			
7	Durante las etapas de preparación del sitio y construcción, en las terracerías se mantendrá una velocidad máxima de 40 km/h para disminuir el riesgo de atropellamiento y la generación de polvos.	x	x		

ID	Medida	PS	C	O&M	A
8	El agua residual proveniente de sanitarios en etapa operativa será conducida a fosa séptica, biodigestor o sistema autorizado; durante preparación y construcción se utilizarán sanitarios portátiles con manejo por empresa autorizada.	x	x	x	
9	El área del proyecto se delimitará mediante malla de acero galvanizado con accesos controlados bajo el principio de permeabilidad ecológica; el cercado no deberá interceptar ni restringir el paso en zonas de escurrimientos mayores o corredores funcionales.		x	x	
10	El manejo de residuos se realizará de forma integral, de conformidad con el Programa de Manejo Integral de Residuos; se incluirán residuos sólidos urbanos, de manejo especial, peligrosos y residuos derivados del sistema BESS.	x	x	x	x
11	El suelo orgánico removido será resguardado en áreas estratégicas y seguras, protegido con lonas o plástico de alto calibre, y se utilizará para mejoramiento de áreas o sitios de reubicación de flora rescatada.	x	x		
12	En la medida de lo posible, se empleará grava clara, materiales de baja absorción térmica o estabilizadores de suelo permeables en caminos y áreas operativas.		x	x	
13	En caso de requerir reparaciones o mantenimiento a maquinaria o equipo, los trabajos se realizarán protegiendo previamente el suelo con material impermeable y absorbente; los materiales contaminados serán manejados como residuos peligrosos.	x	x	x	x
14	En el área de establecimiento del proyecto se implementarán técnicas de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, con énfasis en organismos de lento desplazamiento.	x	x		
15	En la línea de evacuación, subestaciones y equipos asociados se considerarán distancias seguras y criterios antielectrocución, tomando como referencia mínima 1.5 m entre conductores y 0.6 m entre conductor y tierra, además de dispositivos visuales cuando resulten aplicables.		x	x	
16	En todas las etapas del proyecto estará estrictamente prohibido el uso de herbicidas de amplio espectro que eliminen completamente la vegetación.	x	x	x	x
17	Estará estrictamente prohibido el uso de fuego y productos químicos para las actividades de desmonte.	x	x		
18	Se evitará que los materiales y residuos de construcción permanezcan por tiempo prolongado en las áreas de almacenamiento temporal.	x	x		
19	La vegetación desmontada que no sea utilizada será triturada y colocada sobre áreas desnudas donde no existan instalaciones, para proteger el suelo, aportar materia orgánica y favorecer la sucesión natural.	x	x		
20	Los individuos de especies de flora endémicas, bajo categoría de protección o de importancia ecológica serán rescatados y reubicados conforme al programa específico.	x	x		
21	Para evitar afectaciones y permitir el desplazamiento de fauna, la remoción de vegetación será gradual, dirigida y preferentemente manual en zonas sensibles.	x			
22	Previo al inicio de operación y durante el cierre de construcción, deberá realizarse limpieza integral del área de establecimiento del proyecto.		x	x	
23	Se protegerá con lonas el material térreo que sea transportado, a fin de evitar dispersión de partículas suspendidas.	x	x		
24	Quedará estrictamente prohibido introducir fauna doméstica o exótica al área del proyecto.	x	x	x	x
25	Se colocarán sanitarios portátiles en relación mínima de una unidad por cada 20 trabajadores, para evitar deyecciones al aire libre.	x	x		x
26	Se capacitará y concientizará a todo el personal en temas de protección de flora y fauna, manejo de residuos, atención de derrames, seguridad ambiental, prevención de incendios y límites de obra.	x	x	x	x
27	Se brindará mantenimiento periódico al parque vehicular, maquinaria y equipo, además de que el parque vehicular contará con verificación correspondiente cuando sea aplicable.	x	x	x	x
28	Se delimitará de forma precisa el área autorizada en la cual se desarrollarán las actividades del proyecto y la construcción de las obras, restringiendo la movilidad del personal y maquinaria fuera de dicha superficie.	x			
29	Se colocará señalización informativa y restrictiva para cuidado de flora y fauna silvestre, control de velocidad, prohibición de caza, prohibición de extracción de flora y restricción de acceso a zonas no autorizadas.	x	x	x	x
30	Se prohibirá la circulación de maquinaria y equipo por sitios que no correspondan al trazo del proyecto o a caminos autorizados.	x	x	x	x
31	Se realizará monitoreo de colisiones de aves en paneles solares y obras de evacuación durante los primeros tres años de operación del parque fotovoltaico.			x	
32	Se usará derribo direccional de ejemplares arbóreos a fin de evitar afectaciones a la vegetación aledaña al área autorizada.	x			
33	Será obligatorio que el parque vehicular y la maquinaria cuenten con kit antiderrames para atención de emergencias mecánicas y durante carga de combustibles.	x	x	x	x
34	Los contenedores del BESS, transformadores y equipos eléctricos deberán contar con protocolos de inspección, mantenimiento preventivo, atención a fugas, control de temperatura, prevención de incendios y manejo de módulos o componentes defectuosos como residuos de manejo especial o peligrosos, según corresponda.		x	x	x

VI.5 Plan de Vigilancia Ambiental (PVA)

La elaboración de un Plan de Vigilancia Ambiental se justifica desde dos perspectivas: la conveniencia técnica de disponer de un instrumento guía para el seguimiento del proyecto y la necesidad de contar con un documento de control que concentre las medidas, obligaciones, indicadores, evidencias y reportes de cumplimiento ambiental.

Por muy detallado que sea el análisis predictivo de impactos, siempre existe incertidumbre asociada a la complejidad de las relaciones actividad-ambiente. Por ello, el PVA permitirá verificar la realidad de las incidencias del proyecto, evaluar la eficacia de las medidas aplicadas y, en su caso, proponer medidas correctivas, curativas o complementarias durante las distintas etapas de BALAM SOLAR.

En esta MIA-R se concibe al PVA como el documento de seguimiento y control que contiene los criterios técnicos que, a partir de la predicción realizada sobre los efectos ambientales del proyecto, permitirá al promovente dar seguimiento sistemático al cumplimiento y resultados de las estrategias y medidas de prevención, mitigación y compensación. El PVA deberá incorporar los programas específicos identificados en este capítulo, las obligaciones que imponga la autoridad ambiental y los indicadores que permitan verificar la eficiencia de cada medida.

El PVA, en su versión actualizada, deberá ser integrado y entregado a la autoridad competente una vez autorizado el proyecto, de forma que puedan incorporarse las obligaciones contenidas en el resolutivo de impacto ambiental. En su versión final, el PVA deberá contener, como mínimo, los siguientes componentes:

- Objetivos, alcance y responsables del seguimiento ambiental.
- Relación de medidas de prevención, mitigación, compensación y monitoreo aprobadas.
- Programas específicos: capacitación ambiental, manejo integral de residuos, rescate de flora, rescate de fauna, monitoreo de colisiones y vigilancia de BESS/equipos eléctricos.
- Indicadores verificables, metas, umbrales de atención y frecuencia de seguimiento.
- Formatos de bitácora, reportes fotográficos, coordenadas, registros de capacitación, manifiestos de residuos y reportes de incidentes.
- Procedimiento de atención de no conformidades, medidas correctivas y reporte a la autoridad.
- Calendario de informes semestrales o con la periodicidad que establezca la autoridad.

Adicionalmente, el PVA deberá asegurar que la gerencia responsable de la ejecución del proyecto conozca los aspectos objeto de vigilancia, que se cumplan los términos y condicionantes que se emitan, y que la atención a los indicadores estratégicos permita conservar la calidad ambiental de los ecosistemas que alojan el proyecto dentro del SAR.

VI.6 BIBLIOGRAFÍA

- CEP. (2000). Convenio Europeo del Paisaje. Florencia: Consejo de Europa.
- DOF. (2014). Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación.
- SEMARNAT. (2022). Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental en su Modalidad Regional (MIA-R). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Gómez Orea, D. y Gómez Villarino, M. T. (2013). Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid: Mundi-Prensa.
- APLIC. (2012). Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in 2012. Avian Power Line Interaction Committee.

Capítulo VII

PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

MAYO 2026

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[I]

[I] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

Índice de contenido

VII Pronósticos ambientales regionales y evaluación de alternativas VII-1

VII.1 Descripción y análisis del escenario sin proyecto VII-1

VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto VII-3

VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación VII-5

VII.4 Pronóstico ambiental..... VII-6

VII.5 Evaluación de alternativas VII-7

VII.6 Conclusiones VII-8

Índice de tablas

Tabla 1 Criterios generales para valorar la calidad ambiental del SAR..... VII-2
Tabla 2 Valoración del escenario sin proyecto VII-3
Tabla 3 Relación de superficies del proyecto respecto al SAR..... VII-3
Tabla 4 Impactos ambientes destacables previstos en el escenario con proyecto VII-4
Tabla 5 Medidas de mitigación propuestas para el proyecto..... VII-5
Tabla 6 Valoración cualitativa de la calidad ambiental con proyecto y medidas VII-6
Tabla 7 Pronóstico ambiental por escenario VII-6
Tabla 8 Alternativas de diseño y manejo ambiental..... VII-8

Índice de figuras

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

VII PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El presente capítulo se integra con base en la información contenida en los capítulos II, IV, V y VI de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Regional, relativos a la descripción del proyecto, la caracterización del Sistema Ambiental Regional, la identificación y evaluación de impactos ambientales, así como la definición de medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación.

A partir de dicha información, se construyen los pronósticos ambientales regionales del proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, considerando tres escenarios de análisis: el primero corresponde al escenario sin proyecto, que representa la tendencia ambiental del Sistema Ambiental Regional sin la inserción de las obras; el segundo corresponde al escenario con proyecto, en el cual se incorporan los impactos ambientales previsibles derivados de su ejecución; y el tercero corresponde al escenario con proyecto y medidas de mitigación, en el que se evalúa el efecto de las acciones ambientales propuestas para prevenir, reducir, restaurar o compensar los impactos identificados.

El proyecto se ubica en el estado de Quintana Roo, dentro del municipio de Bacalar, en terrenos del Ejido Manuel Ávila Camacho. Para efectos de la presente MIA-R, el Sistema Ambiental Regional comprende una superficie de 19,958.6168 ha, dentro del ámbito territorial de los municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto. El Área del Proyecto comprende una superficie total de 817.19 ha, integrada por 2.18 ha de afectación temporal, 359.41 ha de afectación permanente y 455.60 ha de zonas de reserva.

La Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar corresponde a un proyecto del sector eléctrico, subsector energía solar fotovoltaica, e integra como componentes principales la planta fotovoltaica, el sistema de almacenamiento de energía por baterías BESS Balam, la Subestación Elevadora Balam 230/34.5 kV, infraestructura de evacuación, una línea aérea de alta tensión en 230 kV, la Subestación de Maniobras Balam 230 kV y la apertura de la línea existente LT Chunhuhub-Xul Ha.

Bajo este contexto, el pronóstico ambiental regional permite anticipar el comportamiento del Sistema Ambiental Regional ante la ejecución del proyecto, valorando la posible modificación de los atributos ambientales y la eficacia esperada de las medidas de manejo propuestas.

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

El escenario sin proyecto representa la condición ambiental del Sistema Ambiental Regional sin la inserción de la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar. Este escenario constituye la línea base contra la cual se comparan los efectos previsibles del proyecto y permite reconocer las tendencias ambientales actuales del territorio.

El SAR se localiza en una región del centro-sur de Quintana Roo, dentro del ámbito territorial de los municipios de Bacalar y Felipe Carrillo Puerto. Se trata de una zona con presencia de vegetación forestal, usos antrópicos del suelo, caminos existentes, localidades rurales, actividades agropecuarias y áreas sujetas a distintos grados de modificación. En este contexto, la calidad ambiental regional está determinada por la relación entre las áreas con cobertura vegetal, las superficies transformadas por actividades humanas, la conectividad ecológica, la presencia de fauna silvestre, los servicios ambientales y las presiones derivadas del cambio de uso de suelo.

Sin la ejecución del proyecto, se prevé que el SAR mantendría sus tendencias actuales de cambio, relacionadas principalmente con la continuidad de actividades agropecuarias, aprovechamientos rurales, apertura o uso de caminos existentes, presión sobre la vegetación secundaria y cambios graduales en la cobertura forestal. Asimismo, la ausencia del proyecto implicaría que no se

generarían los impactos directos asociados a la instalación de infraestructura fotovoltaica, sistema de almacenamiento, subestaciones, caminos internos, líneas eléctricas, canalizaciones y demás obras auxiliares.

No obstante, la no ejecución del proyecto tampoco implicaría necesariamente una mejora en las condiciones ambientales del SAR, ya que las presiones antrópicas preexistentes continuarían actuando sobre el territorio. En este sentido, el escenario sin proyecto debe entenderse como la continuidad de las condiciones ambientales actuales, con una tendencia condicionada por los usos del suelo existentes, la dinámica socioeconómica regional y la capacidad de recuperación natural de la vegetación.

Para valorar la calidad ambiental del SAR se emplean criterios de valor biológico, amenaza o riesgo y oportunidades de conservación. Esta metodología permite valorar de manera cualitativa y semicuantitativa los atributos ambientales del sistema, considerando aspectos como extensión regional, integridad ecológica, función como corredor biológico, diversidad de ecosistemas, presencia de endemismos, riqueza específica, pérdida de superficie original, grado de fragmentación, presión sobre especies, prácticas de manejo e importancia de los servicios ambientales.

Tabla 1 Criterios generales para valorar la calidad ambiental del SAR

Grupo de criterios	Criterio	Clave	Consideración para el SAR
Valor biológico	Extensión de la región	ER	El SAR comprende 19,958.6168 ha, por lo que representa una unidad regional suficiente para evaluar procesos ecológicos, cobertura vegetal, conectividad y dinámica ambiental.
Valor biológico	Integridad ecológica funcional	IE	Se valora a partir del grado de conservación de la vegetación, presencia de fauna, continuidad ecológica y nivel de modificación antrópica.
Valor biológico	Función como corredor biológico	FC	Se considera la relación del SAR con áreas forestales, zonas de reserva, parches de vegetación y rutas de desplazamiento de fauna.
Valor biológico	Diversidad de ecosistemas	DE	Se valora conforme a los tipos de vegetación, usos de suelo y hábitats identificados en el Capítulo IV.
Valor biológico	Presencia de endemismos	PE	Se evalúa conforme a los registros de flora y fauna, incluyendo especies endémicas o con distribución restringida.
Valor biológico	Riqueza específica	RE	Se valora con base en los inventarios de flora y fauna del SAR y del Área del Proyecto.
Amenaza o riesgo	Pérdida de superficie original	PS	Se relaciona con la transformación de la cobertura vegetal y la remoción de vegetación forestal.
Amenaza o riesgo	Grado de fragmentación	GF	Se analiza con base en caminos, áreas abiertas, parcelas, infraestructura existente y futura.
Amenaza o riesgo	Concentración de especies en riesgo	CER	Se valora conforme a especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.
Amenaza o riesgo	Prácticas de manejo inadecuado	PMI	Se relaciona con actividades antrópicas, manejo de residuos, uso de fuego, desmontes no controlados o erosión.
Oportunidades de conservación	Área bajo manejo adecuado	ABM	Se relaciona con áreas de reserva, zonas no intervenidas y medidas de conservación del proyecto.
Oportunidades de conservación	Servicios ambientales	SA	Se consideran servicios de captura de carbono, infiltración, conservación de suelo, hábitat y conectividad.

Grupo de criterios	Criterio	Clave	Consideración para el SAR
Oportunidades de conservación	Presencia de grupos organizados	PGO	Se valora en función de la organización social, ejidal o comunitaria y posibles esquemas de gestión territorial.

La valoración del escenario sin proyecto se realiza a partir de los atributos ambientales identificados para el Sistema Ambiental Regional, considerando el estado actual de la cobertura vegetal, la presencia de usos antrópicos, la conectividad ecológica, los servicios ambientales y las presiones existentes sobre los recursos naturales.

Tabla 2 Valoración del escenario sin proyecto

Grupo de criterios	Valoración del escenario sin proyecto
Valor biológico	El SAR conserva atributos ecológicos relevantes asociados a vegetación forestal, fauna silvestre, servicios ambientales y conectividad regional.
Amenaza o riesgo	Existen presiones antrópicas derivadas de actividades rurales, caminos, transformación de cobertura y cambios de uso de suelo.
Oportunidades de conservación	Las áreas de vegetación remanente, zonas de reserva potenciales y posibilidades de restauración representan oportunidades para mantener la funcionalidad ambiental.

En síntesis, en ausencia del proyecto, el SAR mantendría sus tendencias actuales de transformación y recuperación natural, sin los impactos directos asociados a la planta fotovoltaica, pero también sin las medidas ambientales, programas de rescate, restauración, compensación, manejo de residuos y conservación que se implementarían como parte del proyecto autorizado.

VII.2 Descripción y análisis del escenario con proyecto

El escenario con proyecto considera la inserción de la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar dentro del Sistema Ambiental Regional, sin considerar aún la aplicación de medidas de mitigación. Este escenario permite valorar los impactos potenciales que podrían generarse por la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y eventual abandono del proyecto.

El proyecto contempla la ocupación de un Área del Proyecto de 817.19 ha, lo que representa aproximadamente 4.09% de la superficie total del SAR. De esta superficie, 359.41 ha corresponden a afectación permanente, equivalentes aproximadamente al 1.80% del SAR; 2.18 ha corresponden a afectación temporal, equivalentes aproximadamente al 0.01% del SAR; y 455.60 ha corresponden a zonas de reserva, equivalentes aproximadamente al 2.28% del SAR.

Tabla 3 Relación de superficies del proyecto respecto al SAR

Concepto	Superficie	Porcentaje respecto al SAR
Sistema Ambiental Regional	19,958.6168 ha	100.00%
Área del Proyecto	817.19 ha	4.09%
Afectación temporal	2.18 ha	0.01%
Afectación permanente	359.41 ha	1.80%
Zonas de reserva	455.60 ha	2.28%

La inserción del proyecto implicará impactos ambientales derivados de la remoción de vegetación forestal, modificación de hábitat, movimiento de tierras, instalación de módulos fotovoltaicos,

seguidores, inversores, centros de transformación, subestaciones, sistema BESS, caminos internos, línea aérea de alta tensión, apertura de línea existente, canalizaciones y obras de drenaje.

Los impactos previsibles se concentrarán principalmente en las superficies de afectación permanente y temporal. Las zonas de reserva, por su parte, representan un elemento relevante para reducir la presión sobre el SAR, ya que permitirán mantener superficies sin intervención directa y favorecer la conservación de cobertura vegetal, conectividad y refugio de fauna.

Tabla 4 Impactos ambientes destacables previstos en el escenario con proyecto

ID	Impacto ambiental previsto	Carácter
1	Incremento temporal de partículas suspendidas por movimiento de tierras, tránsito de maquinaria y adecuación de caminos.	Temporal
2	Incremento temporal de ruido por maquinaria, vehículos y actividades de construcción.	Temporal
3	Alteración potencial de la calidad del suelo por derrames de aceites, combustibles, lubricantes o manejo inadecuado de residuos.	Prevenible
4	Alteración potencial del subsuelo por infiltración de sustancias contaminantes.	Prevenible
5	Modificación puntual del relieve por nivelaciones, plataformas, caminos y canalizaciones.	Permanente/local
6	Incremento de susceptibilidad a erosión en áreas desmontadas o intervenidas.	Mitigable
7	Modificación del drenaje superficial por caminos, cunetas, plataformas y obras auxiliares.	Mitigable
8	Remoción de vegetación forestal en áreas de intervención autorizadas.	Permanente/residual
9	Reducción de cobertura vegetal en zonas de afectación permanente.	Permanente/residual
10	Modificación de hábitat de fauna silvestre.	Permanente/residual
11	Desplazamiento temporal o permanente de fauna por ruido, tránsito, presencia humana y barreras físicas.	Mitigable/residual
12	Riesgo de afectación a individuos de fauna de lento desplazamiento durante el desmonte.	Prevenible
13	Riesgo de afectación a especies de flora o fauna incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	Prevenible/mitigable
14	Generación de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.	Controlable
15	Modificación del paisaje por la presencia de infraestructura fotovoltaica, subestaciones, línea aérea y caminos.	Permanente/residual
16	Riesgo de colisión o electrocución de avifauna asociado a infraestructura eléctrica aérea.	Prevenible/mitigable
17	Emisiones temporales de gases y partículas por maquinaria y vehículos.	Temporal/mitigable

Sin medidas de mitigación, la calidad ambiental del SAR podría disminuir por la pérdida de cobertura vegetal, reducción de hábitat, aumento de fragmentación, incremento de presión sobre fauna, modificación de escurrimientos superficiales y generación de residuos. No obstante, el efecto regional debe evaluarse considerando que la superficie de afectación permanente representa aproximadamente 1.80% del SAR, mientras que una porción importante del Área del Proyecto se mantendrá como zona de reserva.

En términos generales, el escenario con proyecto sin medidas de mitigación implicaría una reducción en los atributos de valor biológico y un aumento en los criterios de amenaza o riesgo, principalmente

por la remoción de vegetación forestal, la modificación del hábitat y la incorporación de infraestructura eléctrica en el paisaje.

VII.3 Descripción y análisis del escenario considerando las medidas de mitigación

El escenario con proyecto y medidas de mitigación considera la aplicación de las acciones ambientales previstas para prevenir, reducir, controlar, restaurar o compensar los impactos identificados. En este escenario se evalúa la condición esperada del SAR una vez incorporadas las medidas de manejo ambiental, programas de rescate, restauración, compensación, supervisión y seguimiento.

Para el proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, las medidas de mitigación deberán enfocarse en atender los impactos asociados a la remoción de vegetación forestal, modificación de hábitat, manejo de fauna, protección de suelo, prevención de contaminación, manejo integral de residuos, control de emisiones temporales, conservación de escurrimientos, protección de avifauna e integración ambiental de áreas de reserva.

Tabla 5 Medidas de mitigación propuestas para el proyecto

ID	Medida propuesta
1	Delimitar físicamente las áreas autorizadas de afectación temporal y permanente antes del inicio de obras.
2	Prohibir actividades de desmonte, tránsito o acopio fuera de las superficies autorizadas.
3	Ejecutar la remoción de vegetación forestal de manera gradual, dirigida y supervisada.
4	Implementar un Programa de Rescate y Reubicación de Flora Silvestre previo al desmonte.
5	Implementar un Programa de Rescate, Ahuyentamiento y Reubicación de Fauna Silvestre.
6	Realizar recorridos previos para detectar nidos, madrigueras, refugios o ejemplares de lento desplazamiento.
7	Conservar las zonas de reserva previstas dentro del Área del Proyecto.
8	Restaurar las áreas de afectación temporal una vez concluidas las actividades constructivas.
9	Acopiar y conservar el suelo orgánico para su uso en restauración o mejoramiento de áreas intervenidas.
10	Aplicar obras de conservación de suelo y control de erosión en áreas susceptibles.
11	Diseñar cunetas, drenajes y obras pluviales para conservar la funcionalidad del drenaje superficial.
12	Humedecer caminos y áreas de trabajo para reducir partículas suspendidas.
13	Realizar mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos.
14	Exigir verificación vehicular o condiciones mecánicas adecuadas al parque vehicular.
15	Utilizar kits antiderrames en frentes de obra, áreas de maquinaria y zonas de almacenamiento.
16	Proteger el suelo con material impermeable cuando se realicen mantenimientos menores en sitio.
17	Manejar los residuos peligrosos conforme a la LGPGIR, su Reglamento y las NOM aplicables.
18	Implementar un Programa de Manejo Integral de Residuos.
19	Instalar sanitarios portátiles o sistemas autorizados para el manejo de aguas residuales sanitarias.
20	Prohibir descargas de aguas residuales al suelo, subsuelo o ambiente.
21	Capacitar al personal en protección de flora y fauna, manejo de residuos, prevención de incendios y atención a derrames.
22	Prohibir la caza, captura, colecta, daño o comercio de especies de flora y fauna silvestre.
23	Prohibir la introducción de fauna doméstica, exótica o invasora al Área del Proyecto.

ID	Medida propuesta
24	Colocar señalización ambiental, límites de velocidad y restricciones de tránsito.
25	Instalar dispositivos o elementos de señalización para reducir riesgo de colisión de aves en la infraestructura aérea, cuando resulte técnicamente procedente.
26	Mantener supervisión ambiental durante preparación del sitio, construcción y operación.
27	Ejecutar medidas de compensación ambiental asociadas al Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.
28	Dar seguimiento a las medidas de rescate, restauración, reubicación y compensación mediante indicadores ambientales.

La aplicación de estas medidas permitirá reducir la magnitud e importancia de los impactos ambientales, particularmente aquellos relacionados con fauna silvestre, flora, residuos, suelo, emisiones temporales, ruido, escurrimientos y prevención de contaminación. Sin embargo, algunos impactos conservarán carácter residual, especialmente los asociados a la ocupación permanente de superficies, cambio de uso de suelo en terrenos forestales, modificación del paisaje y pérdida localizada de cobertura vegetal.

En este escenario, la calidad ambiental del SAR podría mantenerse en niveles compatibles con la funcionalidad regional, debido a que los impactos directos se concentran en una proporción acotada del SAR y a que el proyecto contempla zonas de reserva equivalentes a 455.60 ha, que representan más de la mitad del Área del Proyecto. La eficacia de este escenario dependerá de que las medidas se ejecuten de manera previa, simultánea y posterior a las obras, con supervisión ambiental continua y cumplimiento de condicionantes.

Tabla 6 Valoración cualitativa de la calidad ambiental con proyecto y medidas

Grupo de criterios	Efecto esperado con medidas
Valor biológico	Se reducirá la pérdida funcional mediante conservación de zonas de reserva, rescate de flora y fauna, restauración de áreas temporales y compensación forestal.
Amenaza o riesgo	Se disminuirán riesgos de contaminación, erosión, afectación a fauna, incendios, residuos y derrames mediante programas ambientales específicos.
Oportunidades de conservación	Se incrementarán mediante zonas de reserva, restauración, compensación, supervisión ambiental y capacitación del personal.

Con base en lo anterior, el escenario con proyecto y medidas de mitigación se considera ambientalmente más favorable que el escenario con proyecto sin medidas, ya que permite reducir impactos, conservar áreas de reserva, restaurar superficies temporales, compensar la remoción de vegetación forestal y mantener la funcionalidad ambiental del SAR en términos regionales.

VII.4 Pronóstico ambiental

A partir del análisis de los tres escenarios descritos, se obtiene el pronóstico ambiental regional para el proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar.

Tabla 7 Pronóstico ambiental por escenario

Escenario	Descripción
Escenario sin proyecto	El SAR mantendría sus condiciones actuales y las tendencias de cambio derivadas de actividades antrópicas preexistentes, tales como usos agropecuarios, caminos, transformación de cobertura y presión sobre vegetación forestal. No se presentarían los impactos directos asociados al proyecto,

Escenario	Descripción
	pero tampoco se ejecutarían medidas de conservación, restauración, rescate, compensación y manejo ambiental vinculadas a su autorización.
Escenario con proyecto sin medidas de mitigación	La inserción del proyecto implicaría remoción de vegetación forestal, modificación de hábitat, ocupación permanente y temporal de superficies, movimiento de tierras, instalación de infraestructura eléctrica, generación de residuos, emisiones temporales, ruido, modificación del paisaje y posibles riesgos de afectación a flora, fauna, suelo y escurrimientos. La calidad ambiental del SAR tendería a disminuir, aunque los impactos directos se concentrarían principalmente en las superficies de afectación permanente y temporal.
Escenario con proyecto y medidas de mitigación	La aplicación de medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación permitiría reducir la magnitud de los impactos. Las zonas de reserva, el rescate de flora y fauna, la restauración de áreas temporales, el manejo integral de residuos, el control de escurrimientos, la protección de suelos y la compensación forestal contribuirían a mantener la funcionalidad ambiental del SAR. Persistirán impactos residuales por ocupación permanente, cambio de uso de suelo y modificación del paisaje, pero se consideran manejables bajo cumplimiento estricto de las medidas ambientales.

El pronóstico ambiental indica que la ejecución del proyecto generará impactos ambientales localizados, principalmente en las superficies sujetas a afectación permanente. La remoción de vegetación forestal y la modificación del hábitat constituyen los impactos más relevantes, debido a su carácter residual y a su relación con la pérdida de cobertura, desplazamiento de fauna, modificación de paisaje y reducción de servicios ambientales.

No obstante, la magnitud regional del impacto se atenúa al considerar que la superficie de afectación permanente representa aproximadamente 1.80% del SAR, mientras que las zonas de reserva representan 455.60 ha, equivalentes a aproximadamente 55.75% del Área del Proyecto. Lo anterior permite prever que, con la correcta implementación de medidas ambientales, el proyecto puede mantener una relación compatible con la funcionalidad ambiental regional.

En consecuencia, el escenario ambiental más viable es aquel que considera la ejecución del proyecto junto con la implementación estricta de las medidas de mitigación, restauración, compensación y seguimiento ambiental. Bajo este escenario, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar puede desarrollarse de manera ambientalmente compatible, siempre que se cumplan las autorizaciones en materia de impacto ambiental, cambio de uso de suelo en terrenos forestales, manejo de residuos, protección de vida silvestre, prevención de contaminación, gestión social y demás disposiciones aplicables.

VII.5 Evaluación de alternativas

La evaluación de alternativas tiene por objeto analizar si existen opciones técnica, ambiental o territorialmente viables que permitan reducir los impactos del proyecto o mejorar su compatibilidad ambiental.

Para el caso de la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar, la selección del sitio responde a criterios técnicos, territoriales y operativos relacionados con la disponibilidad de superficie suficiente para el aprovechamiento solar, las condiciones topográficas, la cercanía relativa a infraestructura eléctrica existente, la posibilidad de interconexión mediante la apertura de la línea LT Chunhuhub-Xul Ha, la disponibilidad legal de los terrenos y la factibilidad de integrar una planta fotovoltaica con sistema de almacenamiento de energía.

El proyecto se diseñó como una infraestructura de generación eléctrica renovable compuesta por tres subplantas fotovoltaicas, sistema BESS, subestación elevadora, subestación de maniobras, línea

aérea de alta tensión, caminos internos, canalizaciones y obras auxiliares. Por sus características, la viabilidad técnica del proyecto depende de la integración funcional de estos componentes en un mismo arreglo territorial.

En este sentido, no se identifican alternativas de ubicación que ofrezcan una reducción sustantiva de impactos sin comprometer la viabilidad técnica, eléctrica y operativa del proyecto. Sin embargo, sí se reconocen alternativas de diseño y manejo ambiental que permiten reducir la magnitud de los impactos, entre ellas:

Tabla 8 Alternativas de diseño y manejo ambiental

Alternativa	Resultado ambiental esperado
Mantener zonas de reserva dentro del Área del Proyecto	Reduce pérdida de cobertura, mantiene refugio de fauna y favorece conectividad local.
Concentrar la infraestructura en superficies estrictamente necesarias	Disminuye el cambio de uso de suelo y evita afectaciones innecesarias.
Ejecutar desmonte gradual y dirigido	Reduce mortalidad de fauna y permite desplazamiento natural.
Reubicar infraestructura menor fuera de áreas ambientalmente sensibles, cuando sea técnicamente posible	Disminuye afectaciones puntuales a flora, fauna o suelo.
Restaurar áreas temporales al concluir la construcción	Recupera funciones de suelo, cobertura herbácea y estabilidad superficial.
Implementar medidas de protección de avifauna en infraestructura aérea	Reduce riesgo de colisión o electrocución.
Mantener caminos interiores con criterios de control de escurrimientos	Disminuye erosión y alteración del drenaje superficial.
Manejar residuos y sustancias peligrosas mediante áreas controladas y gestores autorizados	Previene contaminación de suelo y subsuelo.

Con base en lo anterior, la alternativa ambientalmente viable corresponde a la ejecución del proyecto en el sitio propuesto, incorporando medidas de optimización del diseño, delimitación estricta de superficies, conservación de zonas de reserva, restauración de áreas temporales, compensación forestal y seguimiento ambiental.

VII.6 Conclusiones

El análisis de pronósticos ambientales regionales permite concluir que el proyecto Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar se inserta en un Sistema Ambiental Regional con presencia de vegetación forestal, biodiversidad asociada, usos antrópicos y procesos de modificación territorial preexistentes.

Sin la ejecución del proyecto, el SAR mantendría sus tendencias actuales de cambio, determinadas por la dinámica rural, la presencia de caminos, usos agropecuarios, transformación de cobertura y procesos de sucesión vegetal. Con la ejecución del proyecto sin medidas de mitigación, se presentarían impactos ambientales negativos, principalmente por remoción de vegetación forestal, modificación de hábitat, ocupación permanente de superficies, incremento de fragmentación, generación de residuos, emisiones temporales, ruido, modificación del paisaje y riesgo de afectación a flora y fauna silvestre.

No obstante, con la aplicación de medidas de prevención, mitigación, restauración y compensación, los impactos pueden reducirse significativamente. Las acciones de rescate y reubicación de flora y fauna, la conservación de zonas de reserva, la restauración de áreas de afectación temporal, el manejo integral de residuos, la protección de suelo y subsuelo, el control de escurrimientos pluviales, la prevención de derrames, la capacitación ambiental y la supervisión continua permitirán que el proyecto mantenga una relación ambientalmente compatible con el SAR.

Los impactos residuales más relevantes estarán asociados a la pérdida permanente de cobertura vegetal en las áreas autorizadas, la modificación del hábitat, el cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la modificación del paisaje. Sin embargo, dichos impactos se consideran manejables siempre que se ejecuten las medidas ambientales propuestas y se cumplan las condicionantes que establezcan las autoridades competentes.

En consecuencia, el escenario ambientalmente más favorable corresponde al desarrollo del proyecto con la implementación integral de las medidas de mitigación, restauración, compensación y seguimiento ambiental. Bajo este supuesto, la Planta Solar Fotovoltaica Balam Solar puede considerarse ambientalmente viable en términos regionales, siempre que obtenga y cumpla las autorizaciones en materia de impacto ambiental, cambio de uso de suelo en terrenos forestales, vida silvestre, manejo de residuos, gestión social, permisos energéticos y demás disposiciones aplicables.

Capítulo VIII

IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MAYO 2026

El presente capítulo fue integrado conforme a la estructura y contenido recomendado en la “Guía para la elaboración de la Manifestación del Impacto Ambiental Modalidad Regional”, publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales[I]

[I] SEMARNAT, Guías de Impacto Ambiental, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/698811/Guia_MIA-Regional-enero-2022.pdf

ÍNDICE DE CONTENIDO

VIII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL VIII-1

VIII.1 Relación de anexos..... VIII-1

VIII.2 Glosario de Términos VIII-1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla VIII.1 Relación de anexos VIII-1

VIII IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

VIII.1 RELACIÓN DE ANEXOS

Con el propósito de hacer un uso responsable del papel, los anexos que a continuación se enlistan, se presentan de la siguiente manera:

Tabla VIII.1 Relación de anexos

Anexo	Nombre	Presentación	
		Digital	Impreso
ANX 1	ACTA CONSTITUTIVA	SÍ	SÍ
ANX 2	RFC PROMOVENTE	SÍ	Sí
ANX 3	IDENTIFICACIÓN DEL REPRESENTANTE LEGAL	SÍ	SÍ
ANX 4	PODER A FAVOR DEL REPRESENTANTE LEGAL	SÍ	SÍ
ANX 5	DECLARACIÓN BAJO PORTESTA DE DECIR VERDAD	SÍ	SÍ
ANX 6	PLANOS	SÍ	No
ANX 7	CARTOGRAFÍA	SÍ	SI
ANX 8	METODOLOGÍA IMPACTO AMBIENTAL	SÍ	NO
ANX 9	MATRIZ DE INTERACCIONES	SÍ	NO
ANX 10	FAUNA POTENCIAL	SI	SI

VIII.2 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abiótico

Denominación que reciben todos los componentes que no tienen vida, como son las sustancias minerales, los gases y los factores climáticos que influyen en los organismos.

Aguas residuales o servidas

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

Ambiente

El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Antrópico

Todo aquello que tiene que ver con los seres humanos y su posición en cuanto a lo natural, ya que engloba todas las modificaciones que sufre la naturaleza a consecuencia de la acción humana.

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA)

Las AICA's surgen de un programa de Birdlife International, el cual busca identificar este tipo de áreas en todo el mundo. Mediante criterios como la amenaza que sufren las especies de aves, lo restringido de sus distribuciones y la cantidad de aves que se pueden congregar en un solo sitio.

Áreas Naturales Protegidas (ANP)

Las zonas del territorio nacional y aquellos sobres las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la ley (LGEEPA).

Biodiversidad

La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y 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.

Biótico

Todos aquellos seres vivos de los ecosistemas.

Carta topográfica

Representación impresa o digital de la forma de la superficie terrestre, donde aparecen los elementos naturales de un estado o país, así como las obras hechas por el hombre (presas, zonas agrícolas, carreteras, acueductos u oleoductos, etc.), ubicados con exactitud mediante sus coordenadas geográficas (latitud y longitud).

Coordenadas geográficas

Líneas imaginarias paralelas al ecuador (paralelos: latitud y meridianos: longitud) que sirven para determinar la posición exacta de un punto sobre la superficie terrestre.

Contaminación

La presencia en el ambiente de uno a más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

Contaminante

Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Corriente intermitente

Aquella que solamente tiene escurrimiento superficial durante alguna época del año.

Criterios de significancia

Umbrales cualitativos y cuantitativos que determinan la importancia (significativa o no significativa) de un impacto, y presentan una discusión de la importancia del efecto ocasionado por la actividad del Proyecto en un componente ambiental.

Curvas de nivel

Líneas que unen en mapas topográficos los puntos con igual elevación.

Datum

Sistema geométrico de referencia que expresa numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno. Se define en función de un elipsoide y por un punto en el que éste y la tierra son tangentes.

Desequilibrio ecológico

La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman al ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Disposición final

Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Ecosistema

Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas, y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis, y con su ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo de energía y nutrientes.

Elemento natural

Los elementos físicos, químicos y biológicos que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.

Emisión

Liberación al ambiente de toda sustancia, en cualquiera de sus estados físicos, o cualquier tipo de energía, proveniente de una fuente.

Especie

Unidad básica de clasificación taxonómica, formada por un conjunto de individuos que son capaces de reproducirse entre sí y generar descendencia fértil, compartiendo rasgos fisionómicos y requerimientos de hábitat semejantes. Puede referirse a subespecies y razas geográficas.

Especies en riesgo

Aquellas incluidas en alguna de las categorías descritas en la NOM-059-SEMARNAT-2001: Amenazada (A), En peligro de extinción (P), Sujetas a protección especial (Pr) y Probablemente extinta en el medio silvestre (E).

Fauna silvestre

Las especies animales que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo sus poblaciones menores que se encuentran bajo control del hombre, así como los animales domesticados que por abandono se tornen salvajes y por ello sean susceptibles de captura y apropiación.

Flora silvestre

Las especies vegetales, así como los hongos, que subsisten sujetas a los procesos de selección natural y que se desarrollan libremente, incluyendo las poblaciones o especímenes de estas especies que se encuentran bajo control del hombre.

Geomorfología

Ciencia que estudia las formas de la corteza terrestre. Con este nombre se suele designar la ciencia que estudia el origen y la evolución de la tierra firme emergida, pero puede estudiar también los fondos marinos.

Hábitat

Sitio específico en un medio ambiente físico ocupado por un organismo, por una población, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo determinado.

Homeostasis

Tendencia de las comunidades hacia la estabilidad dinámica.

Impacto ambiental

Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Impacto ambiental acumulativo

El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente.

Impacto ambiental sinérgico

Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente.

Impacto ambiental significativo o relevante

Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Impacto ambiental residual

El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

IUCN

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por sus siglas en inglés.

Lixiviado

Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y pudiendo representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

Manejo

Aplicación de métodos y técnicas para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat.

Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)

Documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo.

Materia orgánica

La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado. La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo que contribuyen a su fertilidad.

Paisaje

En sentido geomorfológico se denomina paisaje al aspecto general de una región, determinado por el conjunto de geoformas (relieve tallado o construido sobre el sustrato, resultado tanto de la erosión como de la acumulación de sedimentos sobre los relieves emergidos de las áreas continentales). La geoforma comprende todos los elementos vinculados con la morfología de la superficie terrestre (clima, relieve, litología, geomorfología, suelos y cubierta vegetal con su fauna asociada).

Recurso natural

El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre.

Región ecológica

La unidad del territorio nacional que comparte características ecológicas comunes.

Región hidrológica

Área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados y municipios.

Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP)

En mayo de 1998, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación, uso y manejo sostenido.

Regiones Terrestres Prioritarias (RTP)

Áreas cuyas características físicas y bióticas favorezcan condiciones particulares importantes desde el punto de vista de la biodiversidad. En particular tienen como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y especifica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga oportunidad real de conservación.

Residuo

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Residuo peligroso

Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos que le confieran peligrosidad, sí como

envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio y por tanto, representan un peligro al equilibrio ecológico o el ambiente. El instrumento normativo que proporciona las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos es la NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

Servicios ambientales

Los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para que proporcionen beneficios al ser humano.

Servicios ecosistémicos

Son recursos o procesos de los ecosistemas naturales (bienes y servicios) que benefician a los seres humanos. Incluye productos como el agua potable limpia y procesos tales como la descomposición de desechos.

Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de principios o procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

UTM

Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (En inglés Universal Transverse Mercator, UTM) basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al ecuador, se hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar, que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

Vegetación forestal

El conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales.


RESERVA 1
RESERVA 2
RESERVA 5
RESERVA 6
RESERVA 3
RESERVA 4