RESUMEN EJECUTIVO - MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

MODALIDAD REGIONAL

DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO TEPETATES PV



USPAE
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES ALTAMENTE ESPECIALIZADOS
INECOL

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

RWE



Coordinador General
Dr. Rafael Villegas Patraca

Coordinador Técnico
M. en C. Oscar Muñoz Jiménez

Coordinador Técnico de Proyecto
M. en C. Alexandro Medina Chena

Participantes
Dr. Daniel Aguirre Fey
Geógr. César Augusto Gallo Gómez
Biól. Luis Lagunes Galindo
I.Q. Marga Lorena Sagrero Uscanga
M. en C. Samuel Macías Sánchez
Biól. Rodolfo López Polanco
I.I. Laura Alejandra Barradas Sánchez
Geógr. Oswaldo Trinidad Hernández
Geógr. Rosa Adriana Pedraza Varela

Cartografía
Geóg. César Augusto Gallo Gómez
Geógr. Oswaldo Trinidad Hernández

Coordinación en administración y seguimiento contractual
L.N.I. Mariana Morales Alarcón

Diseño y edición grafico
Geógr. Rosa Adriana Pedraza Varela

CONTENIDO

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

I.1 NOMBRE DEL PROYECTO 1

I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO 1

I.3 DURACIÓN DEL PROYECTO 3

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 3

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO 3

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO 4

II.1.3.1 Superficie total requerida 9

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA 13

II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO 15

III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES 17

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DE DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN 20

IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO 20

IV.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 24

IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR 27

IV.3.1 MEDIO ABIÓTICO 27

IV.3.1.1 Clima 27

IV.3.1.2 Geología y geomorfología 28

V.3.1.3 Suelos 29

IV.3.1.4 Hidrología 30

IV.3.2 MEDIO BIÓTICO 32

IV.3.2.1 Vegetación 32

IV.3.2.2 Fauna 35

IV.3.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO 38

IV.3.4 PAISAJE 38

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 39

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL 40

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 41

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL 44

VII.5 CONCLUSION GENERAL 45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. *Resumen de datos de localización para el proyecto fotovoltaico Tepetates PV.* 1
Cuadro 2. *Riesgo y vulnerabilidad de la localización de las obras del proyecto Tepetates PV.* 3
Cuadro 3. *Coordenadas del polígono que integra el predio del parque fotovoltaico* 6
Cuadro 4. *Superficies ocupadas por obras permanentes.* 10
Cuadro 5. *Superficies a ocupar por obras temporales.* 11
Cuadro 6. *Superficies de afectación permanente respecto a la cobertura vegetal (m^2) en el Parque Fotovoltaico Tepetates.* 11
Cuadro 7. *Superficies de afectación temporal respecto a la cobertura vegetal (m^2) en el Parque Fotovoltaico Tepetates.* 11
Cuadro 8. *Montos estimados de inversión para el proyecto.* 13
Cuadro 9. *Resumen de costos.* 14
Cuadro 10. *Cronograma de actividades de proyecto.* 15
Cuadro 11. *Características físicas que permitieron obtener las unidades de paisaje circundantes al proyecto.* 22
Cuadro 12. *Superficies en kilómetros cuadrados y hectáreas del proyecto, área de influencia y SAR.* 22
Cuadro 13. *Superficie por uso de suelo y vegetación en el SAR.* 34
Cuadro 14. *Superficie por uso de suelo y vegetación en el AP.* 34
Cuadro 15. *Superficie por usos de suelo y vegetación en el SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV – 2014.* 41

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. *Croquis de localización.* 2
Figura 2. *Ubicación del proyecto dentro de la región.* 5
Figura 3. *Predio del Proyecto y vértices que lo conforman.* 8
Figura 4. *Obras del proyecto.* 12
Figura 5. *Sistema Ambiental Regional del Proyecto.* 23
Figura 6. *Área de influencia del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV.* 26
Figura 7. *Mapa de uso de suelo y vegetación, clasificación supervisada.* 33
Figura 8. *Gráfico de la tendencia de cambio de uso de suelo en el escenario SIN PROYECTO hasta el año 2060.* 42
Figura 9. *Gráfico de la tendencia de cambio de uso de suelo en el escenario con proyecto y sin medidas de mitigación hasta el año 2060.* 43

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

El objeto de este capítulo es aportar los datos básicos que permitan la identificación del **Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV** y una primera aproximación de su entorno, asimismo, proveer de los siguientes datos administrativos para dar seguimiento del trámite en evaluación:

I.1 NOMBRE DEL PROYECTO

El nombre del proyecto asignado por el promovente es **Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, o "Tepetates PV"**, con el cual quedará registrado ante la Secretaría y es con el que se identificará dicho proyecto para trámites subsecuentes relacionados con él.

I.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto se localiza en el municipio de Soledad de Doblado, Veracruz, en la porción central de la entidad veracruzana. Las coordenadas geográficas extremas del proyecto son 19°08'5'' al norte y 19°6'47'' al sur en Latitud Norte y 96°31'36'' al este y 96°34'2'' al oeste en Longitud Oeste. El predio del Parque Fotovoltaico cuenta con una superficie de 439.236 hectáreas.

El proyecto Tepetates PV tiene acceso mediante un entronque al sureste de la planta. El Entronque se realiza en el Camino Ejidal "Sinaloa", el cuál intercepta con la carretera "Soledad de Doblado-El Capricho" (*Cuadro 1*) (*Figura 1*).

Cuadro 1. Resumen de datos de localización para el proyecto fotovoltaico Tepetates PV.

PROYECTO TEPETATES PV	
Municipios	Soledad de Doblado
entidad federativa	Veracruz
calle, número, colonia o código postal	C.P 94240
Localidades próximas	Población de Tepetates y Soledad de Doblado, Ver.
Vías de comunicación cercanas	Carretera estatal carretera "Soledad de Doblado-El Capricho", entronque camino ejidal "Sinaloa"

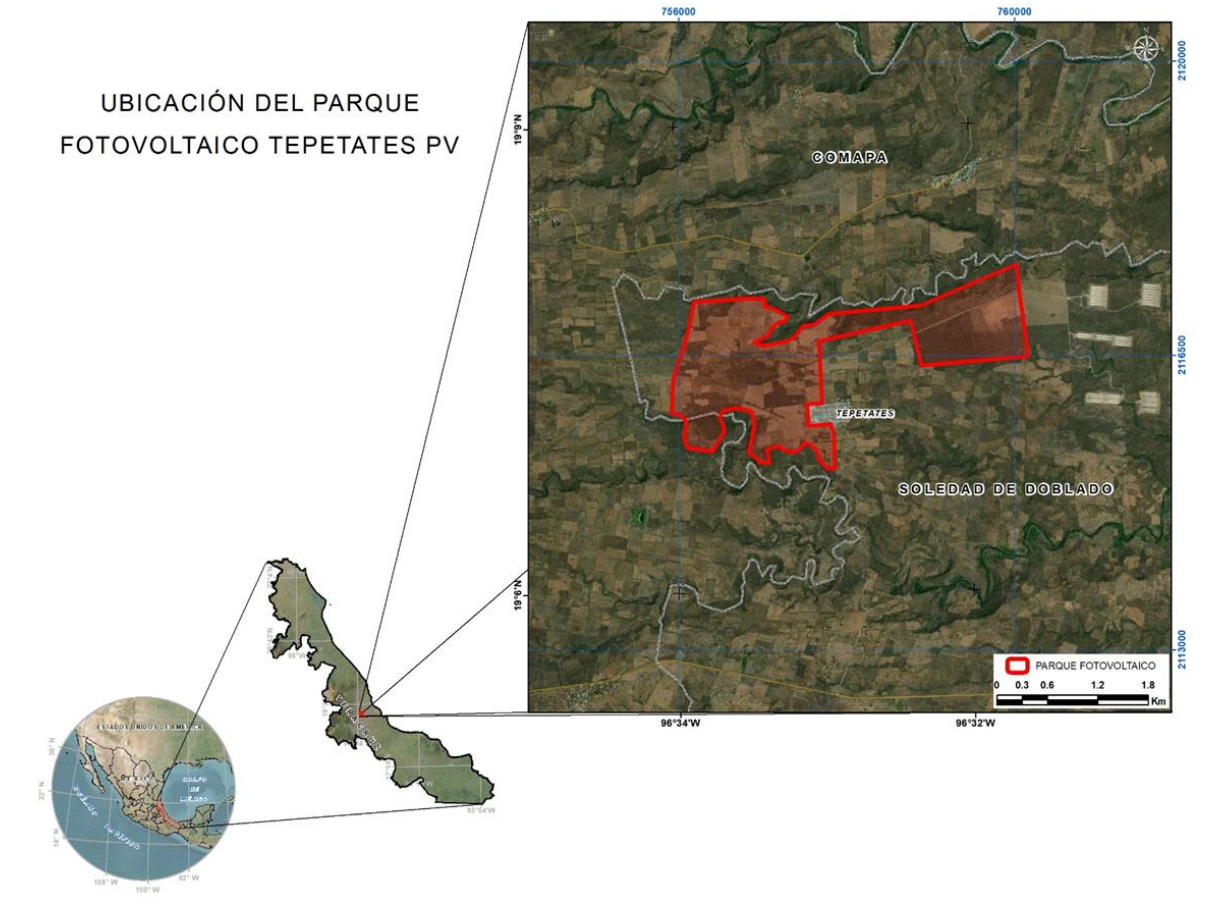


Figura 1. Croquis de localización.

De acuerdo con el Atlas Nacional de Riesgos y el Atlas Nacional de Vulnerabilidad al cambio climático, se Indica si el proyecto se ubica en zona de riesgo como paredes de cañones, lechos y cauces de arroyos, zonas de fallas geológicas, de deslizamiento, de inundación, así como en zonas de litorales expuestas a oleaje de tormenta y procesos de erosión, en desembocaduras y ríos, áreas identificadas como altamente vulnerables al cambio climático[1] (*Cuadro 2*). En los sistemas para evaluación de los riesgos mencionados en las aplicaciones del Atlas Nacional de Riesgos, no se observan dichos riesgos en las poligonales de obras del proyecto.

[1] http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/

Cuadro 2. Riesgo y vulnerabilidad de la localización de las obras del proyecto Tepetates PV.

ZONA DE RIESGO	APLICA (SI/NO)
Paredes de cañones	NO
Lechos y cauces de arroyos	NO
Zonas de fallas geológicas	NO
Zonas de deslizamiento	NO
Zonas de inundación	NO
Zonas de litorales expuestas a oleaje de tormenta y procesos de erosión	NO
Desembocaduras y ríos	NO
Áreas identificadas como altamente vulnerables al cambio climático	NO

I.3 DURACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto podrá lograr una vida útil de 30 años, con la posibilidad de prolongarla gracias al mantenimiento permanente y a la adaptación de las nuevas tecnologías que vayan surgiendo al paso del tiempo. El calendario detallado de actividades del proyecto en sus distintas etapas puede consultarse en el capítulo II de este mismo documento.

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

A continuación, se describe el proyecto en su conjunto, de acuerdo con su naturaleza, objetivos, características, distribución espacial y temporal de obras y/o actividades principales, de servicios y obras asociadas.

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO

El **Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV** consiste en la construcción, operación y mantenimiento de una central de generación de energía eléctrica de tipo solar con una capacidad de 130 MWAC, la cual aprovechará la radiación emitida por el sol para la conversión a energía eléctrica, por lo que esta energía se considera limpia y de origen renovable.

El principal propósito del proyecto es aprovechar la energía de la radiación emitida por el sol para transformarla en energía eléctrica y suministrarla al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) para el abastecimiento de energía a centros de consumo de cualquier tipo además de contribuir a la mitigación de emisiones de CO_2 reduciendo el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.

Este tipo de instalaciones producen energía a partir de fuentes de energía renovables, en este caso energía solar. Son energías "limpias" y no contaminantes, por lo que evitan una influencia negativa sobre el medio ambiente y hacen posible el desarrollo sostenible. Evitan la emisión de partículas contaminantes a la atmósfera como Azufre, CO_2, CO, Plomo, etc., ya que introducen a la red nacional

energía limpia generada con radiación solar y evitan la generación de electricidad mediante otras fuentes energéticas como la nuclear, carbón y derivados del petróleo, en cuyos procesos se generan residuos y subproductos altamente contaminantes.

En la planta solar del proyecto fotovoltaico Tepetates PV, los circuitos de media tensión serán a 34,5kV. Estos circuitos se conectarán a la Subestación Elevadora donde se elevará la tensión a 115kV. Se dispondrá de una línea aérea desde la Subestación Elevadora hasta conectar a una subestación desde donde se distribuirá al Sistema Eléctrico Nacional. Dicha Línea de Transmisión se presentará ante la autoridad ambiental como un proyecto/trámite aparte.

El proyecto contempla también:

- Subestación elevadora particular y transformador de potencia.
- Obra civil (cimentaciones, registros, caminos internos, camino de acceso, etc.).
- Sistema de cableado (Red de Media Tensión), cajas de conexiones, tableros.
- Sistemas periféricos de seguridad, vigilancia y mantenimiento.

El parque podrá lograr una vida útil de 30 años, con la posibilidad de prolongarla gracias al mantenimiento permanente y a la adaptación de las nuevas tecnologías que vayan surgiendo al paso del tiempo.

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

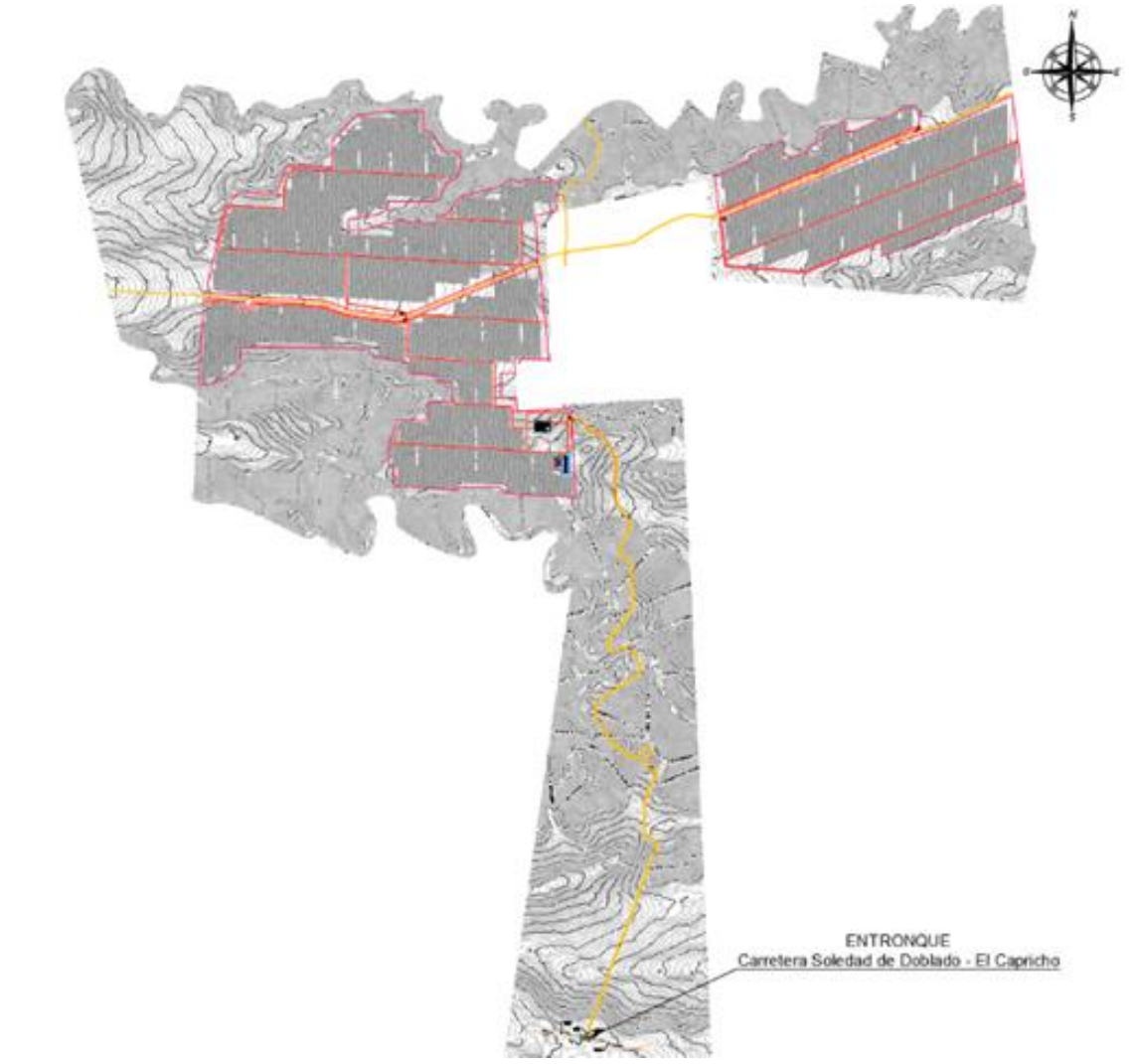
Ubicación del proyecto dentro de la región

El Proyecto se localiza en los municipios de Soledad de Doblado y Comapa, Veracruz; los cuales se ubican en la región sureste de la República Mexicana, en la porción central de la entidad veracruzana. Las coordenadas geográficas extremas del proyecto son 19°08'5'' al norte y 19°6'47'' al sur en Latitud Norte y 96°31'36'' al este y 96°34'2'' al oeste en Longitud Oeste. El predio del Parque Fotovoltaico cuenta con una superficie de 439.236 hectáreas (*Figura 2*).



Figura 2. Ubicación del proyecto dentro de la región.

La Planta Solar Tepetates tiene acceso mediante un entronque al sureste de la planta. El Entronque se realiza en el Camino Ejidal "Sinaloa", el cuál intercepta con la carreta "Soledad de Doblado-El Capricho".



El *Cuadro 3* indica los vértices que conforman el predio del proyecto y en la *Figura 3* se aprecia la ubicación de los vértices que dan forma a la poligonal del proyecto.

Cuadro 3. Coordenadas del polígono que integra el predio del parque fotovoltaico

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 14 NORTE					
VÉRTICE	X	Y	VÉRTICE	X	Y
1	756063.835	2115508.687	36	757684.791	2116663.373
2	755906.633	2115790.788	37	757686.109	2116494.681
3	755923.742	2116148.067	38	757705.420	2115931.802
4	755917.610	2116300.626	39	757527.602	2115922.759
5	756031.725	2116689.870	40	757540.665	2115663.703

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 14 NORTE					
VÉRTICE	X	Y	VÉRTICE	X	Y
6	756181.523	2117135.286	41	757815.733	2115683.675
7	756811.330	2117201.324	42	757818.881	2115624.011
8	757068.780	2117205.350	43	757848.510	2115629.057
9	757071.157	2117106.991	44	757865.621	2115612.793
10	757109.621	2117091.218	45	757830.997	2115612.514
11	757297.304	2116958.861	46	757846.260	2115557.226
12	757264.405	2116902.109	47	757863.649	2115161.434
13	757244.566	2116843.611	48	757764.877	2115159.293
14	757185.866	2116825.884	49	757726.558	2115198.165
15	757154.856	2116749.257	50	757686.132	2115225.348
16	757118.555	2116731.717	51	757484.848	2115236.764
17	756896.991	2116654.225	52	757448.743	2115274.717
18	756997.525	2116638.463	53	757240.198	2115274.790
19	757123.187	2116628.269	54	757240.741	2115211.005
20	757137.590	2116650.705	55	756956.683	2115225.704
21	757198.993	2116686.019	56	756933.928	2115269.651
22	757219.902	2116738.076	57	756908.995	2115279.510
23	757261.526	2116766.175	58	756836.517	2115339.953
24	757478.942	2116853.721	59	756845.253	2115406.916
25	757507.603	2116872.689	60	756894.852	2115651.400
26	757548.330	2116857.731	61	756886.138	2115748.618
27	757612.700	2116864.409	62	756858.979	2115834.406
28	757787.604	2116992.883	63	756676.415	2115875.295
29	758885.303	2117094.187	64	756522.768	2115836.326
30	760027.886	2117600.490	65	756491.113	2115761.542
31	760160.612	2116492.267	66	756526.021	2115678.376
32	759006.253	2116363.388	67	756538.826	2115588.144
33	758595.399	2116399.148	68	756401.884	2115356.717
34	758543.039	2116863.219	69	756107.324	2115399.859
35	757944.550	2116731.163	70	756063.835	2115508.687

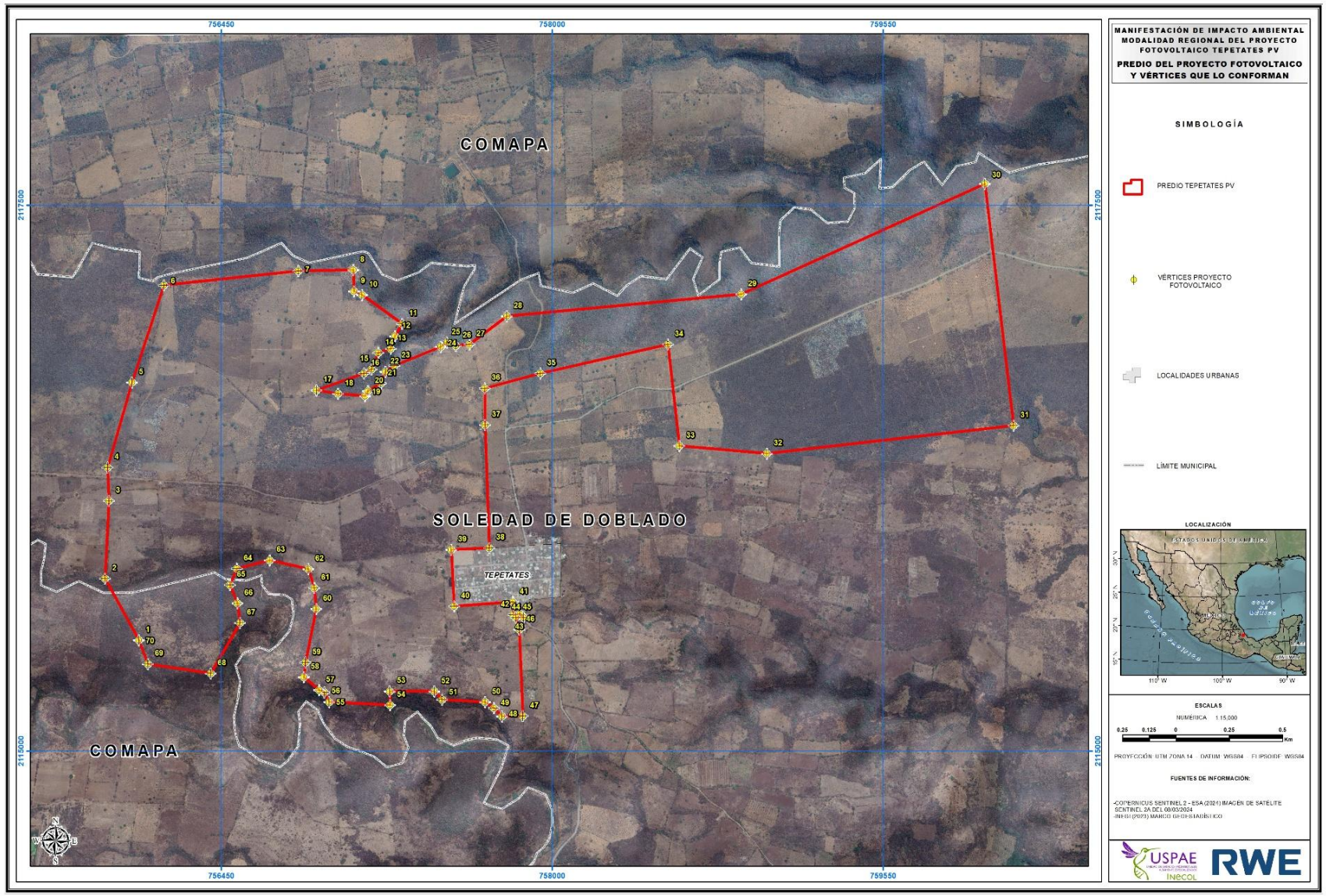


Figura 3. Predio del Proyecto y vértices que lo conforman.

II.1.3.1 SUPERFICIE TOTAL REQUERIDA

El proyecto contiene obras permanentes y temporales, mismas que suman una superficie de 314.977 hectáreas, de las cuales 314.472 ha se consideran como permanentes y 0.505 ha como temporales. Del total de la superficie de las obras permanentes una porción presenta coincidencia espacial de las obras entre sí mismas (78.143 ha), tal es el caso de los módulos fotovoltaicos, centros de transformación, caminos internos y zanjas de media tensión. Finalmente, la superficie del proyecto que es considerada como de área de afectación corresponde a 236.834 hectáreas, dentro de las cuales se encuentran áreas permanentes y temporales. El *Cuadro 4* y *Cuadro 5* recogen las superficies de cada una las obras que se construirán para el proyecto.

Cuadro 4. Superficies ocupadas por obras permanentes.

OBRA	LONGITUD		SUPERFICIE TOTAL DE LA OBRA		SUPERFICIE DE LA OBRA QUE COINCIDE CON ALGUNA OTRA OBRA		SUPERFICIE NETA DE AFECTACIÓN	
	M	KM	M²	HA	M²	HA	M²	HA
Módulos fotovoltaicos	-	-	761,870.749	76.187	761,870.749	76.187	0.000	0.000
Área de módulos fotovoltaicos (incluye zanjas de baja tensión)	-	-	2,293,590.397	229.359	-	-	2,293,590.397	229.359
Subestación eléctrica	-	-	4,149.953	0.415	-	-	4,149.953	0.415
Cuarto de control	-	-	305.640	0.031	-	-	305.640	0.031
Estacionamiento	-	-	68.750	0.007	-	-	68.750	0.007
Caseta de acceso/vigilancia (5 ubicaciones)	-	-	133.195	0.013	-	-	133.195	0.013
Centros de transformación	-	-	516.147	0.052	486.868	0.049	29.279	0.003
Camino interno (incluye camino de acceso)	13,675.210	13.675	56,604.150	5.660	13,507.823	1.350	43,096.327	4.310
Zanja de media tensión	13,995.106	13.995	27,482.777	2.748	5,564.172	0.556	21,918.605	2.192
Vallado perimetral	20,697.483	20.697	-	-	-	-	-	-
Total	48,367.799	48.367	3,144,721.758	314.472	781,429.612	78.143	2,363,292.146	236.329

SUPERFICIE A AFECTAR (M²) CON RESPECTO A LA COBERTURA VEGETAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

Para conocer las superficies a afectar de la cobertura vegetal por las obras del proyecto, fue necesario comparar la superficie de las obras con la cobertura de uso de suelo y vegetación, para lo cual se empleó una clasificación de uso de suelo y vegetación obtenida de una imagen de satélite Sentinel 2A y muestreos de campo (el proceso detallado de cómo se obtuvo dicha clasificación se presenta en el apartado de vegetación del capítulo IV). En el *Cuadro 6* y *Cuadro 7* se pueden apreciar las superficies de vegetación respecto a cada una de las obras del proyecto.

Cuadro 5. Superficies a ocupar por obras temporales.

OBRA	SUPERFICIE NETA DE AFECTACIÓN	
	M²	HA
Campamento de faenas	2,050.377	0.205
Ampliación de Subestación	2999.998	0.300
Total	5,050.375	0.505

Cuadro 6. Superficies de afectación permanente respecto a la cobertura vegetal (m²) en el Parque Fotovoltaico Tepetates.

TIPO DE COBERTURA / OBRAS	VEGETACIÓN SECUNDARIA DE SELVA BAJA CADUCIFOLIA	AGROPECUARIO	TOTAL
Área de módulos fotovoltaicos	555,283.775	1,738,306.622	2,293,590.397
Subestación eléctrica	-	4,149.953	4,149.953
Cuarto de control	-	305.640	305.640
Estacionamiento	-	68.750	68.750
Caseta de acceso/vigilancia	26.639	106.556	133.195
Centros de transformación	14.509	14.770	29.279
Camino interno	10,463.267	32,633.060	43,096.327
Zanja de media tensión	4,143.850	17,774.755	21,918.605
Total	569,932.040	1,793,360.106	2,363,292.146

Cuadro 7. Superficies de afectación temporal respecto a la cobertura vegetal (m²) en el Parque Fotovoltaico Tepetates.

TIPO DE COBERTURA / OBRAS	AGROPECUARIO	TOTAL
Campamento de faenas	2,050.377	2,050.377
Ampliación de Subestación	2999.998	2999.998
Total	5,050.375	5,050.375

Como ya fue mencionado anteriormente, la superficie de afectación del proyecto (obras permanentes y temporales) presenta una superficie **de 2,368,342.521 m² (236.834 ha), de los cuales 569,932.040 m² (56.993 ha) son considerados como terrenos para cambio de uso de suelo (CUSTF) (24.065 % respecto del total la superficie de afectación del proyecto).**

La *Figura 4* muestra la distribución de las obras al interior del proyecto.

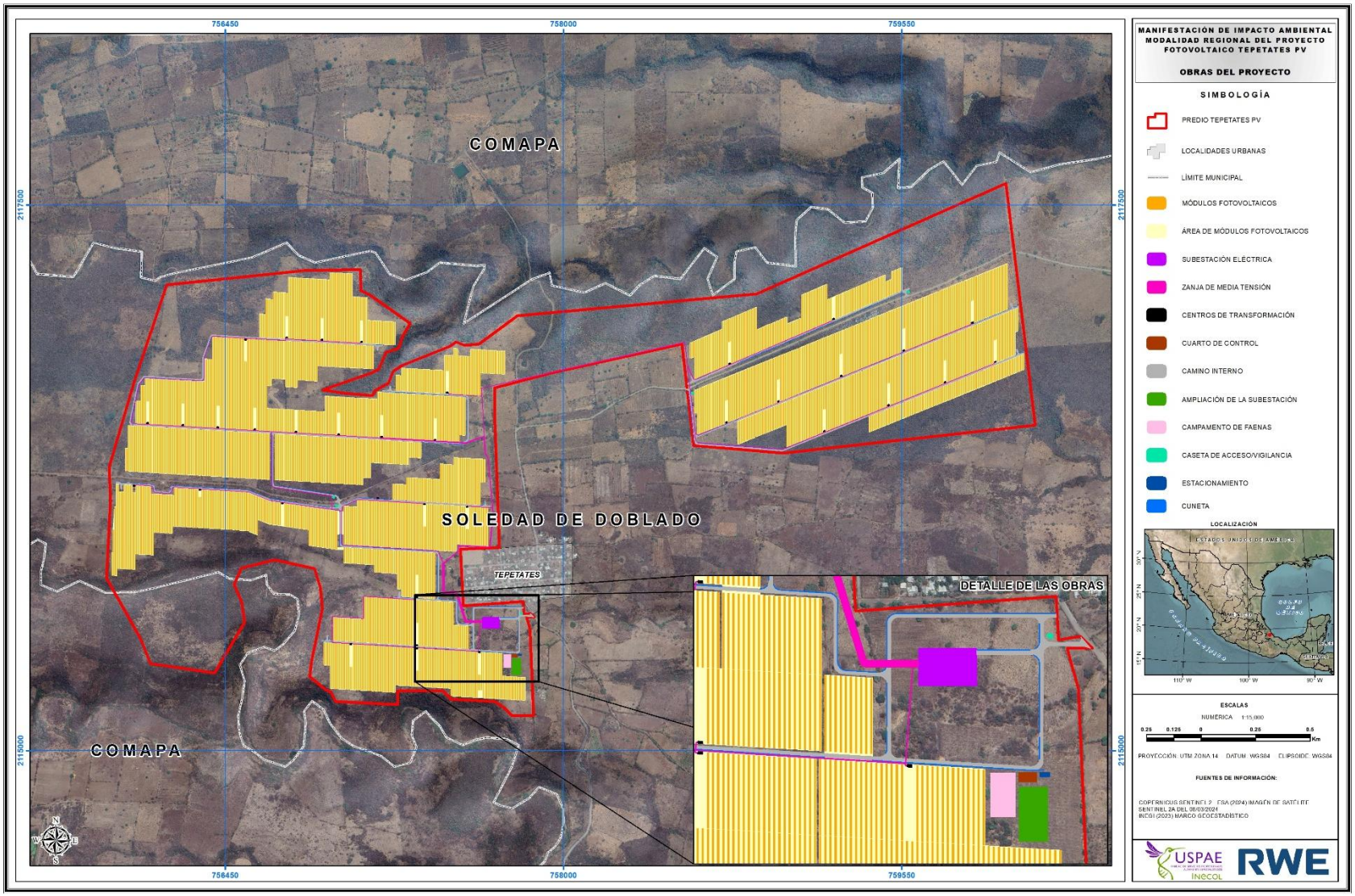


Figura 4. Obras del proyecto.

II.1.4 INVERSIÓN REQUERIDA

El cálculo de los costos para las medidas de prevención, mitigación y recuperación ambiental para un parque fotovoltaico depende de varios factores, sin embargo, una forma común de estimar estos costos es asignar un porcentaje de la inversión total del proyecto, basado en prácticas y experiencia previa en este tipo de proyectos enérgicos.

El monto estimado de la inversión total del proyecto es de $ 3,733,956,934.00 MNX diferenciando la inversión requerida para cada etapa del proyecto en que se pretende aplicar dicho monto reportado: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, y/o abandono (*Cuadro 8*):

Cuadro 8. Montos estimados de inversión para el proyecto.

ETAPA	INVERSIÓN USD	INVERSIÓN MXN
Preparación del sitio y construcción	$ 133,129,783.20	$ 2,662,595,664.00
Operación y mantenimiento *	$ 2,269,000.00	$ 45,380,000.00
Desmantelamiento y abandono	$ 51,299,063.5	$ 1,025,981,270.00
Total	$ 186,697,846.7	$ 3,733,956,934.00
* Costo anual de Operación y Mantenimiento		

A continuación, se presenta la estimación de costos para el parque fotovoltaico de un total de inversión para el proyecto de $ 3,733,956,934.00 MNX (*Cuadro 9*):

1. Medidas de prevención ambiental

Estas acciones están orientadas a evitar impactos ambientales negativos desde el inicio del proyecto, como estudios previos, delimitación de áreas sensibles y capacitación ambiental.

- Porcentaje estimado: 0.5% a 2% del total de inversión.
- Costo aproximado:
  - **Bajo: $18,669,784.67**
  - **Alto: $74,679,138.68**

2. Medidas de mitigación ambiental

Acciones para reducir o minimizar los impactos generados durante la construcción y operación del proyecto, como la revegetación de áreas afectadas, el manejo de residuos, y el control de emisiones.

- Porcentaje estimado: 1% a 3% del total de inversión.
- Costo aproximado:

- **Bajo: $37,339,569.34**
- **Alto: $112,018,708.02**

3. Medidas de recuperación ambiental

Estas medidas buscan restaurar el entorno a su estado original o a un estado funcional equivalente después del abandono o desmantelamiento del proyecto, incluyendo la rehabilitación del suelo, revegetación y eliminación de infraestructura.

- Porcentaje estimado: 2% a 5% del total de inversión.
- Costo aproximado:
  - **Bajo: $74,679,138.68**
  - **Alto: $186,697,846.70**

Cuadro 9. Resumen de costos.

CATEGORÍA	PORCENTAJE BAJO	PORCENTAJE ALTO	COSTO BAJO (MXN)	COSTO ALTO (MXN)
Prevención	0.5%	2%	$18,669,784.67	$74,679,138.68
Mitigación	1%	3%	$37,339,569.34	$112,018,708.02
Recuperación	2%	5%	$74,679,138.68	$186,697,846.70

Algunas consideraciones importantes que hay que tomar en cuenta son las siguientes:

- Especificidades del proyecto: Estos valores son estimaciones generales, pueden variar al realizarse un desglose más detallado basado los requerimientos legales (como el estudio técnico económico ETE).
- Normatividad: Los costos también pueden variar dependiendo de las exigencias de la SEMARNAT y de las obligaciones derivadas de la MIA (Manifestación de Impacto Ambiental).
- Monitoreo y seguimiento: Los costos pueden incluir programas de monitoreo continuo y auditorías ambientales, especialmente para asegurar el cumplimiento a largo plazo.
- Ajustes: Factores como la inflación pueden modificar estas estimaciones.

II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO

A continuación, se presenta el programa de trabajo correspondiente a las obras y/o actividades, de forma calendarizada y para toda la vida útil del proyecto (*Cuadro 10*).

Cuadro 10. Cronograma de actividades de proyecto.

ETAPA	ACTIVIDAD	AÑO		MES																								AÑO O	AÑO
		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1 A 30	1
Planeación	Gestión de trámites y permisos	*	*																										
Preparación del sitio	Desmonte			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
	Despalme			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*										
Construcción	Nivelación del terreno			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
	Adecuación de caminos existentes					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
	Apertura de caminos nuevos										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Apertura de zanjas										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Instalación de pilotes												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	Instalación del sistema fotovoltaico																						*	*	*	*			
	Montaje de paneles solares																			*	*	*	*	*	*	*			
	Obra civil subestación										*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*						
	Retiro de maquinaria y materiales																								*	*			
	Generación de energía																											*	

ETAPA	ACTIVIDAD	AÑO		MES																								AÑO 0	AÑO
		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1 A 30	1
Operación y mantenimiento	Conducción eléctrica (subterránea)																											*	
	Transformación																											*	
	Mantenimiento de paneles solares																											*	
Desmantelamiento y abandono	Desconexión de paneles																												*
	Desmontaje de paneles																												*
	Desmantelamiento instalaciones eléctricas																												*
	Retiro de cimentaciones																												*

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

La revisión de los instrumentos legales y de planeación relacionados con el Proyecto se abordan en el presente capítulo. El identificar y analizar los distintos instrumentos de planeación que ordenan a la zona en que se ubicará el Proyecto, tiene la finalidad de sujetarse a los instrumentos con validez y establecer la relación pertinente con los mismos. Dada la importancia del Proyecto, resulta indispensable adecuar su desarrollo ante los instrumentos legales que rigen en el territorio nacional. El promovente tiene especial interés en cumplir con cada una de las disposiciones y con ello realizar el Proyecto atendiendo a las diversas disposiciones que regulan su adecuado desarrollo.

Se acredita y reafirma que el proyecto, cumple con los objetivos de los instrumentos de regulación que le son aplicables en materia ambiental y de desarrollo urbano.

Esta aseveración, se sustenta principalmente en las siguientes conclusiones:

- Como se ha descrito la ejecución del proyecto estará sujeta al riguroso cumplimiento de la Legislación Ambiental Mexicana, obedeciendo lo establecido en las diferentes Leyes, sus Reglamentos, Normas Oficiales y demás instrumentos legales de carácter local, estatal y federal aplicable; tal como se demostró en el análisis puntual de congruencia con cada instrumento jurídico y del proyecto.

- El Proyecto es altamente congruente con los objetivos y estrategias del Plan Nacional de Desarrollo ya que se circunscribe en la cuarta Meta Nacional denominada “México Próspero” en la cual se concluye que el uso y suministro de energía es esencial para las actividades productivas de la sociedad, por lo que dentro de sus líneas de acción se propone el uso y consumo de productos amigables con el ambiente y de tecnologías limpias, eficientes y de baja generación de carbono. Por ello, promueve el uso de sistemas y tecnologías avanzadas de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes. En este sentido, dada la naturaleza del proyecto, sus obras y actividades, se alinean claramente con dichas estrategias al fomentar el incremento en la oferta de energía limpia como base para el desarrollo de actividades productivas bajo principios sustentables.

- Con relación al Programa Nacional de Infraestructura, el proyecto es congruente a los alcances de los objetivos y estrategias señaladas en el mismo, pues al generar energía fotovoltaica a través del aprovechamiento de recursos renovables, se fomentará el uso de energías limpias y renovables promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental acorde a la política nacional.

- Asimismo, las obras y actividades que implica este proyecto son compatibles con el Plan Sectorial de Energía, puesto que la tecnología empleada en su infraestructura, que implica la notable reducción de las emisiones causantes del cambio climático incluyendo programas ambientales que tienen por objeto reducir al máximo los impactos ambientales generados por el proyecto. El proyecto incorpora además y en congruencia con los objetivos y estrategias de este programa, acciones de inclusión social para asegurar su factibilidad en diversos aspectos lo que tiene como resultado que exista congruencia.

- Respecto al Plan Estatal de Desarrollo, ese documento asume como prioritario aprovechar los recursos renovables para la producción de energías renovables. Debido a que en esencia este Plan promueve el uso de energías limpias y alternativas amigables con el medio ambiente en los sectores industrial, comercial, doméstico y de servicios, el Proyecto al generar energía a partir del aprovechamiento del factor radiación solar es totalmente congruente al aprovechar las ventajas naturales de la región para fortalecer la producción, transformación y comercialización de energías alternativas y limpias, lo cual constituye parte de los principios básicos de este documento.

- En lo concerniente al POEGT, el proyecto se localiza en la UAB 122 Política Ambiental de Restauración y Aprovechamiento Sustentable. En este sentido, los criterios ecológicos que le aplican al proyecto están enfocados hacia el impulso a las actividades productivas de manera sustentable para lo cual, entre otros aspectos, se considera primordial el aprovechamiento óptimo del potencial de la zona para la generación de energía limpia, especialmente la fotovoltaica, por esto, el proyecto es totalmente compatible con este Programa.

- En cuanto al Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave (PEOTDUV), el Proyecto incide con dos de sus Unidades de Gestión Territorial, la UGT SO_AT_352 y la UGT LM_AT_378, ambas con una política de aprovechamiento sustentable; los lineamientos aplicables de estas UGT son en su totalidad compatibles con el Proyecto, siendo este favorable para el desarrollo y preservación/restauración de la zona en la que se ubicará.

- Relativo a la localización del proyecto con respecto a las Regiones RTP´s, RHP´s y AICA's, se determinó que los polígonos de estudio se encuentran dentro del AICA "Centro de Veracruz". Es de considerar que el Área incidente con el Proyecto no cuenta con suficiente información disponible que proporcione los elementos para establecer acciones concretas al respecto y no cuenta con políticas o lineamientos de carácter ambiental a los cuales sea necesario dar cumplimiento. No obstante, el proyecto debido a su naturaleza no pone en riesgo alguno a las poblaciones de diversidad biológica registradas en esta región, ya que considera, además, diversas acciones de compensación ambiental que permitirán la continuidad de los ecosistemas en donde se localiza el proyecto.

- En lo que corresponde a las ANP´s, se indica y precisa que el Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV no incide en ninguna de las zonificaciones definidas en el programa de manejo del ANP Sistema Arrecifal Veracruzano, el proyecto se encuentra a aproximadamente 37 km del límite de la poligonal general que integra las zonas de protección del ANP. Es decir, el proyecto no se encuentra dentro de ninguna de las áreas delimitadas y ordenadas territorialmente para la ejecución y desarrollo de determinadas actividades, por lo que es factible la ejecución de este, considerando que el mismo cumple con todos y cada uno de los instrumentos de política ambiental aplicables.

- Con respecto a los requisitos especificados en otras disposiciones incluyendo las Normas Oficiales Mexicanas, así como los Tratados Internacionales, siendo las primeras las únicas de carácter vinculante, el proyecto se ajusta completamente a los lineamientos contenidos conforme a la normatividad oficial, ya que las mismas tienen por fin que estas obras se realicen mediante las mejores prácticas.

- En cuanto a los Tratados internacionales, puede observarse que de igual manera que instrumentos jurídicos de planeación, se conceptualiza como parte de ellos objetivos esenciales, la reconversión de consumo de energéticos derivados de la quema de combustibles y el compromiso, promoción y generación de incentivos para el aprovechamiento óptimo de los recursos para la generación de energías limpias con baja o nula huella de carbono por ellos, el proyecto se alinea perfectamente a las metas objetivos de los principales Tratados Internacionales que han sido firmados por México.

De lo descrito en este apartado se observa que el Proyecto no presenta impedimento para que se ejecuten las obras, pues estas se ciñen y tienen armonía con los criterios y estrategias descritas y vinculadas anteriormente. No pasa desapercibido mencionar que, al pretenderse tener un aprovechamiento sustentable de un recurso natural renovable para la generación de energía fotovoltaica, se está mitigando y evitando el cambio climático, así como generando una actividad económica ambiental y socialmente sustentable.

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

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

La delimitación del Sistema Ambiental Regional (SAR) tiene como objeto definir un espacio finito de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación de impacto ambiental concordante con la dimensión del proyecto que se valora. Tal delimitación puede ser definida por los límites naturales de los ecosistemas que circundan el proyecto; por lo tanto, el SAR para el Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV se realizó considerando la naturaleza del proyecto, su dimensión, el sitio donde se ubicará, así como también tomando en cuenta sus posibles interacciones con los procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos.

Como lo menciona la guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (SEMARNAT, 2022), el diseño del SAR "equivale a definir la unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación del impacto ambiental", misma que debe estar basada en un sistema que permita analizar y entender la dinámica de los ecosistemas circundantes a la zona en donde se instalará el proyecto; por lo cual como paso inicial se sugiere que dicho análisis para obtener el SAR puede llevarse a cabo delimitando analítica y gráficamente una región que considere homogeneidad relativa y continuidad en sus componentes, mismos que interactuarán en espacio y tiempo; todo esto, mediante la identificación, el reconocimiento y la caracterización de unidades espaciales afines (SEMARNAT, 2022).

Para obtener las unidades espaciales que interaccionan entre sí y mediante ello establecer los límites del SAR se decidió tomar como referencia el método paisajístico de la geografía, el cual busca integrar atributos ambientales del medio y a su vez realizarles un análisis para establecer una clasificación jerárquica; por lo que según Priego *et al.* (2008), los paisajes pueden definirse por un principio histórico-evolutivo y uno estructural-genético. El principio histórico-evolutivo menciona que un paisaje ha evolucionado conjuntamente a través de millones de años, por lo que los componentes más estables en este principio incluyen la litología, la estructura geológica y el tipo de clima, siendo éstos los elementos relacionados con la génesis del paisaje. El principio estructural-genético implica que las entidades geográficas poseen una estructura definida y son resultado de un proceso de formación, teniendo una jerarquía determinada por la geología, las geoformas (relieve), las condiciones hidroclimáticas, la edafología y la biota (vegetación y uso de suelo) (Priego *et al.* 2008).

Al seguir ambos principios, se garantiza que el análisis del paisaje incluye tanto los componentes naturales y antrópicos; con lo cual se obtendrá una jerarquía debidamente fundamentada.

Con base en lo anterior, se toman como **unidades superiores de paisaje**, todas aquellas conformadas por la litología, el relieve y el tipo de clima. Posteriormente, una subdivisión de estas es considerada al agregar edafología y uso de suelo y vegetación existente, con lo cual se obtendrán las **unidades inferiores del paisaje,** mismas que permiten dividir la superficie que se está analizando.

Para establecer mediante Unidades de Paisaje los límites del SAR para el Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV se decidió emplear el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.8, en donde fueron procesados datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), IG-UNAM-INE-SEMARNAT y de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO); correspondiente a información como Relieve, Geología, Clima, Edafología, Uso del suelo y vegetación (Serie VII). Todos los datos antes mencionados fueron trabajados en una proyección UTM zona 14 Norte con Datum WGS84.

Hacia el **Norte** se delimitó principalmente por las Microcuencas de FIRCO, Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz, así como también por las Unidades de Paisaje.

En el extremo **Este**, el límite del SAR lo establecieron principalmente las Unidades de Gestión Ambiental del Ordenamiento Ecológico General del Territorio, en segundo lugar, también las Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz y mínimamente la delimitación de Microcuencas de FIRCO.

Por el **Sur** fue empleado el límite generado en conjunto por las Unidades de Paisaje, Unidades de Gestión Ambiental del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz, Microcuencas de FIRCO, AICAS y Unidades de Gestión Ambiental del Ordenamiento Ecológico General del Territorio.

Y hacia el **Oeste**, las Unidades de Paisaje se emplearon como el principal y único elemento para generar el lindero para conformar el SAR; puesto que ningún otro elemento considerando presenta sus límites en esta zona.

El *Cuadro 11* muestra de manera resumida los elementos que fueron considerados para delimitar al SAR, así como también los que fueron desechados.

Cuadro 11. Características físicas que permitieron obtener las unidades de paisaje circundantes al proyecto.

ELEMENTOS PARA DELIMITAR EL SAR DEL PROYECTO PARQUE FOTOVOLTAICO TEPETATES PV	
CONSIDERADOS	**DESECHADOS**
Unidades de Paisaje	ANP Federal
Microcuencas	ANP Estatal
AICA	Sitios Ramsar
UGA del Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	Regiones Terrestres Prioritarias
UGA del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Veracruz de Ignacio de la Llave	Regiones Hidrológicas Prioritarias

Como resultado de este análisis espacial, el Sistema Ambiental Regional del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV corresponde a un polígono irregular con una superficie de 285.599 km^2 y está conformado por 624 vértices (*Figura 5*, Anexo IV.1). Adicionalmente el *Cuadro 12* contiene la superficie del SAR, área de influencia del proyecto (su descripción se presenta en el siguiente apartado) y la superficie del proyecto (indicada en el capítulo II de la presente MIA).

Cuadro 12. Superficies en kilómetros cuadrados y hectáreas del proyecto, área de influencia y SAR.

ZONA	SUPERFICIE	
	KM^2	HECTÁREAS
Superficie del proyecto	2.368	236.834
Área de influencia	4.392	439.236
SAR	285.599	28,559.853

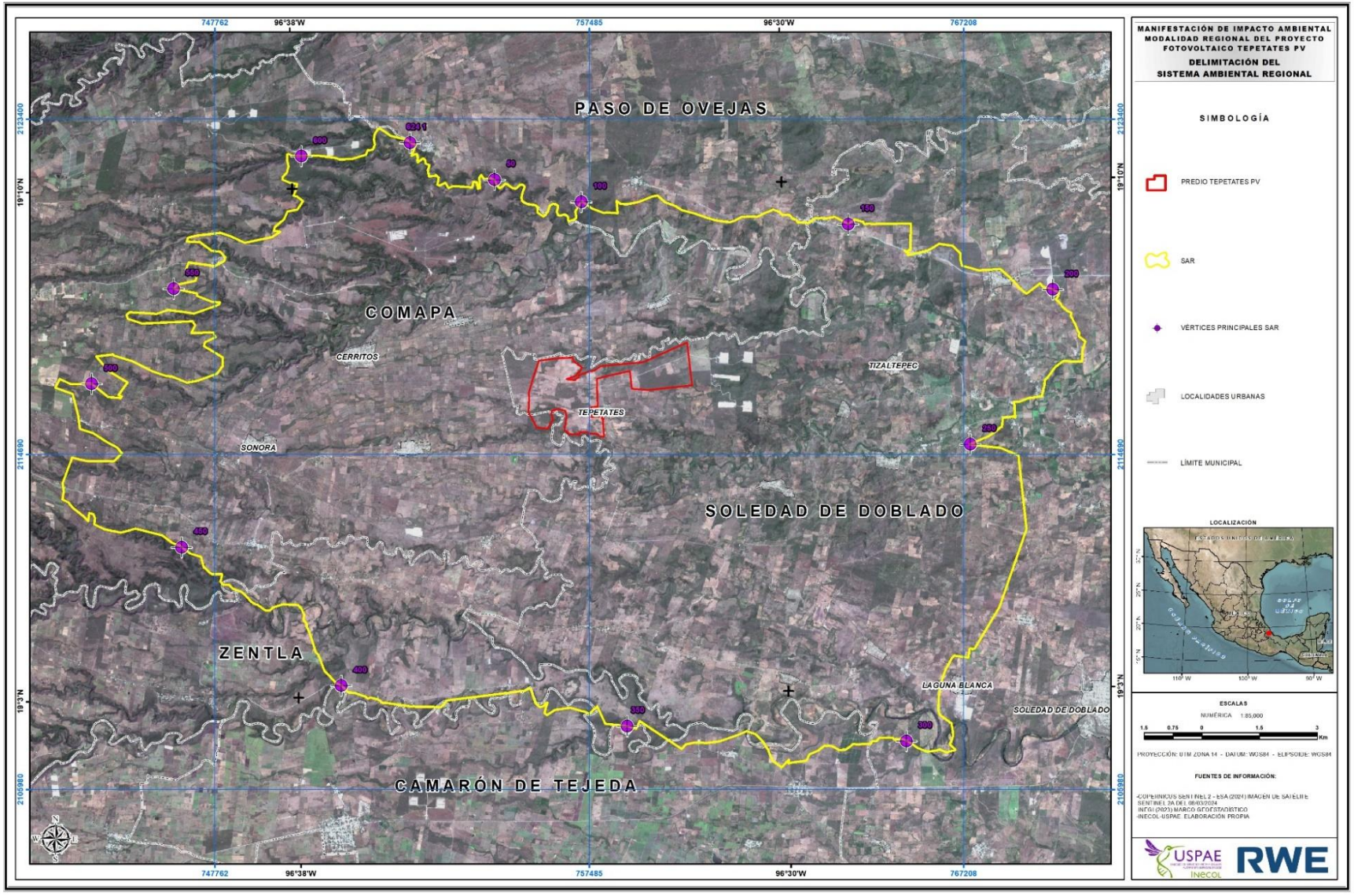


Figura 5. Sistema Ambiental Regional del Proyecto.

IV.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Para obtener el Área de Influencia (AI) del proyecto se tomaron en consideración sus dimensiones, obras y la superficie en donde pudieran manifestarse efectos de los impactos ambientales significativos (tanto los positivos como los negativos) que pueden ocurrir por la implementación y operación del proyecto.

En primera instancia se consideraron las obras que integran el proyecto. Estas comprenderán principalmente el área y módulos fotovoltaicos, subestación eléctrica, zanjas de media tensión, centros de transformación, caminos internos, campamento de faenas y cuarto de control. Durante la etapa de preparación del sitio y construcción de estas obras se pueden pronosticar algunos impactos significativos a los componentes atmosférico, suelo, hidrológico y vegetación.

Para el componente ambiental atmosférico, los polvos y emisiones generadas por el uso de maquinaria, equipo motorizado y el movimiento de material no causará afectaciones de importancia fuera del predio del proyecto. En el caso del material particulado, se considera que la dispersión de estos será mínima, por lo que para reducir aún más la dispersión de las partículas se buscarán realizar medidas para mitigar la afectación, misma que no se presentará más allá del predio del proyecto. Para el caso de las emisiones, se considera que los vehículos contarán con verificaciones constantes y mantenimiento que asegure que cumplan las NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-050-SEMARNAT-2018.

El componente agua se considera en la delimitación del AI por estar asociado a la modificación de los patrones de escorrentía, infiltración y la calidad de sus características fisicoquímicas, por lo que para asegurar que el flujo de las escorrentías siga su curso natural la ingeniería de detalle contempla obras de drenaje, así como el adecuado manejo de los residuos sólidos, líquidos y de manejo especial.

En el caso del suelo, se prevé un impacto ambiental principal cuyo radio de afectación puede ser contenido dentro del derecho de vía de la línea de transmisión y predio del proyecto, el primer impacto y con mayor potencial de ocurrir es la erosión hídrica y eólica. Al realizar el desmonte/despalme de la vegetación para edificar las obras pueden presentarse procesos de erosión, por lo que para contrarrestar este efecto adverso mismo que será puntualizado dentro del área de obras/predio del proyecto se llevarán a cabo acciones para controlar la erosión; tales como recuperación y posterior acomodo de suelos en sitios seleccionados, en donde después se colocará una cubierta protectora vegetal con el material vegetal removido; con lo que el suelo quedará menos expuesto a los procesos erosivos.

Posteriormente todas las obras fueron cargadas en el SIG y se pudo corroborar que todas se ubican al interior del predio del proyecto; por lo que los efectos directos por la implementación del proyecto se restringirán a todas estas zonas anteriormente señaladas.

Partiendo de las zonas previamente mencionadas fue necesario unificar dichas superficies en el software ArcMap 10.8, con lo que se obtuvo una sola poligonal, la cual está conformada por el predio del proyecto, misma que a su vez contiene a todas las obras que se construirán.

Finalmente se llegó a la delimitación del Área de influencia del proyecto, la cual tiene una superficie de 4.392 km^2 y está formada por 70 vértices (*Figura 6*) y Anexo IV.2. Como ya se mencionó, esta se conforma por el polígono del predio del proyecto; en cual engloba zonas en donde se prevé se presenten los impactos significativos por las actividades de preparación del sitio y construcción del proyecto.

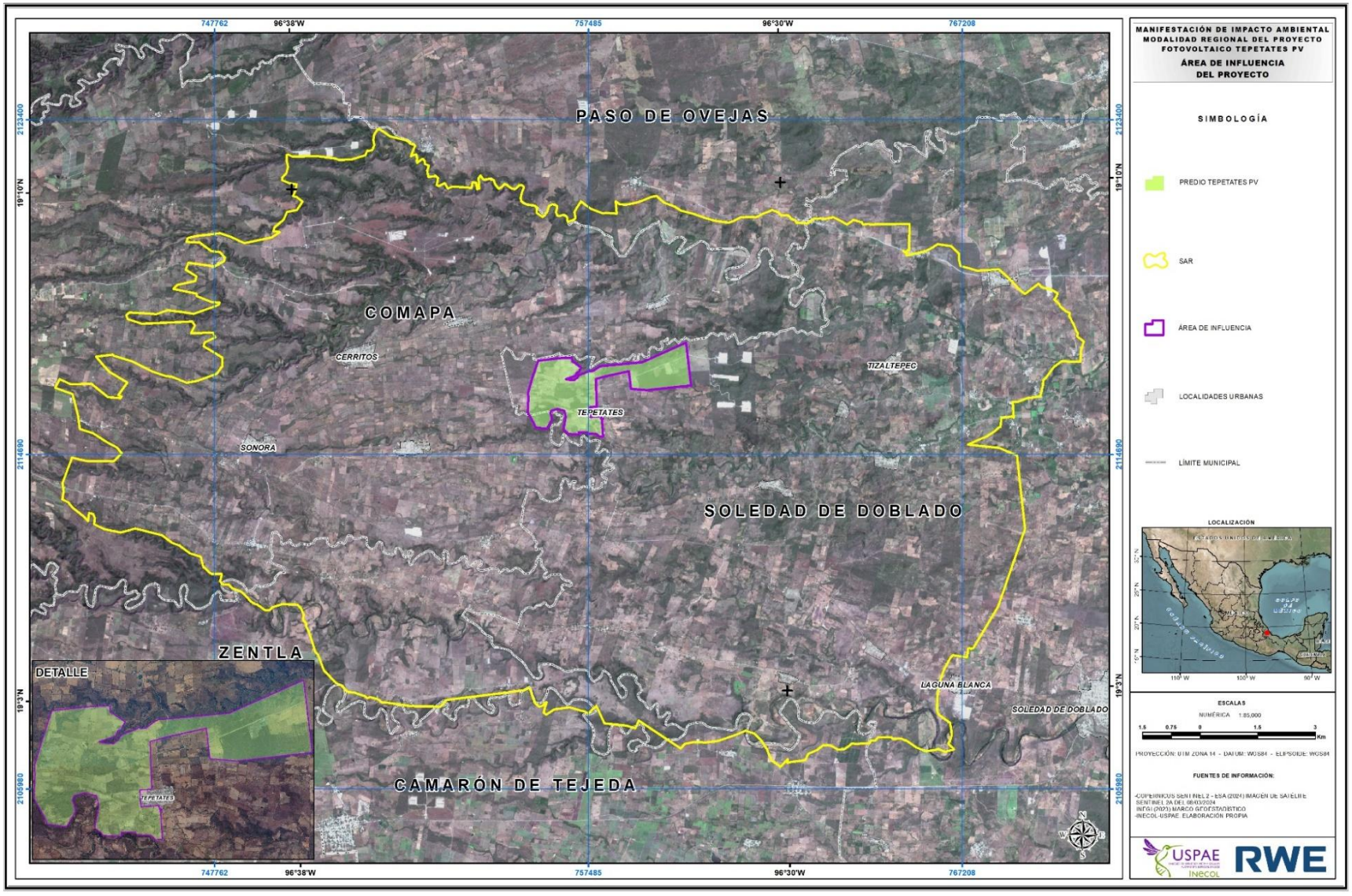


Figura 6. Área de influencia del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV.

IV.3 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS RETROSPECTIVO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL SAR

IV.3.1 MEDIO ABIÓTICO

IV.3.1.1 CLIMA

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), se presentan dos tipos de clima en el SAR, variantes del grupo de climas muy cálidos subhúmedos: una franja al oeste con clima cálido subhúmedo (Aw1), y una franja al este del SAR con clima cálido subhúmedo (Aw0), ambas con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio de 18°C. Aunque ambos climas son muy similares, se considera que el Aw1, es decir, la porción oeste del SAR presenta condiciones ligeramente de mayor humedad relativa.

De acuerdo a las Normales Climatológicas 1980-2010 (que fueron publicadas temporalmente en 2024 por el SMN, y que actualmente a inicios de 2025 en la página de la misma dependencia solamente aparecen las del periodo 1970-2000) la temperatura media anual es de 25.8°C en Soledad de Doblado, Ver. La temperatura media mensual más baja es de 21.6°C en el mes de enero, mientras que la más alta es 29.8°C en mayo, por lo que con oscilación de 8.2°C, el sitio se puede considerar de oscilación térmica extremosa (e).

La región en general presenta dos franjas bien diferenciadas de variantes climáticas de clima muy cálido subhúmedo: una franja al oeste con clima cálido subhúmedo (Aw1), y una franja al este del SAR con clima cálido subhúmedo (Aw0), ambas con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frio de 18°C. Aunque ambos climas son muy similares, se considera que el Aw1, es decir, la porción oeste del SAR presenta condiciones ligeramente de mayor humedad relativa debido a que recibe mayores valores de precipitación media.

La precipitación media anual de la estación Soledad de Doblado, Ver., es de 906.5 mm, con una mínima mensual de que va de 10.7 mm en febrero, y una máxima de 240.1 mm en julio. Esto significa que, además de una oscilación térmica extremosa, la precipitación también muestra una temporada de lluvias muy marcada, generando un contraste importante entre la temporada calurosa y lluviosa en el año, y la temporada relativamente menos calurosa, pero con un déficit hídrico intenso.

Según la plataforma Meteoblue, en los alrededores de la localidad de Soledad de Doblado, Ver. los vientos dominantes proceden de del arco de direcciones N-ENE, con las dos componentes principales NNE con rangos de 5 kmh a 10 kmh por 431 h al año, y de 10 kmh a 20 kmh por 334 h al año, así como de la dirección NE con rangos de 5 kmh a 10 kmh por 478 h al año, y de 10 kmh a 20 kmh por 349 h al año.

En un estudio de CENAPRED, sobre la probabilidad de presentación de ciclones tropicales en la República Mexicana, se calcularon las probabilidades de ocurrencia de los mismos en cuadrantes de 2° x 2°, con datos

para el periodo 1960-1995 (Fuentes y Vázquez, 1997). El cuadrante que se sobrepone al proyecto abarca de los 94° a los 96° de longitud oeste y de los 18° a los 20° de latitud norte.

La probabilidad de que se presente un ciclón tropical de cualquier categoría en un año dado en dicho cuadrante es de 0,08; mientras que la probabilidad de que la región sea afectada por una perturbación tropical que alcance la categoría de tormenta tropical (con presión central entre 985,1 y 1 004 mb, y vientos entre 62,1 y 118 km/h) es de 0,051; y de 0,029 de que ingrese al área una perturbación con categoría de huracán (con presión central menor a los 985 mb, con vientos superiores a los 118,1 km/h). Esto indica que el riesgo de afectación directa por un ciclón tropical es relativamente bajo, en relación a otras regiones de México.

IV.3.1.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Fisiografía

El proyecto y su SAR se encuentran en su totalidad sobre la provincia fisiográfica denominada como Llanura Costera del Golfo Sur. Esta provincia forma parte de las quince provincias fisiográficas que conforman parte del territorio mexicano. Está limitada al poniente por el Sistema Volcánico Transversal, al sur por la Sierra Madre del Sur, la Cordillera Centroamericana, la Sierras de Chiapas y Guatemala y al oriente por la Península de Yucatán. Esta provincia abarca las regiones costeras del centro-sur de Veracruz (Sitio del proyecto), la totalidad del estado de Tabasco, algunas zonas del norte de Oaxaca y de Chiapas, así como el suroeste de Campeche.

A mayor detalle, las topoformas presentes en el SAR están representadas por Lomerío típico en un 79.97% hacia la zona oeste. El 20.03% restante lo conforma el Lomerío con llanuras en la zona este. Ambas topoformas responden a una disminución de los porcentajes de pendiente conforme se aproxima hacia la zona costera.

Geomorfología

La zona del SAR, como se ha venido mencionando previamente, se caracteriza por la presencia de una extensa planicie con elevaciones entre los 200 y 20 msnm, ligeramente inclinada al este, donde se depositaron materiales vulcano-sedimentarios y aluviales, desde el municipio de Puente Nacional y Paso de Ovejas, en el norte, hasta Manlio Fabio Altamirano y Soledad de Doblado (zona del proyecto). Por efecto de la erosión diferencial, estas estructuras contrastan con las barrancas escarpadas por donde circulan los arroyos y ríos principales.

En zonas de deposición de materiales fluvio-aluviales, la densidad de drenaje tiende a disminuir, formando zonas bajas inundables con formación de lagunas intermitentes o zonas pantanosas durante la época de lluvias, en tanto que la zona litoral presenta características semejantes a las zonas anteriores, sólo que existe una interacción con los procesos litorales con mayor número de zonas de inundación.

A nivel región, la zona de SAR, se encuentra sobre la cuenca paleógena-neógena de Veracruz, sin embargo, también se encuentra influenciada por materiales provenientes del Eje Neovolcánico y Sierra de Juárez (Perteneciente a la Sierra Madre del Sur). La cuenca paleógena-neógena de Veracruz se caracteriza por la

presencia depósitos de lutitas y areniscas con influencia calcárea desde el Paleoceno hasta el Oligoceno y por depósitos volcánicos durante todo el Mioceno, Plioceno y Pleistoceno. Este es el sistema al que corresponden a los depósitos más importantes que se observan en la zona. Hacia el límite occidental de la Cuenca Cenozoica de Veracruz se desarrollan estructuras en rocas calizas, algunas de ellas con intenso desarrollo cárstico, en las estribaciones de las Sierra Madre Oriental; mientras que, en la porción de la Cuenca Terciaria de Veracruz, están cubiertas por unidades sedimentarias del Paleógeno-Neógeno.

Sismicidad y fallamientos

A través de una consulta realizada a los registros del Servicio Sismológico Nacional para un cuadrante entre las latitudes Norte 19° 26' y 18° 44' y las longitudes Oeste 97° 00' a 96° 40' (correspondiente en una zona más extensa y donde se localiza el SAR del proyecto), para el periodo de los últimos 30 años, correspondiente a enero de 1995 a septiembre de 2024, con magnitud igual o superior a 4 grados Richter y tomando en cuenta todas las profundidades; se observó que las incidencias sísmicas registradas durante este periodo indican que ocurrieron únicamente 20 eventualidades en las proximidades del SAR, más no al interior del mismo. En contraste, consultando también la zonificación sísmica de México (INEGI,2005), se identificó que el SAR del proyecto se encuentra en su totalidad dentro de la zona B, lo que corresponde a una sismicidad intermedia donde se presentan sismos no tan frecuentes o pueden ser afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de aceleración del suelo.

V.3.1.3 SUELOS

Para la descripción edafológica del Sistema Ambiental Regional (SAR), se consultó la clasificación de suelos del Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos 1:250,000 serie II del INEGI (2007). También se revisaron los Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos de la FAO, estableciéndose equivalencias entre FAO e INEGI con el fin de identificar unidades edáficas en el SAR. Para validar la información descrita en las cartas edáficas, se realizó una salida de trabajo de campo para la identificar y reconocer el tipo de suelos en dicha área.

De acuerdo con la cartografía, se estimó que, dentro del SAR, la unidad con mayor extensión es el suelo Leptosol con un 58.78% de la superficie, le sigue el suelo Phaeozem con un 36.45% y, por último, el Vertisol con el 4.67%. Del mismo modo que en SAR, en el predio del proyecto se encuentra una dominancia del suelo Leptosol en el 97.09% de la superficie, mientras que el suelo Phaeozem únicamente se presenta en el 2.91% restante.

El SAR del proyecto se ubica principalmente en una alternancia de suelos de tipo Leptosol y del tipo Phaeozem, estos últimos ligados en características a los Vertisoles. Para el caso de los Leptosoles se encuentran principalmente en las partes altas de los lomeríos y en zonas de mediana ondulación, principalmente en la porción centro y sur del SAR, así como también en el predio del proyecto. Su composición en el SAR es de origen azonal, ya que su desarrollo fue a partir de deposición de materiales piroclásticos provenientes de la actividad volcánica aledaña.

En el caso de los suelos Phaeozem, estos se encuentran en una zona de terrazas más bajas que los leptosoles, principalmente en la zona Este y Norte del SAR. Muchas veces emergen por patrones incisivos de erosión por lo que en la parte oeste del SAR se encuentran limitados a zonas de barrancas. En general se podría considerar que los suelos del SAR son de origen residual, aunque con factores de transporte distintos (fluvial y geológico).

Adicionalmente, y con el objetivo de realizar una caracterización más detallada de los suelos que se encuentran dentro del SAR y predio del proyecto, se realizaron 7 perfiles de suelo. Para la definición de los sitios, se tomó en cuenta cubrir con al menos un perfil las unidades edáficas, así como la accesibilidad de los sitios. A continuación, se anexa el mapa de distribución de los sitios analizados, así como parte de las características analizadas de manera puntual para cada uno de los perfiles edáficos.

IV.3.1.4 HIDROLOGÍA

Hidrología superficial

Partiendo de lo general a lo local, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como órgano administrativo, normativo, técnico y consultivo encargado de la gestión del agua en México, desempeña funciones a través de 13 organismos de cuenca, cuyo ámbito de competencia son las Regiones Hidrológico-Administrativas (RHA), las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas unidades básicas para la gestión de los recursos hídricos. En este aspecto, el proyecto se encuentra en un 100% sobre la región X. Golfo Centro.

La RHA X Golfo Centro se ubica en la zona sureste del país, ocupando el 80.4% del estado de Veracruz, el 41.4% de Puebla, el 34.4% de Oaxaca y el 5.4% de Hidalgo. De forma geográfica, se encuentra presente en las coordenadas extremas 16°40'30'' y 21°14'21'' latitud norte, y 93°36'29'' y 98°35'49'' longitud oeste. Comprende una superficie continental de 105,080 km², lo que la lleva a ocupar el décimo lugar a nivel nacional con un 5.4% de la superficie.

Fisiográficamente la RHA X ocupa los flancos orientales de la Sierra Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo de México y el extremo oriental del Eje Neovolcánico, así como la porción norte del Istmo de Tehuantepec. Las partes más altas se encuentran en la zona norte del estado de Puebla y la zona sur del estado de Oaxaca, mientras que las zonas medias y bajas pertenecen al estado de Veracruz. A través de la superficie de la RHA X se presentan ocho corrientes superficiales de mayor importancia: Río Papaloapan, Coatzacoalcos, Tecolutla, Tonalá, Nautla, La Antigua, Jamapa, Tuxpan y Cazones, en las cuales para el 2018 se produjo un escurrimiento natural medio anual de 90, 424 hm³/año, lo que constituyó el 29.1% del total nacional (CONAGUA, 2023).

Regiones Hidrológicas

Las cuencas son unidades naturales del terreno, definidas por la existencia de una división de las aguas superficiales debida a la conformación del relieve. Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas (RH), que para efectos de administración se agrupan en las 13 regiones hidrológico-

administrativas que se han mencionado anteriormente. De estas 37 RH, el SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, se encuentra establecido sobre la Región Hidrológica 28. Papaloapan (RH28).

Cuenca

El Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, se encuentra en un 100% en la zona central de la cuenca R28B, denominada como Río Jamapa y otros, donde se integran las cuencas del Río Jamapa, Río Cotaxtla, Jamapa-Cotaxtla y las corrientes de asociadas a la zona denominada Llanuras de Actopan. La disponibilidad media anual de los ríos Jamapa y Cotaxtla (área del proyecto), en su desembocadura, en la cuenca hidrológica Jamapa-Cotaxtla, al Golfo de México, es de 1,849.156 millones de metros cúbicos, mientras que la cuenca hidrológica Llanuras de Actopan tiene una disponibilidad media anual en su salida de 254.148 millones de metros cúbicos (DOF, 2016).

En el SAR del proyecto todos los patrones de escurrimientos están orientados en dirección oeste-este. Existen dos corrientes principales de carácter perenne; en la zona norte se encuentra el Río Paso Limón el cual se origina al noroeste de la localidad de Cerritos con un patrón meándrico al cual se le unen múltiples corrientes intermitentes los cuales obtienen esa condición por la escasez de lluvias y la alta permeabilidad litológica.

En la zona sur del SAR se encuentra el Río Jamapa en donde en la zona suroeste se le une como tributario el Río Chiquito. El río Jamapa nace con el nombre de Barranca de Coscomatepec en el límite de los estados de Puebla y Veracruz, a una altitud de 4700 msnm. Su curso sigue en rumbo oriente sobre una superficie montañosa accidentada, en donde a la vez colecta corrientes que nacen en la Sierra Madre Oriental, en la zona comprendida entre las porciones norte del Pico de Orizaba y suroriente del cerro de La Cumbre. El Río Jamapa en la parte media y baja de la cuenca, cruza terrenos de cultivo en forma de meandros y terrazas aluviales hasta su afluencia en la laguna de Mandinga Grande, muy cerca de su desembocadura.

Hidrología subterránea

Para fines de la administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos, cuyos nombres oficiales fueron publicados en el DOF el 5 de diciembre de 2001. A partir de ese momento se inició un proceso de delimitación, estudio y disponibilidad anual de los acuíferos. De acuerdo con esta demarcación, según datos de la última actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos en el país publicada en el DOF el 29 de febrero del año 2024, de los 18 acuíferos que se encuentran dentro del estado de Veracruz únicamente 4 presentan déficit en la disponibilidad del recurso, mientras que los 14 restantes se encuentran con una disponibilidad media anual positiva.

El SAR del proyecto se encuentra ubicado dentro de los acuíferos 3006 (Costera de Veracruz) y 3008 (Cotaxtla). En cuanto a la localización y distribución, el acuífero Costera de Veracruz se encuentra en la totalidad del SAR con un porcentaje de distribución del 97.89%, mientras que el 2.11% restante corresponde al acuífero de Cotaxtla, el cual se distribuye en el extremo sur en una delgada franja que se extiende en dirección este-oeste.

IV.3.2 MEDIO BIÓTICO

IV.3.2.1 VEGETACIÓN

Para determinar el uso de suelo y vegetación actual del Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates se utilizó una imagen de satélite SENTINEL-2A con fecha 08 de marzo del 2024, con una resolución espacial de 10 m, misma que sirvió para realizar una clasificación supervisada de uso de suelo y vegetación.

Para llevar a cabo la clasificación supervisada de uso de suelo y vegetación fue necesario realizar trabajo de campo en dos temporadas contrastantes (6 al 18 de mayo y del 30 de septiembre al 11 de octubre del 2024) para obtener mediante un GPS la localización geográfica de puntos de muestreo y verificación de los distintos tipos de uso de suelo y vegetación presentes dentro del SAR y del área del Proyecto. Fueron levantados un total de 29 puntos de verificación del uso de suelo y vegetación.

Como resultado, se detectaron cuatro categorías, las cuales reflejan los distintos tipos de uso de suelo y vegetación de la zona, mismas que fueron determinadas y sustentadas con trabajo de campo, trabajo de gabinete (Uso de suelo y Vegetación INEGI Serie VII), e interpretación visual sobre la imagen clasificada Los usos de suelo y vegetación registrados en el SAR son vegetación secundaria de selva baja caducifolia, agropecuario (agricultura y pastizal), cuerpo de agua, urbano – infraestructura. Es importante resaltar que en el Área del Proyecto se registraron los usos de suelo y vegetación agropecuario y vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

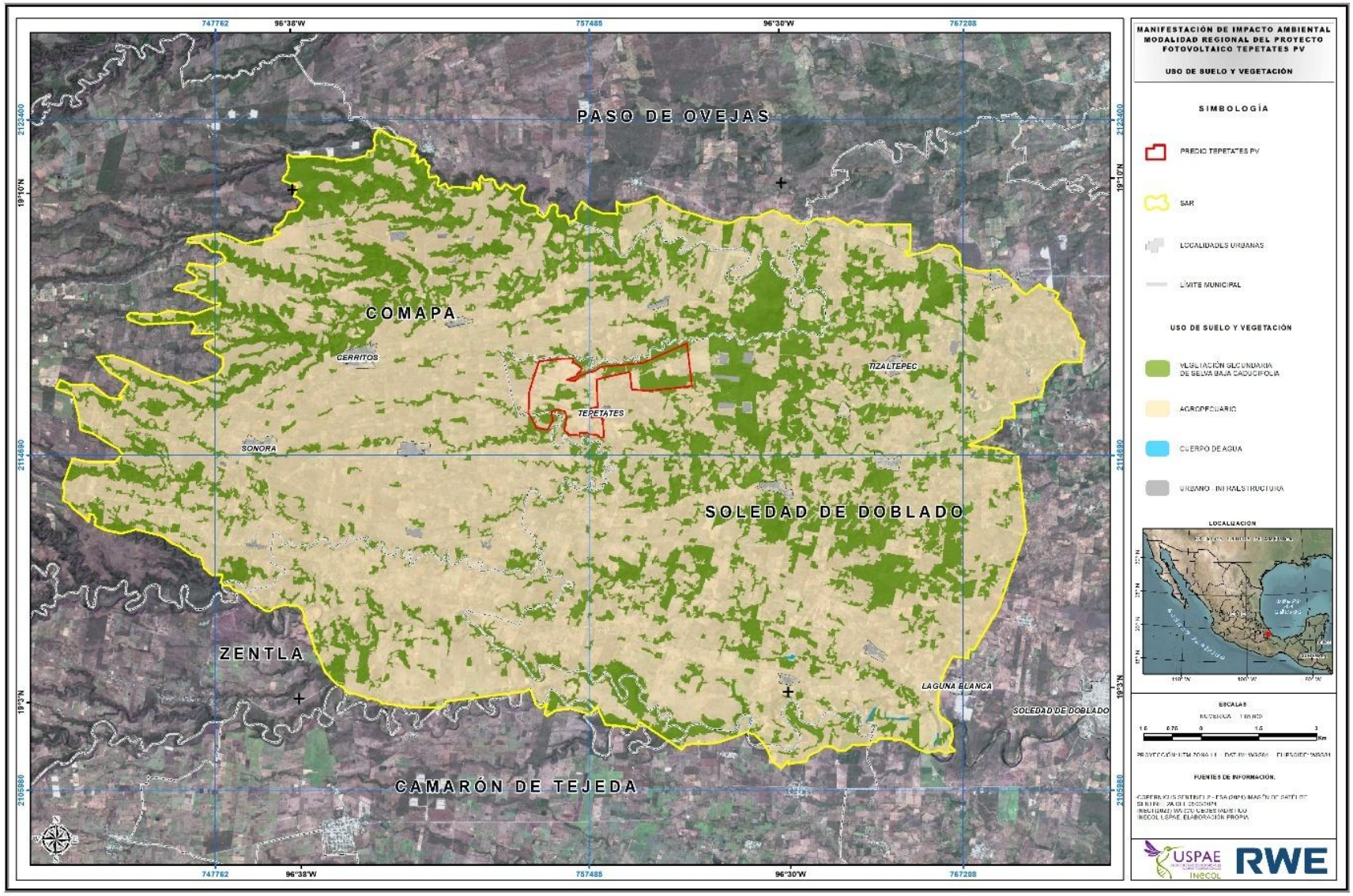


Figura 7. Mapa de uso de suelo y vegetación, clasificación supervisada.

Cuadro 13. Superficie por uso de suelo y vegetación en el SAR.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	KM²	HECTÁREAS	M²
Vs Selva baja caducifolia	81.410	8140.950	81409504.28
Agropecuario	201.418	20141.823	201418232.31
Cuerpo de agua	0.235	23.516	235156.59
Urbano-Infraestructura	2.536	253.564	2535636.84

Cuadro 14. Superficie por uso de suelo y vegetación en el AP.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	KM²	HECTÁREAS	M²
Vs Selva baja caducifolia	1.524	152.393	1523927.07
Agropecuario	2.868	286.843	2868432.95

Tanto en el SAR como en el AP se observa un deterioro en la calidad del habitad debido la transformación del ambiente natural en zonas de cultivos y pastizales agrícolas. No obstante, se registró una importante diversidad de especies vegetales: 46 en Agropecuario y 56 VS en SBC para el AP; 66 en Agropecuario y 87 VS en SBC para el SAR. También se identificaron especies en endémicas y especies protegidas por encontrarse en riesgo de extinción, entre las que destacan *Handroanthus chrysanthus* (A, VU), *Bursera cinérea* (endémica, NT), *Pilosocereus leucocephalus* (Pr), *Calliandra rubescens* (endémica), *Heliocarpus pallidus* (endémica) por encontrase dentro del AP. Es de destacar que solo se registraron siete especies exóticas registradas en los sitios de muestreo (SAR y AP).

La cobertura de área basal de la VS SBC en el SAR moderada a alta, mientras que en el AP es moderada (19.1931 m^2/ha y 12.3481 m^2/ha, respectivamente), comparada con lo reportado para selva baja caducifolia en otros estados. Silva-Aparicio *et al.* (2018), reportan coberturas de área basal de 19.7 m^2/ha y 22.1 m^2/ha para dos fragmentos de SBC en el Istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca. Los valores de cobertura de área basal registrados en SAR y AP se explican por la elevada densidad de individuos presentes, que, a su vez, es producto de fertilidad del suelo.

Entre las principales amenazas a la vegetación en el SAR y AP se encuentra la transformación de los ecosistemas naturales en zonas de cultivo y pastizales de uso ganadero. La presencia de granjas avícolas también supone afectaciones a la vegetación, pero de menor intensidad. Es importante resaltar que, a pesar de la fuerte transformación de paisaje natural para actividades agropecuarias, en el SAR y AP se pudieron apreciar diversas especies primarias dentro de las áreas de cultivo y pastizales que tienen un manejo de semi domesticación. Ya que los agricultores y ganaderos permiten su desarrollo para ser utilizados posteriormente como postes, madera para construcción rural, construcción de corrales, o bien porque proveen algún alimento o son medicinales.

IV.3.2.2 FAUNA

Herpetofauna

Veracruz se destaca por su excepcional diversidad de herpetofauna. La compleja geografía y variedad de ecosistemas del estado han favorecido la evolución y coexistencia de un gran número de especies de anfibios y reptiles. Según estudios como el de Vogt *et al*. (2000), Veracruz alberga una de las mayores riquezas de anfibios en México, con más de 103 especies registradas. Esta diversidad se debe en gran medida a la presencia de regiones como Los Tuxtlas, que han sido identificadas como centros de endemismo. Asimismo, la herpetofauna de reptiles en Veracruz es igualmente notable, con una amplia representación de familias y géneros. Diversos trabajos de investigación han documentado la riqueza y endemismo de los reptiles veracruzanos, destacando la importancia de conservar estos ecosistemas únicos.

El registro de la riqueza de especies durante la temporada de secas y lluvias en el AP y SAR del proyecto PF Tepetates, presenta diferencias. Durante la temporada de secas se registraron más individuos en comparación a la temporada de lluvias, debido a que en la temporada de secas los reptiles, principalmente, se encontraban en época de reproducción. No se registraron especies de anfibios, pero no significa que no estén presentes, ya que, durante la temporada de lluvias, en las zonas de ríos, se incrementa la corriente por lo que es más difícil que los anfibios utilicen estos ecosistemas como zonas de reproducción. Debido a las especies con un estatus de protección según la NOM-059-SEMANRNAT-2010, será necesario aplicar medidas de mitigación y conservación para el cuidado de las especies de herpetozoos y así evitar un descenso poblacional.

Avifauna

El estado de Veracruz junto con Chiapas y Oaxaca es una de las entidades con mayor diversidad biológica del país. El estado de Veracruz alberga 717 especies de aves, de las que 440 especies (62 %) son residentes permanentes, 131 (18 %) visitantes de invierno, 42 (6 %) transitorias, 24 (3 %) con estatus indeterminado, 38 (5 %) residentes reproductivas o visitantes de invierno, 24 (3 %) visitantes de invierno o transitorias; 11 (2 %) aves que no se reproducen en la región y nueve (1 %) residentes de verano.

Para la región donde se tiene planeado desarrollar el proyecto se considera la presencia de 324 especies, siendo 134 residentes y 126 migratorias, el resto se consideran transitorias, migratorias con poblaciones residentes o residentes con poblaciones migratorias. Es importante resaltar que la región se encuentra relativamente cerca de la costa por donde en otoño se observa el desplazamiento de un gran número de individuos de especies migratorias siguiendo su ruta la cual se ha denominado Río de Rapaces. Por lo que es de esperarse que en la región del proyecto se observen algunas especies migratorias tanto en primavera como en otoño.

Las 73 especies registradas durante las dos campañas de muestreo representan el 22.5 % de las 324 especies descritas para la región, los números elevados de algunas especies esta dado porque se trataba de especies migratorias que se encontraban de paso por la región como es el caso de *Mycteria americana* (Cigüeña Americana) o *Buteo platypterus* (Aguililla Alas Anchas); y por otro lado, los números elevados de algunas especies residentes como *Columbina inca* (Tortolita Cola Larga) nos indican que en la región encuentran condiciones adecuadas de disponibilidad de alimento y sitios de refugio, que permiten tener poblaciones elevadas. La diferencia en el número de especies registradas en el SAR con respecto al AP se explica por la homogeneidad en cuanto a unidades ambientales que existe dentro del predio del proyecto, siendo básicamente terrenos de uso agropecuario mientras que en el SAR se encuentran manchones de acahual de selva baja caducifolia, pero son reducidos en cuanto a extensión.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos con los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE, se puede considerar que se detectó una alta riqueza (99-94%). El 1-6% de incremento en el esfuerzo de muestreo sería requerido para detectar especies que generalmente son poco conspicuas, pero que complementan a la comunidad de aves. Con base en los resultados obtenidos podemos decir que las especies que se registraron dentro del AP se encuentran también en el SAR.

En cuanto a las especies migratorias podemos decir que la región es importante al proporcionar zonas de alimentación, descanso y refugio a las especies que pasan por la zona. Resultando relevante para especies acuáticas gracias a los diversos cuerpos de agua naturales o artificiales que se encuentran en la región.

Mastofauna voladora

Los murciélagos se agrupan en el orden Chiroptera que incluye cerca de 1200 especies (Reeder *et al.*, 2007), siendo el segundo orden más diverso de mamíferos a nivel global y el único con la capacidad de vuelo. En México se han registrado 139 especies, de las cuales 89 se han reportado en el Estado de Veracruz (González-Christen y Delfín-Alonso, 2016).

Este grupo de mamíferos tienen un papel importante en los ecosistemas terrestres, ya que algunas especies son polinizadoras de muchas especies de plantas, otras especies son dispersoras de semillas y otras más consumen invertebrados los cuales pudieran llegar a convertirse en plaga, si no son controladas sus poblaciones. También son considerados indicadores importantes de la calidad de los ecosistemas debido a que muchas especies son sensibles a la pérdida o fragmentación de su hábitat.

Las 26 especies registradas durante las dos campañas de muestreo representan el 65 % de las 40 especies descritas para la región, los números elevados de algunas especies esta dado por la disponibilidad de alimento es decir insectos de diversos grupos, principalmente polillas. Los grupos de insectos que sirven de alimento para los murciélagos a su vez se ven favorecidos por presencia de cultivos y de cuerpos de agua naturales como ríos y arroyos o artificiales como represas.

La diferencia en el número de especies registradas en el SAR con respecto al AP se explica por la homogeneidad en cuanto a unidades ambientales que existe dentro del predio del proyecto, siendo más diverso en el SAR que además cuenta con una mayor extensión.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos con los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE, se puede considerar que se requiere un esfuerzo de muestreo mayor para poder registrar el número real de especies presentes en la zona. En cuanto a las especies migratorias podemos decir que la región es importante al proporcionar zonas de alimentación, descanso y refugio a las especies que pasan por la zona. Resultando relevante para especies acuáticas gracias a los diversos cuerpos de agua naturales o artificiales que se encuentran en la región.

Mastofauna no voladora

México ocupa el tercer lugar mundial en cuanto al número de especies de mamíferos (Ceballos y Oliva, 2005). Ramírez-Pulido *et al.* (2005) reportaron 475 especies de mamíferos terrestres, en tanto Wilson y Reeder (2005) documentaron la presencia de 489 terrestres. Los mamíferos juegan un papel importante en los ecosistemas, debido al rol que juegan en la cadena alimenticia, sea cual sea su gremio alimenticio. Ya que pueden tener la función de dispersores de semillas, consumidores de carroña, control de especies que pueden convertirse en plagas, por mencionar algunas (Rojas y Moreno, 2014).

El estado de Veracruz está considerado entre los de mayor riqueza de mamíferos a nivel nacional, encontrándose una mezcla de elementos Néarticos, Neotropicales y de transición. Contando con un total de 195 especies (González y Delfín-Alfonso, 2016).

Como resultado de la revisión bibliográfica y de plataformas en internet, se obtuvo una lista de 40 especies de mamíferos con distribución potencial en la región donde se contempla la implementación del Parque Fotovoltaico Tepetates. Estas especies representan a 16 familias, encontrándose 10 especies en alguna categoría de protección de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, cuatro en la categoría de en Peligro (P), tres en la categoría Amenazadas (A) y dos en Protección especial (Pr).

Durante los muestreos correspondientes a las campañas de muestreo (secas y lluvias) se registró un total de 16 especies y un total de 67 individuos. Las especies registradas representan a seis órdenes y 11 familias. El orden Carnívora fue el mejor representado con nueve especies registradas lo que representa el 56% del total de especies, en cuanto a las familias taxonómicas registradas Mephitidae fue la que conto con mayor número de especies registradas.

IV.3.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

Para la descripción y análisis de los factores del medio socioeconómico se realizó una búsqueda de los indicadores de población (demografía), tasa de crecimiento poblacional, marginación, seguridad social, educación, vivienda, pobreza, economía, empleo, ingresos, migración, PEA, tradiciones, arqueología. Esta información es obtenida de los censos de población y vivienda, encuesta intercensal de INEGI, CONAPO, INAH, cuadernillos estadísticos municipales, planes de desarrollo municipales.

De los 5 municipios mencionados ubicados dentro del SAR, 3 de ellos presentan datos relevantes para el análisis de factores socioeconómicos (Comapa, Soledad de Doblado y Zentla), de dichos municipios se localizan 60 localidades, distribuidas dentro de la superficie del SAR, teniendo una población total residente para el año 2020 de 10,492 personas.

Los municipios dentro del SAR presentan condiciones económicas bajas para la población, más del 60% de su población son pobres, el nivel de rezago educativo se localiza por arriba del 30% y con estimaciones de crecimiento poblacional de la CONAPO está irá disminuyendo. Dentro de sus principales actividades económicas se encuentran dentro de los sectores primarios y terciarios. El proyecto podría impactar de manera positiva a los municipios del SAR, ya que este puede generar fuentes de trabajo y atraer habitantes a los municipios. Aunque si bien los impactos positivos pueden ser limitados, no se considera una negativa en fenómenos sociales, ya que en la entidad se han comenzado a instalar proyectos fotovoltaicos, por lo que el proyecto no es ajeno.

IV.3.4 PAISAJE

En gran parte de la superficie del SAR, el Proyecto Parque Fotovoltaico Tepetates PV tendrá una visibilidad nula ya que en más del 96.522 % de la superficie del SAR las obras del proyecto no podrán ser apreciadas debido a que las condiciones topográficas (terrenos más bajos respecto al sitio donde se ubica el predio del proyecto) impiden la visualización de este, por lo que el impacto visual del proyecto será mínimo. En cambio, las partes en donde el proyecto será apreciable se localizan principalmente hacia el rumbo noroeste del SAR, por lo que se espera que el impacto visual en estos sitios sea reducido ya que el proyecto está inserto en una matriz en donde principalmente existe predominancia de zonas agropecuarias y desprovistas de cobertura vegetal natural, así como localidades urbanas dispersas.

La calidad visual paisajística del SAR es de una categoría de media en los sitios en donde se localizan zonas agropecuarias y asentamientos humanos y justo en donde las pendientes del terreno permiten que se desarrollen todas estas actividades humanas. Por el contrario, se observó que las zonas que ostentan una calidad visual del paisaje alta guardan una estrecha relación entre los sitios que presentan aún cobertura vegetal y pendientes del terreno con mayor inclinación, tal es el caso de la porción

noroeste del SAR en donde se localizan barrancas y en la porción sureste, en donde se presentan valles; así como también a su vez, los escurrimientos de agua de mayores dimensiones; por lo que en estas zonas es donde el SAR aun guarda una mejor calidad escénica.

Respecto a la fragilidad visual paisajística del sitio, se encontró que la zona presenta una muy baja capacidad para la absorción visual de cambios en el paisaje, dado que la cobertura vegetal natural se encuentra restringida a ciertas ubicaciones especificas del SAR, así como también el relieve el cual se caracteriza en las inmediaciones del proyecto por ser predominantemente una zona de lomeríos con llanuras y ligeras ondulaciones; lo que propicia que poco más del 70% de la superficie del SAR presente una fragilidad visual muy alta. En la zona en donde se pretende instalar el proyecto la fragilidad visual del SAR se determinó como muy alta, por lo que considerando que el sitio donde será instalado el proyecto ya se encuentra previamente impactado, la instalación del mismo pasará desapercibida o será irrelevante para los ojos de un observador, lo que resultará en que la infraestructura del mismo cause muy poco o nulo impacto visual.

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

De acuerdo con los resultados obtenidos de la identificación de los impactos y su valoración, se identificaron 20 impactos ambientales, de los cuales 17 son de naturaleza adversa, mientras que tres (3) son de naturaleza positiva.

Las acciones que generaron los mayores impactos durante el desarrollo del proyecto fueron, en la etapa de preparación del sitio, el desmonte y el despalme. Durante la etapa de construcción, las actividades más relevantes en términos de afectación fueron la apertura y adecuación de caminos, así como la instalación de pilotes. En la etapa de operación y mantenimiento, el mantenimiento de los paneles solares destacó como la acción de mayor importancia en relación con los impactos generados. No obstante, es fundamental considerar también la etapa de desmantelamiento y abandono, en la cual las acciones de restauración tendrán un impacto positivo al contribuir a la recuperación del ecosistema.

Los componentes ambientales que mayor impacto recibirán con el desarrollo del proyecto y considerando las acciones arriba mencionadas, serán: Fauna y Paisaje en los que se espera sucedan efectos residuales, así como impactos de adición o acumulativos. A lo largo del análisis realizado del medio biótico y abiótico del proyecto se puede determinar que, para el caso del componente abiótico del SAR, la mayoría de los elementos a los que se enfrentará el proyecto son situaciones naturales, tales como aspectos fisiográficos, tipos de suelos presentes, clima, etc. Lo más destacable recae en los aspectos fisiográficos y tipos de suelo. El impacto identificado para la fauna no solo se da en la superficie

considerada para las obras del proyecto, sino que tiene un alcance a nivel regional debido a la interacción de otros proyectos similares y otras fuentes de impacto como, carreteras, desarrollos urbanos, y otras actividades derivadas de la intervención del hombre.

Se identificaron impactos positivos, los cuales están relacionados con la población y su economía, ya que el Proyecto contempla la generación de empleos y servicios que permitirán a las localidades percibir los beneficios que el desarrollo del Proyecto trae, así también ser vigilantes de aquellas acciones que puedan poner en riesgo a la población y el ecosistema.

Finalmente, un gran porcentaje de los impactos identificados durante la etapa de preparación del sitio y construcción, serán temporales, reversibles y mitigables por lo que se espera que la inserción del Proyecto no cause efectos adversos a largo plazo y que puedan poner en riesgo la integridad y funcionalidad del ecosistema. Los impactos residuales y acumulativos serán atendidos bajo las mejores estrategias que se han propuesto en este documento y que consideran experiencias de otros proyectos similares.

VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL

Las medidas de mitigación se agrupan por factor dentro de la evaluación de impactos ambientales asociados al Proyecto, agrupados por los componentes descritos en el capítulo V. Cabe mencionar que cada cuadro analizado se encuentra dirigido a reducir la magnitud e intensidad de los impactos ambientales que se detectaron en cada factor ambiental y el seguimiento que se les dará se puede observar en las fichas de seguimiento ambiental.

Se plantean diferentes programas que permitirán reducir los impactos asociados al proyecto, algunos de ellos enfocados en estrategias como: conservación de suelos, rescate y reubicación de flora y fauna, monitoreos de fauna voladora y reforestación.

Cabe mencionar que las medidas a continuación propuestas, son acciones y estrategias que se han implementado en proyectos y áreas similares con lo que se espera que su eficacia se refleje en minimizar, anular o compensar los impactos surgidos por el desarrollo del proyecto. Además de lo anterior se consideran los programas que en apartados siguientes serán descritos y que atienden componentes o elementos particulares del ecosistema.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se presenta un análisis de los posibles escenarios ambientales a futuro en el Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV (Tepetates PV), a desarrollarse en el municipio de Soledad de Doblado, Veracruz, a partir de las tres premisas indicadas en la guía para la elaboración de Manifestaciones de Impacto Ambiental de la SEMARNAT: Escenario del SAR SIN Proyecto, Escenario del SAR CON Proyecto y SIN medidas de Mitigación y Escenario del SAR CON Proyecto y CON medidas de Mitigación.

Después de haber obtenido la clasificación para el año actual (2024) y con la finalidad de generar el uso de suelo del año anterior, fue necesario aplicar un método de clasificación visual interdependiente el cual fue propuesto por la FAO (1996); dicho método consiste en actualizar una fecha específica (final o anterior) partiendo de otra previamente interpretada (inicial o actual). Es decir, al uso de suelo y vegetación más reciente (2024) se le generó una copia para después sobreponerlo sobre la imagen de satélite del año 2014 y a partir de la interpretación visual se modificaron únicamente los límites de los polígonos en los que se apreciaron cambios (*Cuadro 15*).

Cuadro 15. Superficie por usos de suelo y vegetación en el SAR del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV –2014.

TIPO	AREA KM^2	HECTÁREAS	PORCENTAJE %
Agropecuario	195.393	19539.3	68.415
Cuerpo de agua	0.235	23.5	0.082
Urbano-infraestructura	2.506	250.6	0.877
VS Selva Baja Caducifolia	87.464	8746.4	30.625
Total	**285.599**	**28559.9**	**100**

Con el análisis de la información obtenida, se identificó que el SAR en el que se desarrollará el proyecto y sus obras complementarias ya contaba con un proceso histórico de transformación del suelo muy alto, ya que el 68.41 % del SAR corresponde al uso del suelo agropecuario, y al sumarlo con lo clasificado como urbano y de infraestructura, se tiene que el 69.293% del SAR corresponde a áreas impactadas o transformadas por el ser humano.

Por el contrario, considerada en conjunto, la superficie del SAR que presentaría unidades ambientales naturales o que no presenten un deterioro aparente a nivel de imágenes satelitales es solamente de 30.625 % que en este caso corresponden a vegetación secundaria de selva baja caducifolia.

La tendencia ambiental más significativa en el SAR es el incremento de la superficie ocupada por asentamientos humanos, y actividades agropecuarias, en un plazo estimado de 35 años en el futuro

sería parte de las tendencias ambientales más generalizadas en el territorio nacional, previa e independientemente al desarrollo del proyecto, aunque con un reducido incremento en el deterioro ambiental, debido a que el uso del suelo ya es ocupado en su mayoría por esas mismas actividades.

Este cambio proyectado indica que, en un plazo de 35 años, la superficie con vegetación secundaria de selva baja caducifolia estaría reduciéndose de un 28.5% actual hasta un 21.82% en 2060, mientras que las superficies destinadas a actividades agropecuarias se incrementarían de un 70.52% actualmente, hasta un 77.19% en 2060.

Se reitera que dicha proyección solamente extrapola los cambios que se observaron en los últimos 10 años en la misma región, considerando la presión de las actividades productivas de la actualidad hacia el futuro en un plazo temporal medio.

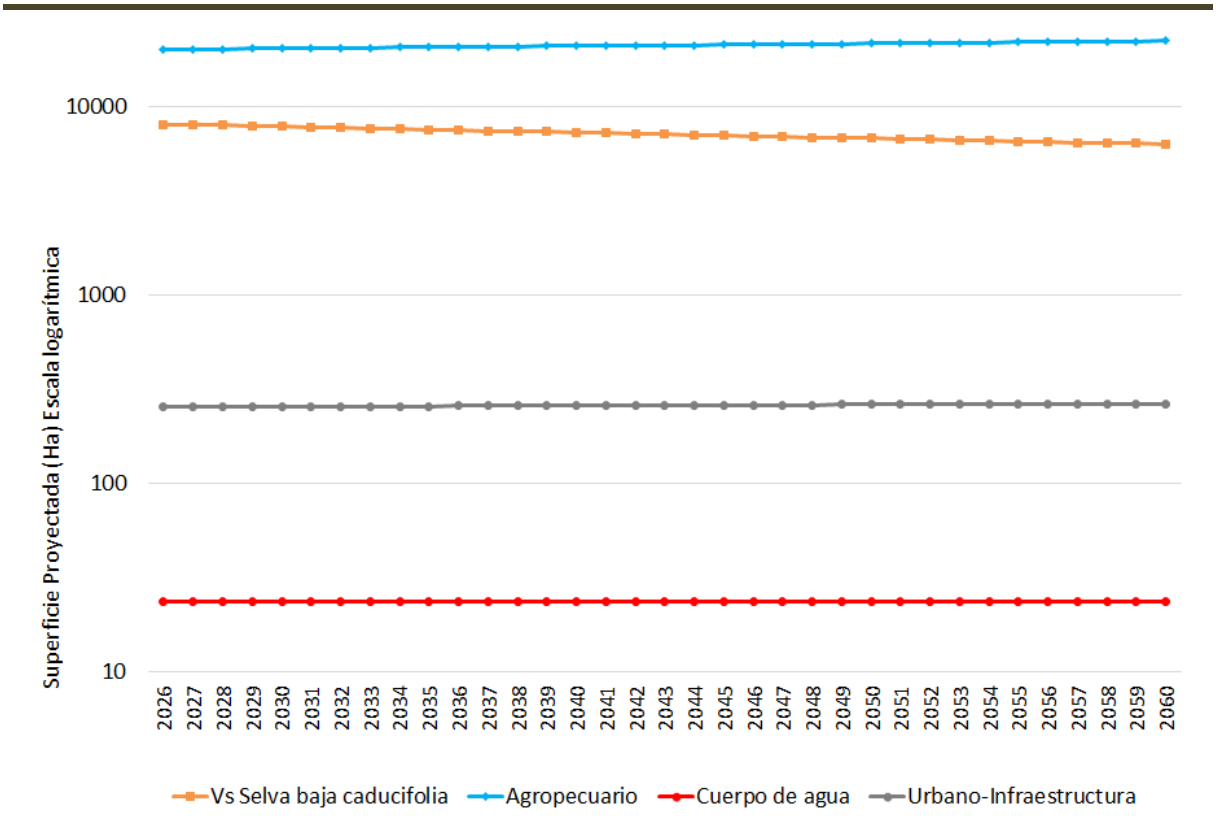


Figura 8. Gráfico de la tendencia de cambio de uso de suelo en el escenario SIN PROYECTO hasta el año 2060.

De acuerdo con las condiciones ambientales del SAR, es posible afirmar que la inserción de la obra en la matriz paisajística provocará cambios muy poco significativos, y que no es posible observar un efecto notable del cambio de uso del suelo en el primer año de la proyección de las tendencias de cambio de unidades ambientales, durante la preparación del sitio y construcción del proyecto, aunque sí se

percibe el potencial cambio en la proporción de superficie urbanizada, debido a las actividades agropecuarias inherentes de la región y no en relación con el proyecto (*Figura 9*).

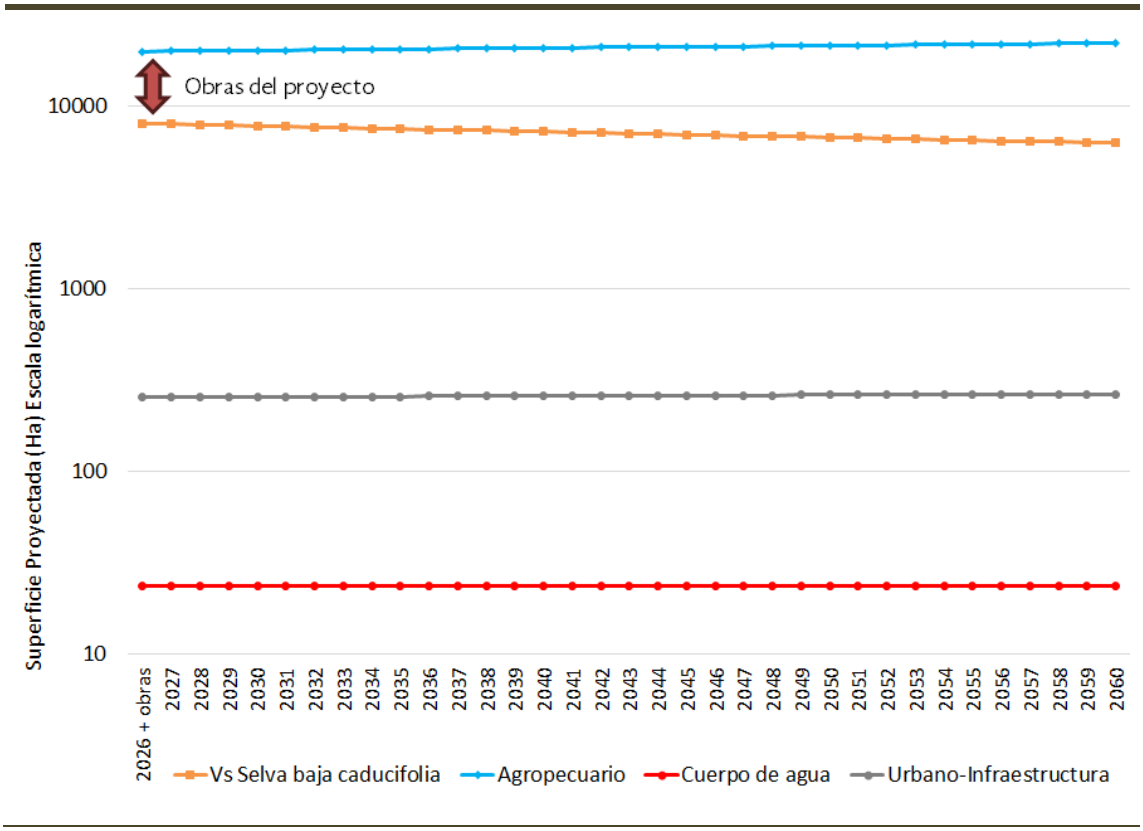


Figura 9. Gráfico de la tendencia de cambio de uso de suelo en el escenario con proyecto y sin medidas de mitigación hasta el año 2060.

Partiendo del resultado de que las dos proyecciones previas sobre cambio de uso del suelo en los escenarios sin proyecto y con proyecto sin medidas de mitigación son virtualmente idénticas, para el tercer escenario ya no se plantea una proyección de tendencias, sino la propuesta conceptual para generar elementos de planeación y desarrollo que permitan no solamente que el proyecto se realice con los menores impactos, sino que se permita tener un efecto positivo en el entorno, coadyuvando a ordenar y mejorar el escenario ambiental en que se inserta.

De acuerdo con la información obtenida como parte del diagnóstico ambiental (capítulo IV) así como los impactos evaluados (capítulo V), se considera que el escenario base del SAR ya cuenta con cierto grado de transformación, y que las potenciales afectaciones pueden ser mitigadas y compensadas con relativa facilidad, ya que han sido claramente identificadas.

Se evitarán los impactos ambientales negativos mediante la correcta implementación de las medidas de mitigación establecidas en el capítulo VI de esta MIA. En algunos casos, las medidas pueden generar sinergia en más de un impacto, dando como resultado una mayor eficiencia. Las medidas serán

supervisadas adecuadamente y de manera constante en el tiempo que sean aplicadas durante las diferentes etapas del proyecto, esto se llevará a cabo mediante el programa de vigilancia ambiental.

La aplicación sistemática y eficiente de las medidas de mitigación descritas en el capítulo VI permitirá de manera directa prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales pronosticados. Las medidas pueden generar sinergia en la contención de más de un impacto, dando como resultado una mayor eficiencia en los resultados, para lo que se requiere contar con una adecuada supervisión ambiental. Estas relaciones de sinergia y de atención directa por las medidas sobre los impactos potenciales pueden representarse en algunos de los esquemas que se muestran más adelante.

En términos generales, se pronostica que los impactos que pudieran ocurrir durante el desarrollo del proyecto durante la preparación del sitio y construcción tendrán un efecto poco significativo en áreas con cobertura vegetal destinadas para el establecimiento de obras temporales y permanentes, así como las actividades relacionadas con la presencia del personal y la generación de residuos.

VII.4 PRONÓSTICO AMBIENTAL

No existen procesos que permitan inferir en afectaciones o modificaciones crónicas y/o críticas hacia el tema de la calidad del agua superficial, subterránea o respecto a las posibles alteraciones en los patrones de infiltración del agua. El proyecto no producirá cambios cuantificables en la cantidad y calidad de agua captada e infiltrada, y por lo tanto no se afectarán a los potenciales escurrimientos superficiales.

Las obras permanentes del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV se realizarán sobre una superficie total de apenas 236.834 ha o 2.36 km^2, de las cuales la gran mayoría corresponde a terrenos actualmente dedicados a actividades agropecuarias, específicamente de cultivos maíz con un manejo muy pobre o limitado, que también son usados para la alimentación de ganado con el rastrojo restante del corte de maíz. De dicha superficie, la fracción con vegetación natural que se afectará corresponde a un área de 56.993 ha (0.569 km^2) de vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que el resto de las obras se realizarán sobre terrenos agropecuarios en una superficie de 179.841 ha (1.798 km^2).

En total, las obras requerirán una superficie equivalente al 0.829 % de la superficie global del SAR, por lo que se evalúa como muy poco significativa desde el punto de vista ambiental, pero además esa superficie incluye solamente un 0.19% de superficies actualmente ocupadas por vegetación secundaria de selva baja caducifolia, mientras que el resto del proyecto usará áreas actualmente utilizadas para actividades agropecuarias, por lo que se evalúa como muy poco significativa desde el punto de vista ambiental.

Finalmente, la introducción del proyecto en conjunto con la serie de medidas de mitigación y programas ambientales específicos se espera que llegue a tener incluso un efecto ordenador en el entorno. El desarrollo del Proyecto no implicará un cambio negativo significativo desde el punto de vista de los pronósticos ambientales en la región en que se desarrollará, ni se modificarán de manera

las actuales tendencias de crecimiento de los asentamientos humanos y de las actividades productivas y de la región, más allá de la actual tasa de expansión que ya se presenta de manera histórica.

Sin embargo, para garantizar que no se modifiquen dichas tendencias con la introducción del proyecto, se establecen una serie de programas ambientales específicos, coordinados a través de un Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) ejecutado por un experto en la materia.

Programa de vigilancia ambiental

Como eje de implementación de las medidas de mitigación, se diseñó el Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) del Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV, que asegurará que las medidas correctivas sean llevadas a cabo de acuerdo con la normatividad ambiental (leyes, normas oficiales, reglamentos, política ambiental de la empresa, resoluciones, etc.). Las cinco líneas estratégicas generadas para este sistema de cumplimiento se organizan en forma de programas específicos ambientales que se enumeran a continuación:

1. Programa de Rescate y Ahuyentamiento de Fauna Silvestre
2. Programa de Conservación y Restauración de Suelos
3. Programa de Protección y Conservación de la Vegetación
4. Programa de Manejo Integral de Residuos
5. Programa de Monitoreo de Aves y Murciélagos

La autoridad ambiental señalará, en el resolutivo correspondiente, las características, frecuencia de entrega de informes y otros aspectos relativos al cumplimiento y desempeño de los programas ambientales específicos aquí propuestos, para que el responsable de la vigilancia ambiental y el equipo y personal especializado en la ejecución de estos pueda programar y calendarizar actividades puntuales.

VII.5 CONCLUSION GENERAL

De acuerdo con los resultados obtenidos de la identificación de los impactos y su valoración, se identificaron 20 impactos ambientales, de los cuales 17 son de naturaleza adversa, mientras que tres (3) son de naturaleza positiva.

Las acciones que tuvieron mayor importancia respecto a los impactos generados fueron: el desmonte, el despalme, en la etapa de preparación del sitio. Para la etapa de construcción, el hincado de postes y las acciones relacionadas a la instalación de la línea de transmisión, en cuanto a orden de afectación. Finalmente, para la etapa de operación y mantenimiento, fue el mantenimiento preventivo y correctivo fueron considerados como las acciones de mayor importancia respecto a los impactos; sin embargo,

se deben considerar aquellos referentes a la etapa de abandono, en donde el desmantelamiento y restauración generarán impactos positivos al ecosistema.

Los componentes ambientales que mayor impacto recibirán con el desarrollo del proyecto y considerando las acciones arriba mencionadas, serán: Fauna y Paisaje en los que se espera sucedan efectos residuales, así como impactos de adición o acumulativos.

En este caso podemos concluir que, si bien el impacto más significativo sería el correspondiente a la avifauna, el Proyecto se pretende establecer en un área que no presenta trayectorias directas de vuelo en cuanto a aves migratorias que puedan considerarse fijas.

Sin embargo, es importante implementar medidas como monitoreos biológicos para aportar mayor información sobre fenómenos como la migración y las especies acuáticas, siendo estas últimas uno de los grupos de avifauna mayor afectados por este tipo de desarrollos. Esto es particularmente importante en el caso de la presencia de aves residentes y migratorias de menor tamaño como las passerinas que vuelan a menor altura y son más vulnerables, además de considerar su presencia de manera permanente en el caso de las especies residentes.

Los impactos positivos están relacionados con la población y su economía, ya que el Proyecto contempla la generación de empleos y servicios que permitirán a las localidades percibir los beneficios que el desarrollo del Proyecto trae, así también ser vigilantes de aquellas acciones que puedan poner en riesgo a la población y el ecosistema.

Finalmente, un gran porcentaje de los impactos identificados durante la etapa de preparación del sitio y construcción, serán temporales, reversibles y mitigables por lo que se espera que la inserción del Proyecto no cause efectos adversos a largo plazo y que puedan poner en riesgo la integridad y funcionalidad del ecosistema. Los impactos residuales y acumulativos serán atendidos bajo las mejores estrategias que se han propuesto en este documento y que consideran experiencias de otros proyectos similares.

Se considera que los impactos ambientales potenciales del proyecto serán de magnitud limitada, en su mayoría de tipo temporal durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto, y que podrán ser amortiguados y compensados a través de la implementación de las medidas de mitigación presentadas en el capítulo VI, así como por el desarrollo del programa de vigilancia ambiental y de los programas ambientales específicos propuestos.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera que el Proyecto Fotovoltaico Tepetates PV es viable desde el punto de vista ambiental, y se prevé que sus potenciales impactos podrán ser mitigados con la participación de los contratistas y de los prestadores de servicios de gestión ambiental para la vigilancia del cumplimiento de condicionantes y especificaciones, y con la implementación de las acciones y medidas de mitigación que se indiquen en el resolutivo que emita la autoridad ambiental.

ESTA HOJA FUE DEJADA EN BLANCO INTENCIONALMENTE