

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



AL PÚBLICO EN GENERAL

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

DIRECCIÓN GENERAL DE
IMPACTO Y RIESGO
A M B I E N T A L



MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO PARQUE EÓLICO CHICXULUB

MODALIDAD REGIONAL



USPRAE
Unidad de Servicios Profesionales
Ambiental Especializada



Responsable técnico

[Redacted]

Coordinadores técnicos del estudio

[Redacted]
[Redacted]

Equipo técnico

[Redacted]
za

Sistemas de Información Geográfica

[Redacted]
[Redacted]

Coordinación administrativa

[Redacted]

Diseño editorial

Geog. Rosa Adriana Pedraza Varela



CONTENIDO

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	1
I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO	1
I.1.1 Nombre del Proyecto	1
I.1.2 Ubicación del Proyecto	1
I.1.3 Duración del Proyecto	1
I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE	1
I.2.1 Nombre o Razón Social	1
I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes del Promoviente	1
I.2.3 Nombre y Cargo del Representante Legal	1
I.2.4 Dirección del Promoviente o de su Representante Legal para recibir u oír notificaciones.	1
I.2.5 Nombre del Consultor que elaboró el estudio.	1
I.2.6 Registro Federal de Contribuyentes o CURP	1
I.2.7 Nombre del Responsable Técnico del estudio.	1
I.2.8 Dirección del Responsable Técnico del estudio	2
II. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS O ACTIVIDADES Y, EN SU CASO, DE LOS PROGRAMAS O PLANES PARCIALES DE DESARROLLO.	4
II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA	4
II.1.1 Naturaleza del Proyecto	4
II.1.2 Justificación y selección del sitio	5
II.1.3 Ubicación física y Dimensiones del Proyecto	6
II.1.3.1 Ubicación Geográfica	6
<i>Elementos permanentes</i>	13
II.1.3.2 Dimensiones del Proyecto	14
<i>Superficie a afectar (m²) con respecto a la cobertura vegetal del área del Proyecto</i>	18
<i>Uso del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del Proyecto y sus colindancias</i>	20
<i>Urbanización del área y descripción de servicios requeridos</i>	22
<i>Inversión requerida</i>	23
II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO	24
II.2.1 Programa de Trabajo	24
II.2.2 Representación Gráfica regional	26
II.2.3 Representación Gráfica Local	28
II.2.4 Preparación del sitio y construcción	30
II.2.4.1 Preparación del sitio	30
II.2.4.2 Etapa de Construcción	33
II.2.4.3 Descripción de obras y actividades provisionales del Proyecto	40
II.2.5 Operación y Mantenimiento	42

II.2.6 Desmantelamiento y abandono de las instalaciones	43
II.2.7 Residuos	43
II.2.7.1 Etapa de preparación del sitio y construcción	43
<i>Residuos sólidos no peligrosos</i>	43
<i>Residuos peligrosos</i>	44
<i>Residuos líquidos</i>	45
<i>Agua residual</i>	45
<i>Infraestructura adecuada para el manejo y disposición de los residuos</i>	46
II.2.8 Generación de gases efecto invernadero	47
III. VINCULACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES	49
III.1 PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO	49
III.1.1 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y el Mar Caribe	49
III.1.2 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY)	51
III.1.3 Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY)	58
III.1.4 Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2013-2018	59
III.1.5 Plan de DEsarrollo Estatal de Yucatán 2012-2018	60
III.1.6 Plan Municipal de Desarrollo Mérida 2015-2018	62
III.1.7 Plan de Desarrollo Municipal de Ixil 2012-2015	63
III.1.8 Plan de Desarrollo Municipal de Motul 2012-2015	64
III.1.9 Programa de Desarrollo Urbano del Municipio de Progreso Yucatán	66
III.2 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	66
III.2.1 Áreas naturales protegidas	66
III.2.2 Región terrestre prioritaria	69
III.2.3 Región marina prioritaria	73
III.2.4 Región hidrológica prioritaria	76
III.2.5 Áreas de Importancia para la Conservación de Aves	82
III.2.6 Sitios Ramsar en México	85
III.2.7 Sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad	87
III.2.8 Sitios de Manglar con relevancia biológica y con necesidad de rehabilitación ecológica	90
III.3 MARCO JURÍDICO NORMATIVO	93
III.3.1 Normas Oficiales Mexicanas	93
III.4 OTROS INSTRUMENTOS	96
III.4.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	96
III.4.2 Convenios Internacionales	97
III.4.3 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	99
III.3.3.1 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental	100

III.3.3.2 Reglamento de la LGEEPA en materia de Áreas Naturales Protegidas _____	101
III.4.4 Ley General para la Prevención y la Gestión de los Residuos _____	101
III.4.5 Ley de Transición Energética _____	101
III.4.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento _____	102
III.4.7 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. _____	102
III.4.8 Ley General de Vida Silvestre y su Reglamento _____	103
III.4.9 Ley de la Industria Eléctrica _____	103
III.4.10 Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y su Reglamento _____	104
III.4.10.1 Reglamento de la LAERFTE _____	105
III.4.11 Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (Poise) 2017-2031. _____	106
III.4.12 Estrategia Nacional de energía (ENE) 2017-2028 _____	107
III.4.13 Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 _____	109
III.4.14 Prospectiva del Setor Eléctrico 2013-2027 _____	110
IV. DESCRIPCIÓN DE SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) Y SEÑALAMIENTO DE TENDENCIAS DEL DESARROLLO Y DETERIORO DE LA REGIÓN _____	113
IV.1 DELIMITACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR) DONDE PRETENDE ESTABLECERSE EL PROYECTO _____	113
IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL _____	124
IV.2.1 Medio abiótico _____	124
IV.2.1.1 Clima _____	124
<i>Tipo de clima</i> _____	126
<i>Temperatura</i> _____	128
<i>Precipitación</i> _____	128
<i>Balance Hídrico</i> _____	129
<i>Vientos</i> _____	130
<i>Fenómenos Especiales</i> _____	133
<i>Ciclones Tropicales</i> _____	133
<i>Escenarios de cambio climático regionales</i> _____	138
IV.2.1.2 Geología _____	147
<i>Fisiografía</i> _____	148
<i>Características Litológicas</i> _____	150
<i>Estratigrafía</i> _____	152
<i>Presencia de fallas y fracturamientos</i> _____	156
<i>Susceptibilidad a eventos geológicos y geomorfológicos</i> _____	156
<i>Sismicidad</i> _____	157
<i>Deslizamientos de tierra, hundimientos y posible actividad volcánica</i> _____	158
IV.2.1.3 Hidrología superficial y subterránea _____	161
<i>Hidrología regional superficial</i> _____	161

<i>Recursos hidrológicos</i> _____	164
<i>Hidrología subterránea</i> _____	167
IV.2.1.4 Suelos _____	172
<i>Metodología</i> _____	174
<i>Leptosol lítico (litosol):</i> _____	182
Resultados _____	182
<i>Infiltración</i> _____	186
<i>Conclusión</i> _____	189
IV.2.2 Medio biótico _____	190
IV.2.2.1 Vegetación terrestre _____	190
<i>Introducción</i> _____	190
<i>Metodología</i> _____	193
<i>Resultados</i> _____	201
IV.2.3.1 Fauna _____	230
<i>Avifauna</i> _____	230
<i>Mastofauna terrestre no voladora</i> _____	269
<i>Mastofauna voladora</i> _____	294
<i>Herpetofauna</i> _____	324
IV.2.3 Medio socioeconómico _____	346
IV.2.3.1 Sociedad, economía y cultura _____	346
<i>Contexto regional</i> _____	346
<i>Investigación de campo</i> _____	350
<i>Resultados</i> _____	351
<i>Análisis regional</i> _____	351
<i>Aspectos culturales y estéticos</i> _____	361
<i>Percepción social hacia el proyecto</i> _____	369
<i>Aspectos económicos</i> _____	373
IV.2.3.2 Paisaje _____	380
<i>Unidades de paisaje</i> _____	380
<i>Visibilidad</i> _____	387
<i>Calidad</i> _____	392
<i>Fragilidad</i> _____	398
IV.2.4 Diagnóstico ambiental _____	404
Contextualización _____	404
Descripción breve del sistema ambiental _____	404
Datos de uso de suelo y tasas de deforestación _____	406
Cambio de uso de suelo: resultados _____	407

Uso de suelo, vegetación y coberturas	411
Índice de vulnerabilidad que presenta el sitio: Integridad ecológica	418
Integración de indicadores ambientales y establecimiento de su línea base	423
Conclusiones	426

V. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL **428**

V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	428
V.1.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales	428
Identificación de las actividades del Proyecto	428
Identificación de factores y subfactores (indicadores de impacto)	430
Criterios para la identificación de impactos	432
V.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS	434
V.2.1 Valoración cualitativa del impacto potencial	434
Proceso de calificación	437
V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS	439
V.3.1 Evaluación cualitativa del impacto potencial	439
Descripción cualitativa de los impactos relevantes	441
<i>Calidad del aire</i>	441
<i>Nivel sonoro</i>	441
<i>Geoformas</i>	443
<i>Suelo</i>	443
<i>Agua</i>	444
<i>Escorrentía</i>	445
<i>Flora</i>	446
<i>Fauna</i>	449
<i>Medio socioeconómico</i>	453
V.4 IMPACTOS ACUMULATIVOS	456
V.4.1 Metodología	457
V.4.2 Resultados	458
Identificación de Componentes valorados del ecosistema	458
Identificación de límites temporales y espaciales	459
<i>Escala espacial</i>	460
<i>Escala temporal</i>	460
Identificación de actividades de desarrollo en el SAR (fuentes de impacto)	460
<i>Criterios espaciales</i>	461
<i>Criterios temporales</i>	461

<i>Fuentes de impacto</i>	461
Identificación y evaluación de vínculos	462
Determinación de la significancia de los vínculos	463
Vínculos significativos (impactos acumulativos determinados)	463
<i>Cobertura vegetal</i>	463
<i>Fauna silvestre</i>	477
<i>Riesgo de erosión</i>	481
V.5 CONCLUSIONES	486
VI. ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, ACUMULATIVOS Y RESIDUALES DEL SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL	488
VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE LA MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL	490
VI.1.1 Medidas de mitigación propuesta para la avifauna	499
VI.1.2 Medidas de mitigación propuestas para murciélagos	505
VI.1.3 Programa de Monitoreo de Fauna voladora (Aves y Murciélagos)	506
VI.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	508
VI.2.1 Programas y Estudio para el PVA	526
Programa de Reforestación	526
Programa de rescate y protección de flora y fauna silvestre	526
Programa de Monitoreo de fauna voladora	526
Programa de Manejo y Restauración de suelos	526
VI.3 SEGUIMIENTO, CONTROL Y MONITOREO	527
VI.4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS	529
VII.PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	530
VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO	530
Clasificación de la vegetación y los tipos de uso de suelo actuales	533
Clasificación de los tipos de vegetación y uso del suelo 2000 y 1979	534
Detección de cambios y tasa de deforestación	534
Cambio de uso de suelo	536
VII. 2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO	538
VII. 3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN	542
VII. 4 PRONÓSTICO AMBIENTAL	546
VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	547
VII.5 CONCLUSIONES	549
VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL	552
VIII.1 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN	552

VIII.1.1 Cartografía	552
VIII.1.2 Fotografías	554
VIII.1.3 Vídeos	555
VIII.2 OTROS ANEXOS	555
VIII.2.1 Listados florísticos y faunístico	555
VIII.2.2 Documentos legales	555
VIII.2.3 Resultados de laboratorio	555
VIII.2.4 Resultados de análisis y/o trabajos de campo	555
VIII.2.5 Explicación de los modelos matemáticos	555
VIII.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS	555
VIII.4 BIBLIOGRAFIA	563
VIII.4.1 Vinculación	563
VIII.4.2 Clima	565
VIII.4.3 Geología y geomorfología	565
VIII.4.4 Edafología	566
VIII.4.5 Hidrología	566
VIII.4.6 Vegetación	567
VIII.4.7 Fauna	568
VIII.4.9 Paisaje	583
VIII.4.10 Diagnóstico	583
VIII.4.11 Impactos	585
VIII.4.12 medidas de mitigación	585
VIII.4.13 Pronósticos ambientales	586

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1. Impactos ambientales de la producción eléctrica.	4
Cuadro 2. Criterios para elegir el sitio del parque eólico.	5
Cuadro 3. Coordenadas de los polígonos que integran el predio del parque eólico.	9
Cuadro 4. Coordenadas de localización de los aerogeneradores.	11
Cuadro 5. Coordenadas de localización de las torres para la línea de transmisión.	12
Cuadro 6. Superficies ocupadas por obras permanentes.	15
Cuadro 7. Superficies a ocupar por obras provisionales.	16
Cuadro 8. Superficies de afectación permanente respecto a la cobertura vegetal (m ²).	19
Cuadro 9. Superficies de afectación temporal respecto a la cobertura vegetal (m ²).	20
Cuadro 10. Cronograma de trabajo.	25
Cuadro 11. Superficie afectada por el desmonte y despalme de la obra.	31
Cuadro 12. Superficie afectada por la excavación.	32
Cuadro 13. Superficie a ocupar por caminos.	33
Cuadro 14. Residuos sólidos que serán generados.	44
Cuadro 15. Volumen de residuos sólidos generados.	44
Cuadro 16. Generación total de residuos peligrosos.	44
Cuadro 17. Volumen estimado de aguas residuales.	45
Cuadro 18. Generación estimada de residuos durante la etapa operativa.	45
Cuadro 19. Emisión de contaminantes atmosféricos.	47
Cuadro 20. Emisión de contaminantes atmosféricos.	48
Cuadro 21. Actividades y criterios de regulación ecológica para cada Unidad de Gestión Ambiental, del municipio de Ixil, Yucatán.	54
Cuadro 22. Actividades y criterios de regulación ecológica para cada Unidad de Gestión Ambiental del municipio de Motul, Yucatán.	57
Cuadro 23. Objetivos, estrategias y líneas de acción del PEAER 2013-2018.	60
Cuadro 24. Vinculación del Proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables en su desarrollo.	93
Cuadro 25. Disposiciones reglamentarias vinculantes con el Proyecto.	97
Cuadro 26. Convenios Internacionales vinculantes con el Proyecto.	98
Cuadro 27. Disposiciones reglamentarias contenidas en la LGEEPA, vinculantes al Proyecto.	99
Cuadro 28. Análisis técnico, jurídico y /o administrativo	100
Cuadro 29. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.	101
Cuadro 30. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.	103
Cuadro 31. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.	104

Cuadro 32. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto. _____	105
Cuadro 33. Políticas, estrategias y líneas de acción que se vinculan al Proyecto. _____	109
Cuadro 34. Características individuales de las unidades de paisaje que conforman la zona circundante al proyecto. _____	117
Cuadro 35. Ubicación de estaciones climatológicas próximas al SAR. _____	124
Cuadro 36. Normales Climatológicas 1951-2010 Chicxulub Puerto, Yucatán. _____	125
Cuadro 37. Descripción de los tipos de clima presentes en el SAR. _____	126
Cuadro 38. Disponibilidad media anual del agua subterránea en la RHA XII (CONAGUA, 2015). _____	167
Cuadro 39. Calidad del agua en los municipios cercanos al proyecto (CONAGUA, 2013). _____	168
Cuadro 40. Tipo de cobertura vegetal en el SAR. _____	174
Cuadro 41. Puntos de medición y resultados de infiltración en el SAR y sus inmediaciones. _____	187
Cuadro 42. Superficie de los tipos de uso de suelo y vegetación (SAR). _____	197
Cuadro 43. Superficie de los tipos de uso de suelo y vegetación (área del proyecto). _____	197
Cuadro 44. Cuadrantes del muestreo de vegetación, SAR y área del proyecto. _____	198
Cuadro 45. Especies registradas en el SAR y área del Proyecto. _____	210
Cuadro 46. Valores de abundancia, riqueza, diversidad y equidad (SAR). _____	218
Cuadro 47. Valores de abundancia, riqueza, diversidad y equidad (área del Proyecto). _____	218
Cuadro 48. Cobertura de área basal y densidad promedio de plantas leñosas (SAR). _____	219
Cuadro 49. Cobertura de área basal y densidad promedio de plantas leñosas (área del proyecto). _____	219
Cuadro 50. Índice de valor de importancia de árboles en VSA SBEC (área del proyecto). _____	220
Cuadro 51. Índice de valor de importancia de arbustos en VSA SBEC (área del proyecto). _____	220
Cuadro 52. Índice de valor de importancia de hierbas en VSA SBEC (área del Proyecto). _____	222
Cuadro 53. Índice de valor de importancia de árboles en VSAB SBEC (área del proyecto). _____	222
Cuadro 54. Índice de valor de importancia de arbustos en VSAB SBEC (área del proyecto). _____	223
Cuadro 55. Índice de valor de importancia de hierbas en VSAB SBEC (área del proyecto). _____	225
Cuadro 56. Matriz del índice de similitud de Sorensen. _____	226
Cuadro 57. Coordenadas de los transectos realizados para la colecta de datos de avifauna dentro del sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub. _____	236
Cuadro 58. Coordenadas de los puntos de conteo realizados para la colecta de datos de avifauna dentro del sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub. _____	237
Cuadro 59. Coordenadas de las estaciones de captura con redes de niebla para la colecta de datos de avifauna dentro del sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub. _____	238
Cuadro 60. Listado de especies de aves registradas en la colecta de datos del sistema ambiental regional y el área del proyecto eólico Chicxulub. _____	242
Cuadro 61. Índice de diversidad verdadera que representa la diversidad alfa de aves en el sistema ambiental regional, así como dentro y fuera del área del proyecto eólico Chicxulub. _____	253

Cuadro 62. Índice de diversidad verdadera que representa la diversidad alfa de aves por tipos de cobertura vegetal en el área de influencia. _____	253
Cuadro 63. Índice de similitud de Sorensen de la diversidad de aves en el área del área del proyecto y el sistema ambiental regional. _____	253
Cuadro 64. Matriz de similitud de Sorensen de la diversidad de aves por tipos de cobertura vegetal en el sistema ambiental regional y el área del proyecto. _____	253
Cuadro 65. Especies de aves registradas en el área del proyecto eólico Chicxulub con alguna categoría de protección. _____	254
Cuadro 66. Especies endémicas registradas en el sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub. _____	255
Cuadro 67. Especies con mayor número de registros en vuelo, dentro del área del proyecto. _____	262
Cuadro 68. Número de especies de mamíferos terrestres no voladores con distribución potencial en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub, por orden, especies endémicas y listadas en la NOM-059 SEMARNAT 2010. _____	273
Cuadro 69. Coordenadas UTM de los transectos realizados para el registro de mamíferos terrestres no voladores dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub. _____	274
Cuadro 70. Coordenadas UTM de las trampas tipo Sherman, Tomahawk y Foto trampas ubicadas en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub. _____	278
Cuadro 71. Listado de especies de mamíferos terrestres no voladores registrados en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub. _____	281
Cuadro 72. Porcentaje y número de especies por tipo de locomoción, gremios alimenticios y afinidades biogeográficas. _____	284
Cuadro 73. Características del ensamble de mamíferos terrestres no voladores registrados en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub. _____	285
Cuadro 74. Especies de mamíferos terrestres no voladores presentes en el área del proyecto eólico Chicxulub listadas en la NOM-059 SEMARNAT 2010. _____	285
Cuadro 75. Presencia-ausencia de las especies de mamíferos terrestres no voladores encontradas en las diferentes unidades ambientales del Parque Eólico Chicxulub. _____	287
Cuadro 76. Esfuerzo de colecta de datos con redes de niebla. _____	300
Cuadro 77. Esfuerzo de colecta y coordenadas de los transectos de grabación ultrasónica. _____	302
Cuadro 78. Especies registradas durante la colecta de datos para mastofauna voladora. _____	304
Cuadro 79. Especies registradas durante la colecta de datos con redes de niebla. _____	305
Cuadro 80. Especies registradas en transectos de grabación ultrasónica. _____	306
Cuadro 81. Coordenadas geográficas de los sitios de redeo. _____	306
Cuadro 82. Listado taxonomico de especies registradas dentro del área del proyecto. _____	309
Cuadro 83. Caracterización de los sonidos emitidos por murciélagos en Dzemul, Yucatán, México. _____	316
Cuadro 84. Matriz de similitud de acuerdo al análisis de Sorensen para las redes de niebla. _____	318
Cuadro 85. Número de especies de anfibios y reptiles con distribución potencial en el SAR del proyecto eólico Chicxulub. _____	326
Cuadro 86. Coordenadas UTM de los transectos para el conteo de individuos por relevamiento visual de anfibios y reptiles dentro del SAR del proyecto eólico Chicxulub. _____	327

Cuadro 87. Listado taxonómico de especies de anfibios y reptiles registrados mediante transectos y registros adicionales dentro del SAR y el área del proyecto eólico Chicxulub. _____	329
Cuadro 88. Abundancia por especie de herpetofauna registrada mediante transectos durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	333
Cuadro 89. Estado de conservación de las especies de anfibios y reptiles registrados durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	334
Cuadro 90. Índice de diversidad de diversidad verdadera de la herpetofauna obtenido para los tres tipos de vegetación presentes durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	338
Cuadro 91. Índice de Sorensen de los cuatro tipos de vegetación presentes durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	338
Cuadro 92. Presencia-ausencia de las especies de anfibios y reptiles encontradas mediante transectos en los tres tipos de vegetación identificados durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	339
Cuadro 93. Usos e importancia de las especies de herpetofauna registradas durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	341
Cuadro 94. Localidades y número total de habitantes, dentro del SAR del Proyecto. _____	349
Cuadro 95. Número de localidades por municipio, según tamaño de la localidad. _____	351
Cuadro 96. Localidades dentro del área del Proyecto. _____	352
Cuadro 97. Medición de la pobreza en municipios del área de estudio. Porcentaje, número de personas y carencias promedio en los indicadores de pobreza, por municipio. _____	356
Cuadro 98. Medición de la pobreza en municipios del área de estudio. Porcentaje de población según carencia social, por municipio. _____	357
Cuadro 99. Grado de marginación en municipios del área del proyecto. _____	357
Cuadro 100. Infraestructura para la atención en salud en municipios del SAR. _____	358
Cuadro 101. Condición de afiliación a los servicios de salud en municipios del área de estudio _____	359
Cuadro 102. Porcentaje de población de 15 y más años analfabeta y sin primaria completa. _____	359
Cuadro 103. Condición educativa de la población mayor de 15 años. _____	360
Cuadro 104. Índice de intensidad migratoria en los municipios del área de estudio. _____	361
Cuadro 105. Condición del municipio, según población indígena. _____	362
Cuadro 106. Principales festividades y riquezas culturales de la región. _____	362
Cuadro 107. Condición de aceptación o rechazo de proyectos, según opinión de las personas en el área del proyecto. _____	370
Cuadro 108. Aceptación o rechazo para rentar o vender terrenos para campos eólicos. _____	370
Cuadro 109. Percepción sobre destrucción de paisaje con los campos eólicos. _____	371
Cuadro 110. Conocimiento y opinión sobre alguna obra o proyecto que se esté planeando construir. _____	372
Cuadro 111. Actividad económica, obra o proyecto que considere cambiaría vida cotidiana para bien. _____	372
Cuadro 112. Actividad económica, obra o proyecto que considere cambiaría vida cotidiana para mal. _____	372
Cuadro 113. Núcleos agrarios y superficie según el destino de la tierra por municipio. _____	375

Cuadro 114. Unidades de paisaje en el SAR. _____	380
Cuadro 115. Visibilidad del proyecto por unidades superiores de paisaje. _____	389
Cuadro 116. Valores de índices de calidad visual de la pendiente. _____	392
Cuadro 117. Valores de índices de calidad visual de la vegetación y uso del suelo. _____	392
Cuadro 118. Valores de índices de calidad visual de la presencia de agua. _____	393
Cuadro 119. Valores de índices de calidad visual de la presencia de elementos artificiales. _____	393
Cuadro 120. Categorización de la calidad visual intrínseca. _____	394
Cuadro 121. Superficies por calidad intrínseca y UIP del SAR. _____	394
Cuadro 122. Valores de índices de fragilidad visual de la pendiente. _____	398
Cuadro 123. Valores de índices de fragilidad visual del uso de suelo y vegetación. _____	399
Cuadro 124. Valores de índices de fragilidad visual de la presencia de elementos artificiales. _____	399
Cuadro 125. Categorización de la fragilidad visual intrínseca. _____	399
Cuadro 126. Matriz de cruce entre la fragilidad y la visibilidad. _____	400
Cuadro 127. Superficies por fragilidad intrínseca y UIP del SAR. _____	400
Cuadro 128. Especies registradas a diferentes escalas, que tienen potencial presencia en la región, dentro del SAR y área del Proyecto. _____	405
Cuadro 129. Superficies en Hectáreas y en porcentaje para distintos usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000, y 2018 con las respectivas remociones del proyecto. _____	407
Cuadro 130. Superficies en Hectáreas y en porcentaje para los cambios analizados en el uso de suelo para los años 1979-2000, 2000-2018, 1979-2018 y 1979-2018 con remociones; en el SAR del Parque Eólico Chicxulub. _____	409
Cuadro 131. Tasas de deforestación en porcentaje para los periodos 1979-2000, 2000-2018, 1979-2018 y 1979-2018 con remociones; en el SAR del Parque Eólico Chicxulub. _____	410
Cuadro 132. Distribución, superficie y porcentaje ocupado de uso de suelo y vegetación. _____	411
Cuadro 133. Superficie de los tipos de uso de suelo y vegetación (área del Proyecto). _____	411
Cuadro 134. Porcentaje de Coberturas foliar por tipos de vegetación _____	411
Cuadro 135. Indicadores ambientales para la línea base. _____	425
Cuadro 136. Identificación de factores e indicadores ambientales con sus unidades de medición. _____	430
Cuadro 137. Desagregación del Sistema, subsistema, componente, factor y sus unidades de importancia (UIP). _____	431
Cuadro 138. Criterios de valoración de impacto potencial. _____	436
Cuadro 139. Valores de relevancia de impacto. _____	437
Cuadro 140. Ecuaciones para calcular la importancia absoluta al medio ambiente. _____	438
Cuadro 141. Ecuaciones para calcular la importancia absoluta ponderada a las acciones del Proyecto. _____	438
Cuadro 142. Ecuaciones para calcular la importancia relativa ponderada al medio ambiente. _____	438
Cuadro 143. Ecuaciones para calcular la importancia relativa ponderada a las acciones del Proyecto. _____	439

Cuadro 144. Número de impactos ambientales. _____	440
Cuadro 145. Importancia de las actividades respecto a los impactos generados. _____	440
Cuadro 146. Superficies ocupadas por obras permanentes. _____	447
Cuadro 147. Superficies ocupadas por obras provisionales. _____	448
Cuadro 148. Componentes valorados del ecosistema (CVEs). _____	459
Cuadro 149. Atributos de valoración de vínculos. _____	462
Cuadro 150. Relación de imágenes utilizadas en el análisis de cambio de uso de suelo. _____	464
Cuadro 151. Tipos de vegetación identificados en las imágenes SENTINEL y en los recorridos de campo. _____	466
Cuadro 152. Nuevas clases y códigos para los distintos usos de suelo. _____	467
Cuadro 153. Interpretación de las combinaciones entre códigos de distintas fechas de uso de suelo para obtener los cambios de uso de suelo _____	467
Cuadro 154. Superficies en hectáreas y en porcentaje para distintos usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000 y 2018 con las respectivas remociones del Proyecto. _____	470
Cuadro 155. Superficies en hectáreas y en porcentaje para los cambios analizados en el uso de suelo para los años 1979-200, 2000-2018, 1979-2018 y 1979-2018 con remociones en el SAR. _____	473
Cuadro 156. Tasas de deforestación en porcentaje para los periodos 1979-2000, 2000-2018, 1979-2018 y 1979-2018 con remociones, en el SAR. _____	474
Cuadro 157. Superficie del cambio de uso del suelo para el área del Proyecto. _____	475
Cuadro 158. Reportes de colisiones de aves y murciélagos ocasionados por estructuras antropogénicas en algunas regiones del mundo. _____	479
Cuadro 159. Causas relacionadas a las actividades humanas. _____	481
Cuadro 160. Erosión natural en el SAR (sin obras del parque eólico y su línea de transmisión) _____	484
Cuadro 161. Erosión temporal en el SAR (considerando desmonte para la construcción de obras). _____	484
Cuadro 162. Erosión posterior a la instalación de las obras del parque eólico. _____	484
Cuadro 163. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Atmosfera. _____	491
Cuadro 164. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Suelo. _____	492
Cuadro 165. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Hidrología. _____	493
Cuadro 166. Descripción de las medidas propuestas, para el componente vegetación. _____	494
Cuadro 167. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Fauna terrestre. _____	496
Cuadro 168. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Fauna voladora. _____	497
Cuadro 169. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Paisaje. _____	498
Cuadro 170. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Socioeconómico. _____	498
Cuadro 171. Relación de imágenes utilizadas en el análisis de cambio de uso de suelo. _____	532
Cuadro 172. Tipos de vegetación identificados en las imágenes SENTINEL y en los recorridos de campo. _____	534
Cuadro 173. Nuevas clases y códigos para los distintos usos de suelo. _____	535

Cuadro 174. Interpretación de las combinaciones entre códigos de distintas fechas de uso de suelo para obtener los cambios de uso del suelo. _____	535
Cuadro 175. Superficies en hectáreas y en porcentaje para distintos usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000, 2018 y 2018 con las respectivas remociones del proyecto. _____	536
Cuadro 176. Impactos ambientales en la generación de electricidad. _____	548
Cuadro 177. Raster. _____	552
Cuadro 178. Vector. _____	553

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Área del Proyecto y línea de transmisión del Parque Eólico Chicxulub. _____	1
Figura 2. Ubicación geográfica del Proyecto Eólico Chicxulub. _____	6
Figura 3. Ubicación general del Parque Eólico Chicxulub respecto a los municipios y localidades cercanas. _____	8
Figura 4. Vértices de los polígonos que conforman el predio del Parque Eólico Chicxulub. _____	10
Figura 5. Ubicación de acceso y entronque al Parque Eólico Chicxulub. _____	11
Figura 6. Obras permanentes y temporales del Parque Eólico Chicxulub. _____	17
Figura 7. Uso de suelo y vegetación en las inmediaciones del Parque Eólico Chicxulub y su línea de transmisión. _____	21
Figura 8. Contexto regional del parque eólico Chicxulub en la península de Yucatán. _____	27
Figura 9. Ubicación local del predio del Parque Eólico Chicxulub y su línea de transmisión. _____	29
Figura 10. Propuesta de cimentación. _____	35
Figura 11. Procedimiento de cimentación de los aerogeneradores. _____	36
Figura 12. Componentes del generador. _____	38
Figura 13. Localización del área que comprende el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe. _____	49
Figura 14. Unidad de Gestión Ambiental que conforma al municipio de Motul. _____	50
Figura 15. Unidad de Gestión Ambiental que conforma al municipio de Ixil. _____	51
Figura 16. Delimitación del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del estado de Yucatán. _____	52
Figura 17. Unidades de Gestión Ambiental para el municipio de Ixil, Yucatán. _____	53
Figura 18. Mapa de las Unidades de Gestión Ambiental del municipio de Motul, Yucatán. _____	55
Figura 19. Mapa del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Estado de Yucatán (MOEY). _____	59
Figura 20. Ubicación del Proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas. _____	68
Figura 21. Ubicación del Proyecto respecto a la RTP-146. _____	72
Figura 22. Ubicación del proyecto respecto a la RMP-61. _____	75
Figura 23. Ubicación del proyecto respecto a la RHP-102. _____	81
Figura 24. Ubicación del proyecto respecto al AICA Ichka'Ansijo. _____	84
Figura 25. Ubicación del proyecto respecto al sitio RAMSAR, Anillo de Cenotes. _____	86
Figura 26. Ubicación del proyecto respecto al sitio prioritario de conservación de la biodiversidad marina (66). _____	89
Figura 27. Ubicación del proyecto respecto al sitio GM PY79 _____	92
Figura 28. Generación bruta por fuente primaria, escenario de planeación. _____	112
Figura 29. Unidades superiores de paisaje. _____	115
Figura 30. Unidades inferiores de paisaje. _____	116
Figura 31. Unidades de Gestión Ambiental del POETCY cercanas al área del proyecto. _____	119

Figura 32. UGA, Unidades de Paisaje, Microcuencas e Infraestructura en los alrededores del proyecto eólico. _____	120
Figura 33. Factores que fueron empleados para delimitar el Sistema Ambiental Regional. _____	121
Figura 34. Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto y su línea de transmisión. _____	122
Figura 35. Vertices del polígono que conforma el SAR. _____	123
Figura 36. Tipo de clima en el SAR. _____	127
Figura 37. Diagrama ombrotérmico (índice Gaussen) estación Chicxulub Puerto, Mpio. Progreso, Yuc. 1951-2010. SMN, 2018. _____	128
Figura 38. Precipitación media, máxima mensual y máxima diaria, estación Chicxulub Puerto, Mpio. Progreso, Yuc. 1951-2010. SMN, 2015. _____	129
Figura 39. Balance hídrico, estación Chicxulub Puerto, Mpio. Progreso, Yuc. 1951-2010. SMN, 2015. _____	130
Figura 40. Velocidad del viento a 50 m de altura (http://gaia.inegi.org.mx/). _____	131
Figura 41. Velocidad del viento a 120 m de altura (http://gaia.inegi.org.mx/). _____	131
Figura 42. Flujo vectorial (predominante) del viento en temporada de ciclones (tomado de SGM, 2013). _____	132
Figura 43. Flujo vectorial (predominante) del viento en temporada de nortes (tomado de SGM, 2013). _____	132
Figura 44. Fenómenos especiales, estación Chicxulub Puerto, Mpio. Progreso, Yuc. 1951-2010. SMN, 2015. _____	133
Figura 45. Trayectoria del Huracán Isidore (C3), 14-27 de septiembre de 2002. (Tomado de Unisys, 2016). _____	134
Figura 46. Afectación al manglar por el huracán Isidore, a casi 16 años del evento. _____	135
Figura 47. Trayectoria del Huracán Wilma (C4), 15-25 de octubre de 2005. (Tomado de Unisys, 2016). _____	136
Figura 48. Isolíneas de probabilidad de presentación de uno o más ciclones en un año. El SAR se ubica en el cuadrante marcado (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997). _____	137
Figura 49. Probabilidades de presentación por cuadrante de uno o más ciclones en un año. El SAR se ubica en el cuadrante marcados (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997). _____	137
Figura 50. Temperatura media anual en escenario A1F1 2020 de altas emisiones atmosféricas (arriba) y variación (abajo) según modelo HADCM3. _____	140
Figura 51. Temperatura media anual en escenario B2 2020 de bajas emisiones atmosféricas (arriba) y variación (abajo) según modelo HADCM3. _____	141
Figura 52. Precipitación total anual en escenario A1F1 2020 de altas emisiones atmosféricas (arriba) y variación (abajo) según modelo HADCM3. _____	142
Figura 53. Precipitación total anual en escenario B2 2020 de bajas emisiones atmosféricas (arriba) y variación (abajo) según modelo HADCM3. _____	143
Figura 54. Tipos climáticos en escenario A1F1 2020 de altas emisiones atmosféricas con HADCM3. _____	144
Figura 55. Tipos climáticos en escenario B2 2020 de altas emisiones atmosféricas con HADCM3. _____	144
Figura 56. Modelo probabilístico elevación del nivel del mar, con aumento global de 2°C (tomado de Kopp et al, (2014). https://choices.climatecentral.org). _____	145
Figura 57. Modelo probabilístico elevación del nivel del mar, con aumento global de 4°C (tomado de Kopp et al, (2014). https://choices.climatecentral.org). _____	146
Figura 58. Provincias morfotectónica Plataforma de Yucatán. _____	148

Figura 59. Geomorfología del SAR.	149
Figura 60. Geología del SAR.	151
Figura 61. Mapa Geológico – Minero de Tizimín, ubicando el área donde se llevará el proyecto con sus respectivas características geológicas.	152
Figura 62. Sección geológica esquemática en la Plataforma de Yucatán (Provincia Petrolera Plataforma de Yucatán, PEMEX Exploración y Producción).	153
Figura 63. Cráter Chicxulub y el Anillo de Cenotes, Yucatán. Fuente: National Geographic.	155
Figura 64. Presencia de fallas y fracturas en el estado de Yucatán (INEGI, 2000).	156
Figura 65. Regionalización sísmica de México (Diagnostico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres - Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, CENAPRED).	157
Figura 66. Epicentros cerca del estado de Yucatán, valores en escala Richter (tomado de SGM, 2013).	158
Figura 67. Inestabilidad de laderas naturales en México, de Zepeda y Gonzales (2001).	159
Figura 68. Susceptibilidad a hundimiento del terreno en el estado de Yucatán (tomado de SGM, 2013).	160
Figura 69. Estructuras volcánicas más cercanas al estado de Yucatán, con actividad en los últimos 10,000 años (tomado de SGM, 2013).	161
Figura 70. Regiones hidrológicas en México. Conagua 2012. Atlas Digital del Agua México. Sistema Nacional de Información del Agua.	162
Figura 71. Localización de la RHA XII Península de Yucatán. (Tomado de Programa Hídrico Regional Visión 2030).	163
Figura 72. Localización de la Regiones Hidrológicas de la RHA XII Península de Yucatán. (Conagua 2015).	164
Figura 73. Hidrología del SAR.	166
Figura 74. Dirección de flujo del agua subterránea en la Península de Yucatán. (Fuente: CONAGUA, 2008).	168
Figura 75. Tipo de suelo en el SAR (INEGI, 2001).	173
Figura 76. Zona rocosa y vegetación arbustiva de selva baja espinosa en la parte oeste del SAR.	175
Figura 77. Selva baja espinosa caducifolia en la parte central del SAR.	175
Figura 78. Suelo desnudo al oeste del SAR.	176
Figura 79. Piedra caliza blanca, cristalina de textura sacaroides, estratificación masiva que datan del Eoceno superior (43 – 36 millones de años), de color claro y abundante contenido de conchas.	176
Figura 80. Cenote en la zona central del SAR.	177
Figura 81. Roca desnuda en la parte norte del SAR.	177
Figura 82. Ojo de agua dentro del área del proyecto.	178
Figura 83. Desarrollo radicular sobre la superficie del suelo, consecuencia de la extrema delgadez del suelo.	178
Figura 84. Plantación de henequén en la parte sur del SAR.	179
Figura 85. Imagen de afloramiento rocoso y con la formación de un incipiente suelo.	179
Figura 86. Zona rocosa y vegetación arbustiva de selva baja espinosa en la parte este del SAR.	180
Figura 87. Vista del camino central que atraviesa el SAR norte a sur.	180
Figura 88. Vista al interior del cenote en la parte central del SAR donde existe una corriente de agua subterránea.	181

Figura 89. <i>Agujero kárstico en la parte central del SAR.</i>	181
Figura 90. <i>Toma de muestra de suelo.</i>	182
Figura 91. <i>Imágenes a los cuatro puntos cardinales de la toma de muestra de suelo.</i>	183
Figura 92. <i>Diagrama Leptosol lítico (tomado de Huchin, 2003).</i>	184
Figura 93. <i>Sitios de colecta de datos edafológicos.</i>	185
Figura 94. <i>Punto de medición de infiltración en el SAR.</i>	186
Figura 95. <i>Georreferenciación de punto de medición de infiltración en el SAR.</i>	187
Figura 96. <i>Mapa de infiltración en el SAR.</i>	188
Figura 97. <i>Subsectores biogeográficos de la península de Yucatán. Modificada de Barber et al. (2001).</i>	191
Figura 98. <i>Perfil de la asociación Colubrino yucatanensis-Burseretum simarubae. Tomada de Barber et al. (2001).</i>	192
Figura 99. <i>Perfil de la asociación Mammillario gaumeri-Prosopetum juliflorae. Tomada de Barber et al. (2001).</i>	193
Figura 100. <i>Mapa de uso de suelo y vegetación.</i>	196
Figura 101. <i>Sitios de muestreo de vegetación.</i>	200
Figura 102. <i>Manglar dominado Rhizophora mangle.</i>	201
Figura 103. <i>Vegetación de sabana.</i>	202
Figura 104. <i>Pastizal creciendo en una zona recién desmontada.</i>	203
Figura 105. <i>Cultivo de henequén.</i>	203
Figura 106. <i>Sotobosque de la VSA SBEC.</i>	204
Figura 107. <i>Vista del dosel de la VSA SBEC.</i>	205
Figura 108. <i>Vista vertical de la VSA SBEC.</i>	205
Figura 109. <i>VSAB SBEC en la porción Norte del SAR, nótese el porte achaparrado de los arbustos.</i>	207
Figura 110. <i>Bromelia epífita creciendo en la sección Norte del SAR.</i>	207
Figura 111. <i>VSAB SBEC en una zona árida al Noroeste del SAR.</i>	208
Figura 112. <i>VSAB SBEC creciendo es sustratos con menor afloramiento de roca.</i>	208
Figura 113. <i>Dendrograma del índice de similitud de Sorensen.</i>	226
Figura 114. <i>Representación de las especies de aves que potencialmente se encuentran en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub, mostrando su estacionalidad y los hábitos que presentan.</i>	235
Figura 115. <i>Familias avifaunísticas con mayor número de especies que forman parte del listado potencial de aves del SAR del proyecto eólico Chicxulub, con la respectiva representación del número de especies categorizadas en algún estatus de protección.</i>	236
Figura 116. <i>Ubicación geográfica de los sitios de colecta para la toma de datos de avifauna dentro del proyecto eólico Chicxulub.</i>	239
Figura 117. <i>Representación de la riqueza de especies registrada por métodos de colecta en el sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub.</i>	240
Figura 118. <i>Familias más representativas dentro del estudio de avifauna llevado a cabo en sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub.</i>	241

Figura 119. <i>Especies de aves con mayor número de registros y abundancia relativa (a manera de porcentaje) registrados en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.</i>	241
Figura 120. <i>Hábitos y estacionalidad de las especies de aves registradas en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.</i>	251
Figura 121. <i>Curva de acumulación de especies de aves registradas en el área del SAR del proyecto eólico Chicxulub.</i>	252
Figura 122. <i>Distribución de registros de avifauna endémica y catalogada en la NOM-059, en el sistema ambiental regional y el área del proyecto eólico Chicxulub.</i>	257
Figura 123. <i>Distribución de nidos registrados dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.</i>	259
Figura 124. <i>Nido de matraca yucateca (Campylorhynchus yucatanicus), especie endémica, catalogada en peligro de extinción (NOM-059) y casi amenazada (IUCN), registrada en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.</i>	260
Figura 125. <i>Nido de pavo ocelado (Meleagris gallopavo), especie endémica, catalogada como amenazada (NOM-059) y casi amenazada (IUCN), registrado en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.</i>	261
Figura 126. <i>Número de registros de especies de aves y altura de vuelo con respecto al aerogenerador propuesto en el proyecto eólico Chicxulub.</i>	263
Figura 127. <i>Especies con mayor número de registros en las distintas alturas de vuelo con respecto al aerogenerador propuesto en el proyecto eólico Chicxulub.</i>	263
Figura 128. <i>Comparación de los números de registros de las especies de aves acuáticas presentes en el área del proyecto.</i>	264
Figura 129. <i>Ruta migratoria de aves circundante al Golfo de México (Rappole, 2000).</i>	265
Figura 130. <i>Sitios de colecta mediante el método de transectos, para el registro de mamíferos terrestres no voladores dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.</i>	276
Figura 131. <i>Sitios de colecta de datos mediante trampas Sherman, Tomahawk y cámaras de trampa, para el registro de mamíferos terrestres no voladores dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.</i>	277
Figura 132. <i>Número de especies de mamíferos terrestres no voladores por orden registradas en el área del proyecto eólico Chicxulub.</i>	280
Figura 133. <i>Número de especies de mamíferos terrestres no voladores registradas por método en el área del Parque Eólico Chicxulub.</i>	282
Figura 134. <i>Curva rango-abundancia de las especies registradas mediante diferentes técnicas de campo en el área del Parque Eólico Chicxulub I.</i>	283
Figura 135. <i>Curva de acumulación de especies obtenida de la colecta de datos de mamíferos terrestres no voladores registrados en el área del Parque Eólico Chicxulub.</i>	286
Figura 136. <i>Instalación de redes de niebla.</i>	297
Figura 137. <i>Transecto de grabación ultrasónica en modalidad acústico activo.</i>	298
Figura 138. <i>Localización de los sitios de colecta de datos con redes de niebla para el registro de quirópteros en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.</i>	301
Figura 139. <i>Localización de los transectos de grabación ultrasónica para el registro de quirópteros en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.</i>	303
Figura 140. <i>Sonograma de las especies registradas durante los transectos de grabación ultrasónica dentro del SAR del proyecto eólico Chicxulub.</i>	305

Figura 141. Ubicación de los sitios de redeo dentro del área de influencia. _____	308
Figura 142. Gremios alimenticios representados en la comunidad de murciélagos descrita dentro del área de proyecto. _____	310
Figura 143. Curva de acumulación de especies de murciélagos durante los muestreos durante un ciclo anual dentro del área del proyecto. _____	311
Figura 144. Fluctuaciones de la riqueza y abundancia de murciélagos descrita durante un ciclo anual dentro del área de proyecto. _____	312
Figura 145. Abundancia de especies registradas durante un ciclo anual dentro del área del proyecto. _____	313
Figura 146. Gráfico de rango-abundancia que describe la estructura de la comunidad de murciélagos presente en el área del proyecto. Las abreviaciones son: GloSor: <i>Glossophaga soricina</i> , DesRot: <i>Desmodus rotundus</i> , ArtJam: <i>Artibeus jamaicensis</i> , ArtLit: <i>Artibeus lituratus</i> , ArtPha: <i>Artibeus phaeotis</i> , PtePar: <i>Pteronotus parnellii</i> , ChiVil: <i>Chiroderma villosum</i> , MimCoz: <i>Mimon cozumelae</i> , StuPar: <i>Sturnira parvidens</i> , DypEca: <i>Dyphilla ecaudata</i> , RhoAen: <i>Rhogeessa aeneus</i> , MicMic: <i>Micronycteris microtis</i> , MolAlv: <i>Molossus alvarezii</i> . _____	314
Figura 147. Número de llamados detectados por especie de murciélagos dentro del área del proyecto. _____	315
Figura 148. Dendrograma de similitud para los sitios de colecta de datos con redes de niebla en el área de influencia. VSAR SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia; VSA SBEC Vegetación arbórea de selva baja espinosa caducifolia. _____	319
Figura 149. Sitios de colecta de datos de anfibios y reptiles mediante transectos en el SAR del proyecto eólico Chicxulub. _____	328
Figura 150. Especies de anfibios y reptiles registradas por familia durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	331
Figura 151. Porcentaje de especies de herpetofauna registradas por método durante la colecta de datos Abundancia relativa del proyecto eólico Chicxulub. _____	332
Figura 152. Curva rango-abundancia de las especies de anfibios y reptiles registradas mediante transectos durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	334
Figura 153. Distribución de las especies de anfibios y reptiles vulnerables registrados durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	336
Figura 154. Curva de acumulación de especies obtenida de la colecta de datos de herpetofauna registrados durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. _____	337
Figura 155. Dendrograma de similitud de la composición de especies presentes en los cuatro tipos de vegetación descritos en proyecto eólico Chicxulub. _____	339
Figura 156. Principales localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional para el Proyecto. _____	348
Figura 157. Proyecciones de población de localidades seleccionadas, 2010-2030 de los municipios del área de estudio. Fuente: CONAPO, 2010. _____	354
Figura 158. Tasa de crecimiento poblacional de localidades seleccionadas, 2010-2030 en los municipios del área de estudio. Fuente: CONAPO, 2010. _____	354
Figura 159. Pirámide poblacional de los municipios del área de estudio. Fuente: INEGI, 2010. _____	355
Figura 160. Índice de marginación municipal. Imagen tomada de CONAPO, 2010. _____	358
Figura 161. Detalle de muro de roca careada pertenecientes a un sitio arqueológico ubicado en las proximidades del trazo de la línea de transmisión del proyecto Chicxulub. _____	367

Figura 162. Panorámica general de monumento arqueológico localizado en las proximidades del trazo de la línea de transmisión. _____	367
Figura 163. Probable piedra de molienda elaborado en roca caliza. _____	368
Figura 164. Sitios arqueológicos próximos al SAR Chicxulub. _____	369
Figura 165. Uso de suelo y vegetación dentro del área del Proyecto. _____	374
Figura 166. Tenencia de la tierra en el área del Proyecto. _____	376
Figura 167. Porcentaje del personal ocupado, la producción bruta total y el total de las remuneraciones por sector económico en el área de estudio. Fuente: Censo Económico, 2009, INEGI. _____	377
Figura 168. Ingreso por trabajo de la población ocupada en los municipios del área de estudio. Fuente: Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI. _____	378
Figura 169. Red de caminos en el área del Proyecto. _____	379
Figura 170. Unidades superiores e inferiores del paisaje en el SAR. _____	386
Figura 171. Diagrama de puntos de observación de una cuenca visual. _____	387
Figura 172. Diagrama del terreno desde donde el aerogenerador es visible. _____	388
Figura 173. Mapa de visibilidad de los aerogeneradores y torres autosoportadas del proyecto. _____	391
Figura 174. Mapa de calidad intrínseca del paisaje. _____	397
Figura 175. Mapa de fragilidad intrínseca del paisaje. _____	403
Figura 176. Distribución de cinco usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000 y 2018. _____	408
Figura 177. Distribución del cambio de uso de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los periodos 1979-2000 y 2000-2018. _____	409
Figura 178. Tasa anual de cambio de uso de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los periodos 1979-2000 y 2000-2018. _____	410
Figura 179. Uso de suelo y vegetación para el SAR. _____	413
Figura 180. Cambios en las tasas de vegetación para el SAR. _____	415
Figura 181. Tasas de cambio para el área del Proyecto. _____	417
Figura 182. 4. Mapa de Integridad Ecosistémica de México (CONABIO 2004). (http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/). _____	419
Figura 183. Integridad ecosistémica del SAR del Proyecto Parque Eólico Chicxulub. _____	421
Figura 184. Matriz de cribada para la identificación de impactos del Proyecto “Parque Eólico Chicxulub”. _____	433
Figura 185. _____	442
Figura 186. Uso de suelo y vegetación del Sistema Ambiental Regional. _____	469
Figura 187. Distribución de cinco usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000 y 2018. _____	471
Figura 188. Cambio de uso de suelo y vegetación del SAR. _____	472
Figura 189. Distribución del cambio de uso de suelo en el SAR para los periodos 1979-2000 y 2000-2018. _____	473
Figura 190. Tasa anual de cambio de uso de suelo en el SAR para los periodos 1979-2000 y 2000-2018. _____	474

Figura 191. Cambio de uso de suelo y vegetación para el área del Proyecto. _____	476
Figura 192. Erosión laminar del SAR del Parque Eólico Chicxulub, bajo distintos escenarios. _____	485
Figura 193. Jerarquía de las medidas de prevención y mitigación. _____	488
Figura 194. Enfoque para la mitigación de los impactos (Rajvanshi, A.2008). _____	489
Figura 195. Especificaciones de patrones, para el señalamiento visual. _____	500
Figura 196. Modelo de torre meteorológica que prescinde de cables para su instalación. _____	501
Figura 197. Swan Fligh Diverter colocado en un cable de línea de transmisión en la Reserva de Abberton, Reino Unido. (Tomado de Frost 2008). _____	502
Figura 198. Disuasor de vuelo espiral o Salvapájaros (BFD). _____	503
Figura 199. Disuasores de vuelo espiral o espiral salvapájaros (BFD) colocados en los cables de líneas de transmisión. (http://www.eskom.co.za/content/App4E.pdf). _____	503
Figura 200. Dispositivo salvapájaros tipo aspa vertical (http://www.larioja.com/prensa/20070506/sociedad/definen-mejor-modelo-salvapajaros_20070506.html) _____	504
Figura 201. Disuasores FireFly (BFD). (www.pr-tech.com). _____	505
Figura 202. Disuasores FireFly (BFD) instalados en las líneas de transmisión en Isla Staten, California (Tomado de Yee 2007). _____	505
Figura 203. Vegetación y uso del suelo para el SAR. _____	531
Figura 204. Distribución de cinco usos de suelo en el SAR, para los años 1979, 2000 y 2018. _____	537
Figura 205. Proyección de las tendencias actuales de cambio hipotético de uso de suelo en superficie (ha) a 34 años en el Área de Influencia sin la introducción del proyecto. _____	538
Figura 206. Mapa de cambio de uso de suelo y vegetación para el área del proyecto. _____	540
Figura 207. Proyección de las tendencias actuales de cambio hipotético de unidades ambientales en superficie (ha) a 35 años en el SAR, incluyendo el Proyecto. _____	542
Figura 208. Relaciones causales entre impactos mitigados y sus medidas en la etapa de preparación del sitio y construcción. _____	543
Figura 209. Relaciones causales entre impactos esperados y sus medidas propuestas, nótese la interrelación en más de una medida que actúa sobre el impacto. _____	544
Figura 210. Alturas de vuelo de las aves dentro del área de influencia y la franja de alerta emitida por las medidas de disuasión y evasión para evitar colisiones. _____	545
Figura 211. Relaciones entre las medidas propuestas para disminuir el riesgo de colisión. _____	546

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

I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

I.1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

Proyecto “Parque Eólico Chicxulub”.

I.1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Parque Eólico Chicxulub y sus obras asociadas como su línea de transmisión, se ubicarán dentro de los municipios de Motul, Ixil y Progreso en el estado de Yucatán. En la *Figura 1* se muestra la delimitación del área del proyecto.

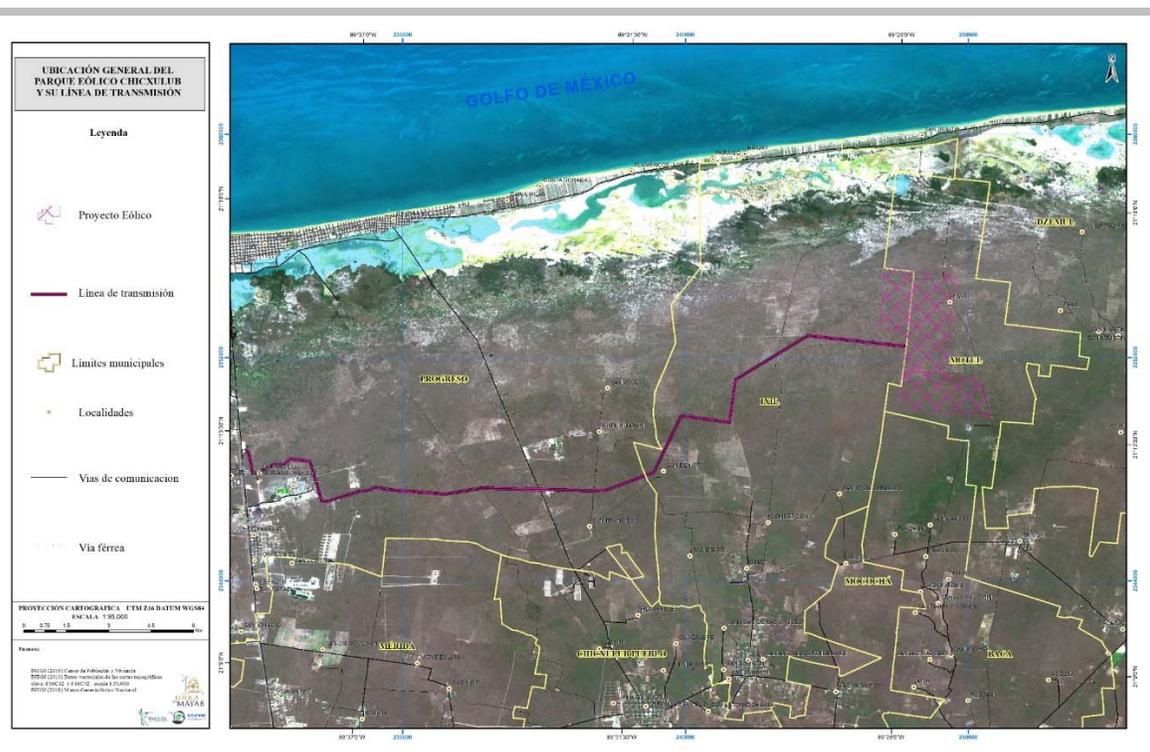


Figura 1. Área del Proyecto y línea de transmisión del Parque Eólico Chicxulub.

I.1.3 DURACIÓN DEL PROYECTO

La vida útil del Proyecto es de 30 años.

I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

I.2.1 NOMBRE O RAZÓN SOCIAL

Eólica del Mayab, S.A.P.I. de C.V.

I.2.2 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES DEL PROMOVENTE

EMA150130RMA (Anexo)

I.2.3 NOMBRE Y CARGO DEL REPRESENTANTE LEGAL

Miguel Carrasco García (Anexo Identificación)

I.2.4 DIRECCIÓN DEL PROMOVENTE O DE SU REPRESENTANTE LEGAL PARA RECIBIR U OIR NOTIFICACIONES.

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

I.2.5 NOMBRE DEL CONSULTOR QUE ELABORÓ EL ESTUDIO.

Instituto de Ecología, A.C.

I.2.6 REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES O CURP

IEC 750807 1B2 (Anexo)

I.2.7 NOMBRE DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO.

[REDACTED] (Anexo INE – Cédula)

I.2.8 DIRECCIÓN DEL RESPONSABLE TÉCNICO DEL ESTUDIO

- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]
- [REDACTED]

ESTA HOJA FUE
DEJADA
EN BLANCO
INTENCIONALMENTE

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

II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO, PLAN O PROGRAMA

II.1.1 NATURALEZA DEL PROYECTO

De entre las distintas fuentes de energía, las renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. Las energías renovables son una alternativa a la reducción en el impacto negativo que generan la producción y consumo de energía; actualmente suministran el 20% de la energía en el mundo (World Watch 2004), el otro 80% es producido principalmente por petróleo, carbón y gas natural.

Un estudio denominado “Impactos Ambientales de la Producción de Electricidad” (AUMA, 2000) auspiciado por varias dependencias gubernamentales españolas analiza qué tipo de energía es más o menos lesiva para el medio ambiente. Los impactos analizados están distribuidos en doce categorías: calentamiento global, disminución de la capa de ozono, acidificación, eutrofización, radiaciones ionizantes, contaminación por metales pesados, sustancias carcinógenas, niebla de verano, niebla de invierno, generación de residuos industriales, residuos radiactivos y agotamiento de los recursos energéticos. Las conclusiones del estudio son que las energías renovables tienen 31 veces menos impactos que las convencionales (*Cuadro 1*). Los resultados, expresados en ecopuntos (más ecopuntos mayor es el impacto) son los siguientes:

Cuadro 1. Impactos ambientales de la producción eléctrica.

TECNOLOGÍAS	ECOPUNTOS
Minihidráulica	5
Eólica	65
Gas natural	267
Nuclear	672
Carbón	1356
Petróleo	1398
Lignito	1735

Nota: El mayor número de ecopuntos supone mayor impacto. Fuente: IDAE, CIEMAT, APPA Y CC.AA.

II.1.2 JUSTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DEL SITIO

El parque eólico se proyecta en una zona que reúne los siguientes requisitos:

- Recurso eólico adecuado
- Capacidad y punto de evacuación de la energía eléctrica producida
- Viabilidad urbanística y paisajística
- Viabilidad social
- Viabilidad ambiental

Una de las principales formas de conseguir la minimización ambiental de una nueva infraestructura es la de analizar y plantear diferentes alternativas, de manera que, tras un análisis previo y una corroboración en campo, se pueda conseguir un emplazamiento sostenible y técnicamente viable.

Para ello, se han establecido una serie de criterios, tanto técnicos como medioambientales, para la ponderación y selección de la alternativa final.

Los criterios generales para realizar la construcción del parque eólico son (*Cuadro 2*):

Cuadro 2. Criterios para elegir el sitio del parque eólico.

CRITERIO	COMENTARIO
Recurso eólico	El análisis del recurso eólico es imprescindible para el desarrollo del Proyecto, por lo que será uno de los factores primordiales a monitorear durante la primera etapa de implementación del Proyecto.
Caminos de Acceso	Por la naturaleza del Proyecto se requerirá de la construcción de caminos de acceso, así como del montaje de la infraestructura necesaria para la puesta en marcha, dicha infraestructura se describe en el presente documento.
Viabilidad Ambiental	Por la naturaleza del Proyecto se considera amigable con el medioambiente, toda vez que la generación de residuos es mínima, y no se emiten gases de efecto invernadero al ambiente.
Red Eléctrica	Una de las restricciones para el desarrollo de este tipo de proyectos renovables es la capacidad de interconexión a alguna subestación o línea de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), misma que existe.
Socio-Económico	Los Municipios en el cual se pretende desarrollar el Proyecto se consideran con ciertos rezagos económicos y sociales, donde se requiere el impulso y el desarrollo económico, por lo que la generación de nuevos empleos presenta una oportunidad para ello, unidos a los ingresos provenientes del parque eólico y las obras sociales durante la vida del proyecto.

II.1.3 UBICACIÓN FÍSICA Y DIMENSIONES DEL PROYECTO

II.1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El Parque Eólico Chicxulub y sus obras asociadas como su línea de transmisión, se ubicarán dentro de los municipios de Motul, Ixil y Progreso en el estado de Yucatán y cuyas coordenadas geográficas, se muestran en el siguiente apartado (*Figura 2*).

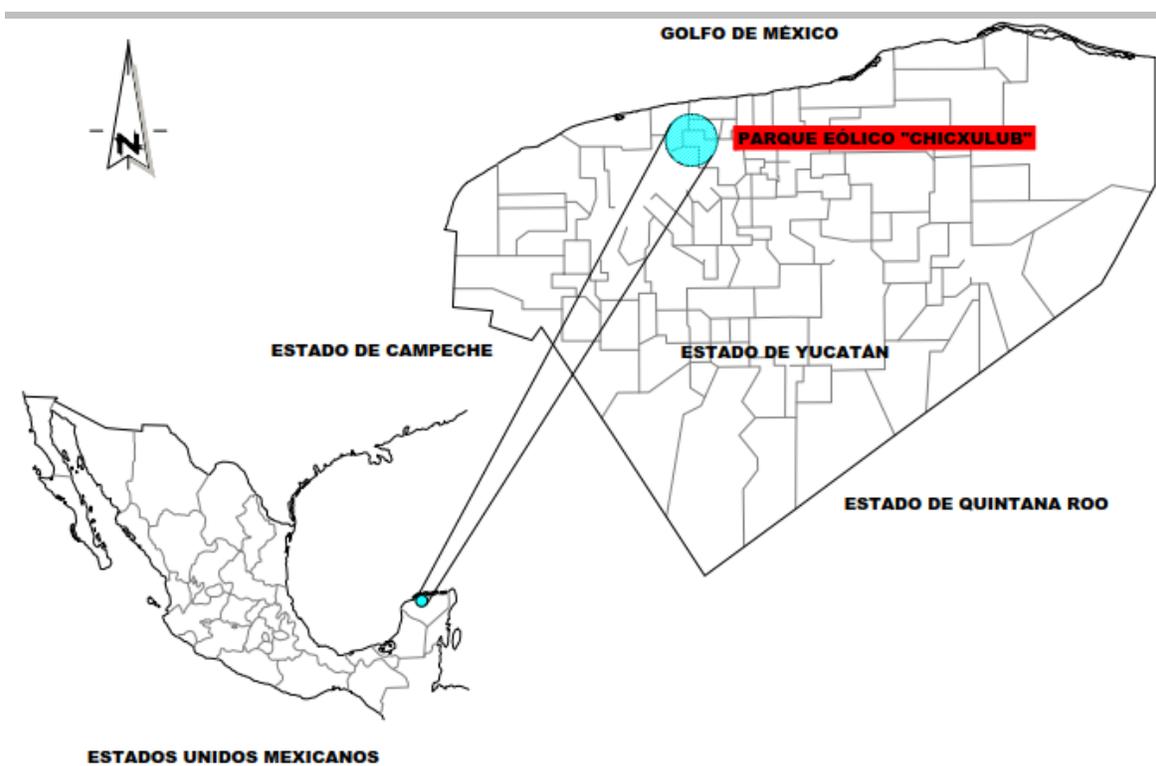


Figura 2. Ubicación geográfica del Proyecto Eólico Chicxulub.

Los terrenos del parque eólico se ubican 37 km al noreste de Mérida, en el estado de Yucatán, situados 5 km al sur de la costa del Golfo de México, entre las poblaciones de Progreso y Telchac Puerto, con una superficie de 1156.68 hectáreas. Adicionalmente la línea de transmisión ocupará una superficie de 57.16 hectáreas que incluye el derecho de vía, así mismo, su coordenada de inicio se ubica en X: 247,819.63 m y Y: 2,352,389.24 m y su coordenada final en X: 224,432.91 m y Y: 2,348,640.61 m ambos puntos en una proyección UTM zona 16 Norte.

Topográficamente, el área de estudio se encuentra en una zona llana, muy próxima a la costa. La altitud media de la zona es de 7 m.s.n.m.

En la *Figura 3* se muestra ubicación de la zona de estudio con referencia a las localidades cercanas, el *Cuadro 3* y la *Figura 4* indica los vértices que conforman los predios del proyecto así como la coordenada inicial y final de la línea de transmisión.

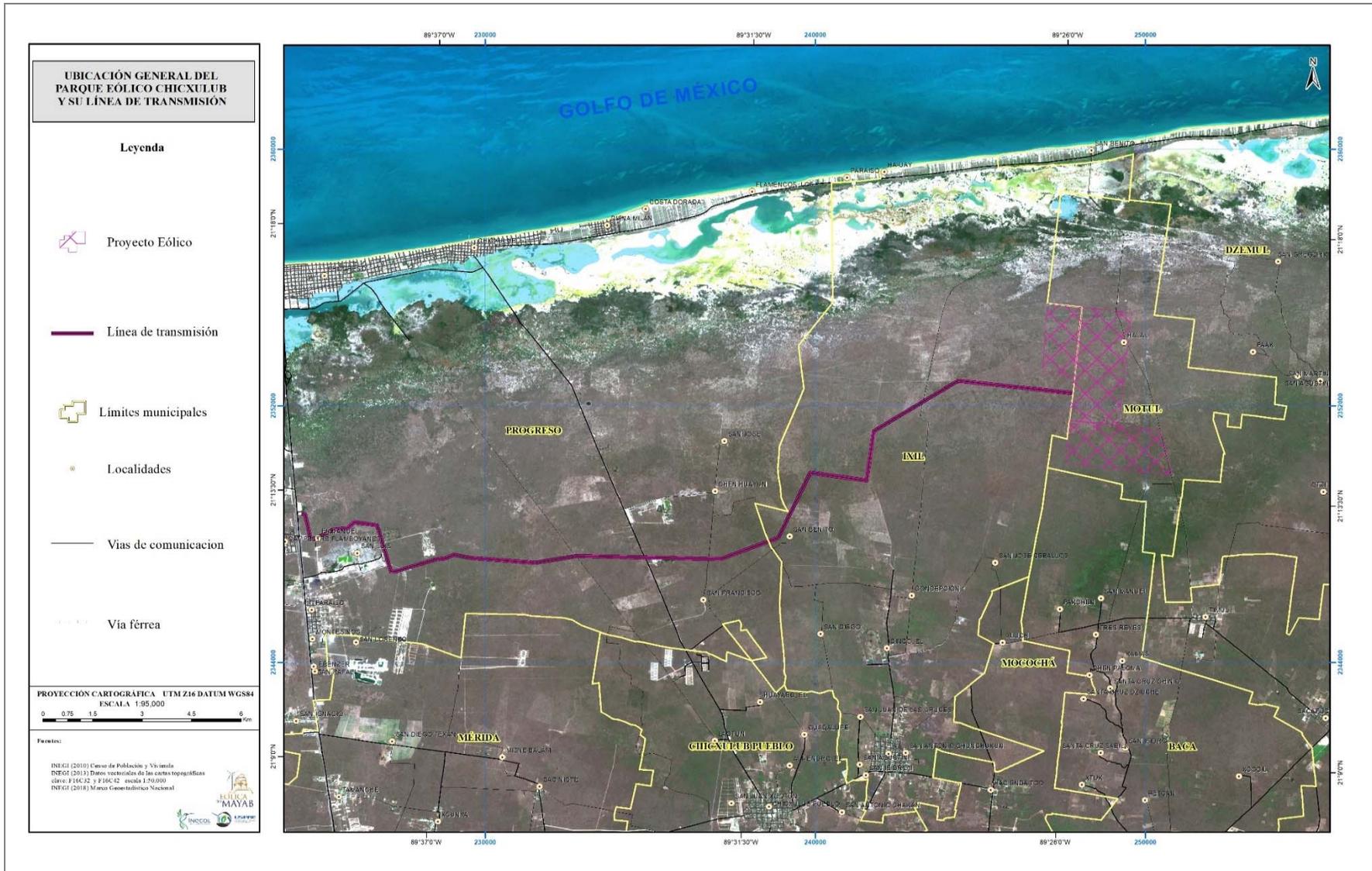


Figura 3. Ubicación general del Parque Eólico Chicxulub respecto a los municipios y localidades cercanas.

Cuadro 3. Coordenadas de los polígonos que integran el predio del parque eólico.

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 16 NORTE			
Predio	Vértice	X	Y
Predio 1	P1-1	247837.92	2352842.08
	P1-2	246884.04	2353086.44
	P1-3	247025.32	2355188.44
	P1-4	248084.34	2355078.03
	P1-5	247837.92	2352842.08
Predio 2	P2-1	248083.80	2355072.73
	P2-2	249111.66	2354959.45
	P2-3	249585.74	2354902.39
	P2-4	249384.80	2353164.40
	P2-5	249384.92	2353163.87
	P2-6	247890.33	2353317.52
	P2-7	248083.80	2355072.73
Predio 3	P3-1	247890.33	2353317.52
	P3-2	249384.92	2353163.87
	P3-3	249235.03	2351872.17
	P3-4	249189.94	2351524.34
	P3-5	249173.88	2351401.46
	P3-6	247697.32	2351554.19
	P3-7	247837.92	2352842.08
	P3-8	247890.33	2353317.52
Predio 4	P4-1	250442.67	2351244.71
	P4-2	250828.14	2349830.78
	P4-3	247580.00	2350215.17
	P4-4	247717.13	2351536.90
	P4-5	250442.67	2351244.71

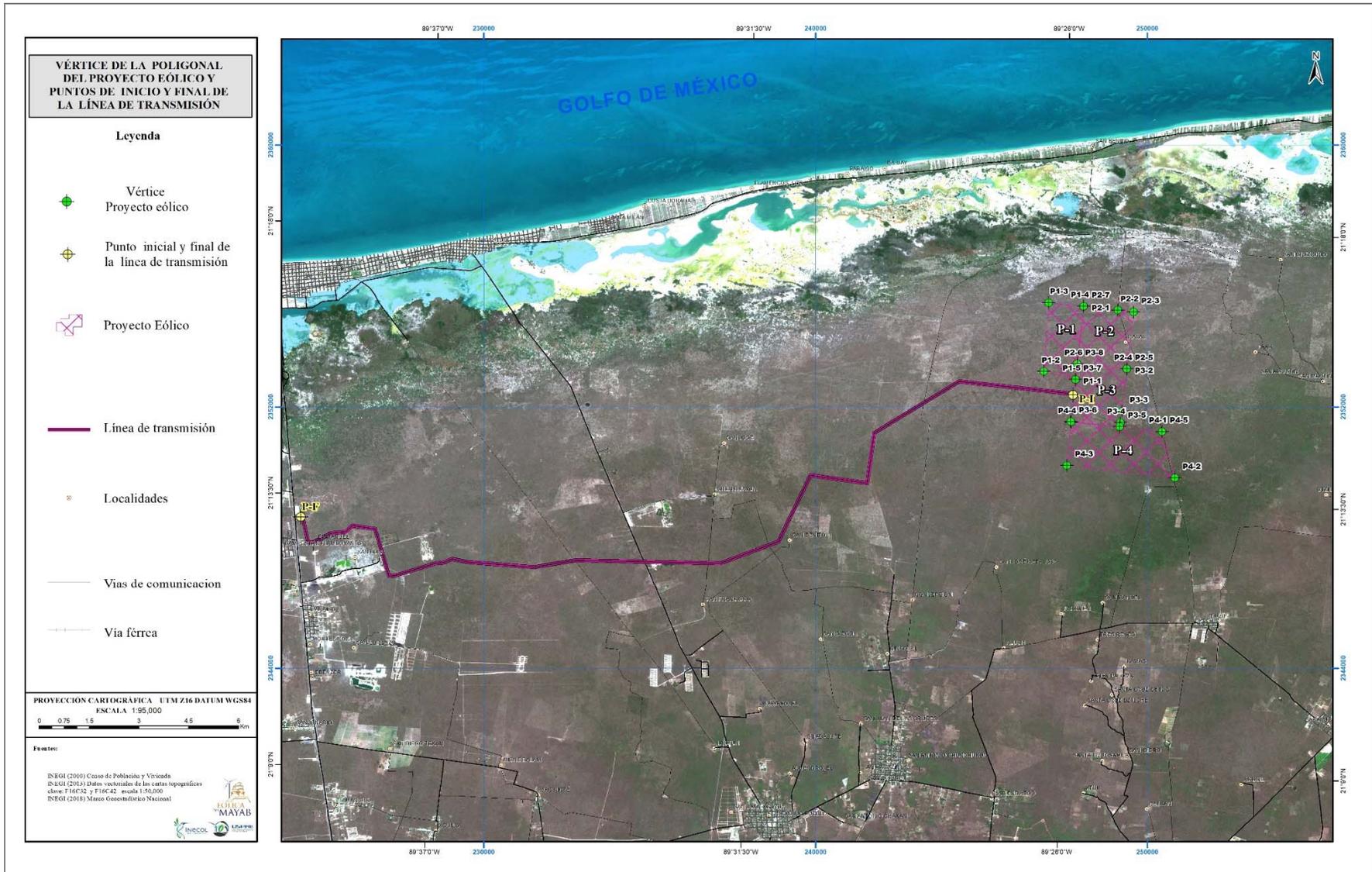


Figura 4. Vértices de los polígonos que conforman el predio del Parque Eólico Chicxulub.

El parque eólico, estará compuesto por 20 aerogeneradores (*Cuadro 4 y Figura 6*) con una potencia de 3.57 MW cada uno (potencia total de 71.40 MW), los cuales estarán ubicados de la siguiente manera:

Cuadro 4. Coordenadas de localización de los aerogeneradores.

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 16 NORTE					
AEROGENERADOR	X	Y	AEROGENERADOR	X	Y
WTG01	249482	2354821	WTG11	247077	2354705
WTG02	249447	2354429	WTG12	247049	2354315
WTG03	249403	2354027	WTG13	247025	2353925
WTG04	249351	2353614	WTG14	246993	2353550
WTG05	249308	2353200	WTG15	246978	2353165
WTG06	249257	2352788	WTG16	247897	2352609
WTG07	249207	2352372	WTG17	247860	2352186
WTG08	249155	2351961	WTG18	247808	2351761
WTG09	249106	2351548	WTG19	247792	2351302
WTG10	247107	2355097	WTG20	247755	2350806

El acceso al parque se acometerá a través de un entronque que estará situado en el kilómetro 6 de la carretera federal 176, la cual va del tramo entre el puerto de Chicxulub y el propio municipio de Chicxulub. Este camino de acceso al parque coincidirá en planta con el trazado de la línea de transmisión, que parte desde la subestación de San Ignacio situada sobre la carretera Mérida-Progreso, hasta la subestación elevadora del parque eólico Chicxulub. A continuación, se muestra la ubicación del entronque (*Figura 5*) (plano en detalle en el Anexo):



Figura 5. Ubicación de acceso y entronque al Parque Eólico Chicxulub.

Por su parte, la línea de transmisión partirá desde la ya existente subestación de San Ignacio de CFE, y terminará en la subestación elevadora que se construirá a la entrada del parque.

La línea, irá apoyada a lo largo de 76 torres de transmisión eléctrica (*Cuadro 5*). En la *Figura 5* se pueden observar la posición de cada una de ellas, y en la siguiente tabla se recoge su ubicación:

Cuadro 5. Coordenadas de localización de las torres para la línea de transmisión.

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 16 NORTE					
TORRE	X	Y	TORRE	X	Y
T - 1	224432	2348640	T - 39	236772.1	2347227.3
T - 2	224539	2348598	T - 40	237118	2347220
T - 3	224623.4	2348207	T - 41	237413	2347330.2
T - 4	224695	2347875	T - 42	237787.7	2347470.2
T - 5	224861	2347868	T - 43	238162.5	2347610.2
T - 6	225121	2348004	T - 44	238537.3	2347750.2
T - 7	225381	2348140	T - 45	238882	2347879
T - 8	225824	2348183	T - 46	239052	2348238.2
T - 9	226026	2348364	T - 47	239223.2	2348599.7
T - 10	226377	2348315	T - 48	239394.4	2348961.2
T - 11	226728	2348267	T - 49	239565.5	2349322.8
T - 12	226828.3	2347879.8	T - 50	239736.7	2349684.3
T - 13	226943.2	2347496.5	T - 51	239844	2349911
T - 14	227050.8	2347111.2	T - 52	240240.1	2349855
T - 15	227142	2346831	T - 53	240636.1	2349799
T - 16	227527.9	2346936.4	T - 54	241032.2	2349743
T - 17	227913.7	2347041.9	T - 55	241556	2349669
T - 18	228299.6	2347147.3	T - 56	241610.7	2350065.2
T - 19	228685.4	2347252.7	T - 57	241665.3	2350461.5
T - 20	229045	2347351	T - 58	241720	2350857.7
T - 21	229443	2347311.3	T - 59	241768	2351206
T - 22	229841	2347271.5	T - 60	242053.9	2351381.9
T - 23	230239.1	2347231.8	T - 61	242394.6	2351591.5
T - 24	230637.1	2347192	T - 62	242735.3	2351801.1
T - 25	231035.1	2347152.3	T - 63	243075.9	2352010.7
T - 26	231509	2347105	T - 64	243416.6	2352220.3
T - 27	231903.7	2347169.6	T - 65	243757.2	2352429.9
T - 28	232298.5	2347234.3	T - 66	244097.9	2352639.5
T - 29	232773	2347312	T - 67	244323	2352778
T - 30	233172.9	2347303.5	T - 68	244720.5	2352733.8
T - 31	233572.8	2347295.1	T - 69	245118.1	2352689.6
T - 32	233972.7	2347286.6	T - 70	245515.6	2352645.3
T - 33	234372.6	2347278.1	T - 71	245913.2	2352601.1

COORDENADAS UTM DATUM WGS-84 ZONA 16 NORTE					
TORRE	X	Y	TORRE	X	Y
T - 34	234772.6	2347269.7	T - 72	246310.7	2352556.9
T - 35	235172.5	2347261.2	T - 73	246708.3	2352521
T - 36	235572.4	2347252.7	T - 74	247105.8	2352476.8
T - 37	235972.3	2347244.3	T - 75	247503.4	2352432.5
T - 38	236372.2	2347235.8	T - 76	247865.7	2352384.2

El proyecto está compuesto por una serie de elementos, algunos de los cuáles serán permanentes mientras que otros tendrán carácter provisional.

Elementos permanentes

Línea de transmisión

La línea de transmisión tendrá un derecho de vía de 20 metros con una longitud de 28.59 km, caracterizada de la siguiente forma:

- 12.32 km de línea desde la subestación de San Ignacio de CFE al entronque de carretera federal 176 (km 6) con el camino de acceso. Se prevé la construcción de caminos para el mantenimiento de la misma con un ancho total de 8 metros.
- 16.27 km de línea desde el entronque a la subestación elevadora del parque, dentro de la cual se encuentra proyectada el acceso al parque de 8 metros de ancho de superficie de rodadura. De toda la longitud, únicamente 87 metros se encuentran dentro del polígono del área del proyecto.
- La línea de transmisión consta de 76 torres eléctricas, cuyas plataformas tendrán unas dimensiones de 15 x 15 metros, de las cuales:
 - 2 torres de remate, 1 al principio de la línea de transmisión y otra al final.
 - 17 torres de deflexión, situadas en los quiebrros de la línea.
 - 57 torres de suspensión, para la sujeción de la línea.

Parque eólico

El diseño del Parque Eólico Chicxulub contará como caminos interiores de 6 metros de ancho de superficie rodante. Cunetas de 1 metro de ancho a cada lado de los caminos interiores (a excepción de los tramos en plataformas y cimentaciones). Zanjas para la media tensión de 1 metro de ancho a un lado del camino (a excepción de los tramos en plataformas y cimentaciones, pues en dichas áreas se pasarán de manera subterránea). Espacio de paso a maquinaria de colocación de cableado de media tensión, de 2 metros de ancho a un lado del camino interior (obra provisional).

Además de los caminos y cunetas, el parque albergará 20 aerogeneradores, cuyas zonas se estructurarán de la siguiente manera:

- Cimentación de 19.50 metros de diámetro, excavada a una profundidad de 2.50 metros.
- Plataforma de 36 x 45.50 metros.
- Subestación eléctrica elevadora a la entrada del parque de 65 x 105 metros.

Subestación San Ignacio

Ampliación de la subestación existente 50 metros hacia el norte (5,000 m²). Medidas actuales: 60 x 100 metros, medidas futuras: 110 x 100 metros.

Elementos provisionales

- Zona de ensamblaje de la grúa de 19 x 70 metros.
- Zona de acopio, obras y oficinas, las cuales quedan desglosadas de la siguiente manera:
 - 3 zonas de faenas de 100 x 70 metros cada una.
 - Campamento de 100 x 60 metros
- Espacio de paso a maquinaria de colocación de cableado de media tensión, 2 metros de ancho a un lado de los viales internos.

II.1.3.2 DIMENSIONES DEL PROYECTO

El proyecto requiere el desarrollo de una serie de elementos, los cuales están ubicados sobre terrenos que en conjunto abarcan una superficie de 1156.68 hectáreas. A demás de ello, también se contempla la construcción de una línea de transmisión con una longitud de 28.59 km.

El proyecto está compuesto por tres partes diferentes:

- 1) La subestación de CFE de San Ignacio, sobre la cual habrá que ejecutar una ampliación para que se cumplan las especificaciones requeridas de CFE. Las dimensiones actuales de la subestación son de 60 x 100 m, la cual se ampliará en 50 metros hacia el norte, resultando de esta manera una subestación final de 110 x 100 m, con una superficie extra de 0.5 hectáreas.
- 2) La línea de transmisión que parte desde la ya existente subestación de CFE de San Ignacio, hasta la subestación elevadora ubicada a la entrada del parque. Tal y como se ha explicado en el anteriormente, la línea de transmisión posee una longitud de 28.59 km. A lo largo de toda la línea, existirá un derecho de vía de 20 metros de ancho. La superficie del derecho de vía de toda la línea de transmisión será de 57.16 hectáreas.

- 3) Un parque eólico de 20 aerogeneradores de 3.57 MW de potencia unitaria cada uno que requerirá la construcción de caminos internos, cimentaciones, plataformas y otras obras asociadas.

El polígono que alberga el Parque Eólico Chicxulub, contiene tanto elementos y/o obras permanentes como provisionales. La suma de estos componentes, conocida como superficie de proyecto del parque, es de 79.43 hectáreas (72.34 permanentes y 7.09 provisionales). De esta manera, en lo que concierne al predio del parque eólico, únicamente se verá afectada un 1.83% (21.18 ha) de su superficie total (1156.68 ha).

En los siguientes *Cuadro 6*, *Cuadro 7* se recoge el desglose de las áreas permanentes y provisionales afectadas:

Cuadro 6. Superficies ocupadas por obras permanentes.

OBRAS PERMANENTES	LONGITUD (M)	SUPERFICIE (M ²)	SUPERFICIE (HA)
Parque eólico			
Caminos internos (6 m ancho)	10168.19	60993.63	6.10
Subestación eléctrica elevadora (105 x 65 m)	-	6825.02	0.68
Plataforma de maniobras (20 unidades de 36 x 45.5 m)	-	31247.72	3.12
Cimentación (20 unidades de 19.5 m de diámetro + 1 m de resguardo + 9 m de terraplén)	-	13602.55	1.36
Zanja de media tensión (1 m de ancho a un lado del camino)	8807.23	8760.70	0.88
Cuneta (1 m de ancho en ambos lados del camino)	18318.17	18170.62	1.82
Totales	37293.59	139600.24	13.96
Línea de transmisión			
Longitud línea de transmisión	28591.75	-	-
Derecho de vía (20 m de ancho)	28601.54	571660.66	57.16
Caminos de mantenimiento y acceso al parque eólico (8m de ancho sobre el derecho de vía, solo se muestra la superficie que no se ubica sobre el derecho de vía)	28212.39	7289.40	0.72
Plataformas de torres autoportadas (76 unidades de 15 x 15 m sobre el derecho de vía)	-	Comparte superficie con el derecho de vía	Comparte superficie con el derecho de vía
Totales	28,601.54	578,950.06	57.88
Ampliación Subestación San Ignacio (50 x 100m)	-	5000	0.5

OBRAS PERMANENTES	LONGITUD (M)	SUPERFICIE (M ²)	SUPERFICIE (HA)
Total general	65,895.13	723,550.3	72.34

Cuadro 7. Superficies a ocupar por obras provisionales.

OBRAS PROVISIONALES	LONGITUD (M)	SUPERFICIE (M ²)	SUPERFICIE (HA)
Parque eólico			
Plataforma de ensamble de la grúa (20 unidades de 19 x 70 m)	-	26,560.30	2.65
Zona de traslado para la máquina de colocación del cableado de media tensión (2 m de ancho al lado de la zanja de media tensión)	8,740.51	17381.15	1.74
Campamentos, zona de acopio, oficinas, etc.	-	27,000	2.7
Totales	8,740.51	70941.45	7.09

En la *Figura 6* se muestran los predios y la infraestructura del proyecto en relación con las obras permanentes y temporales.

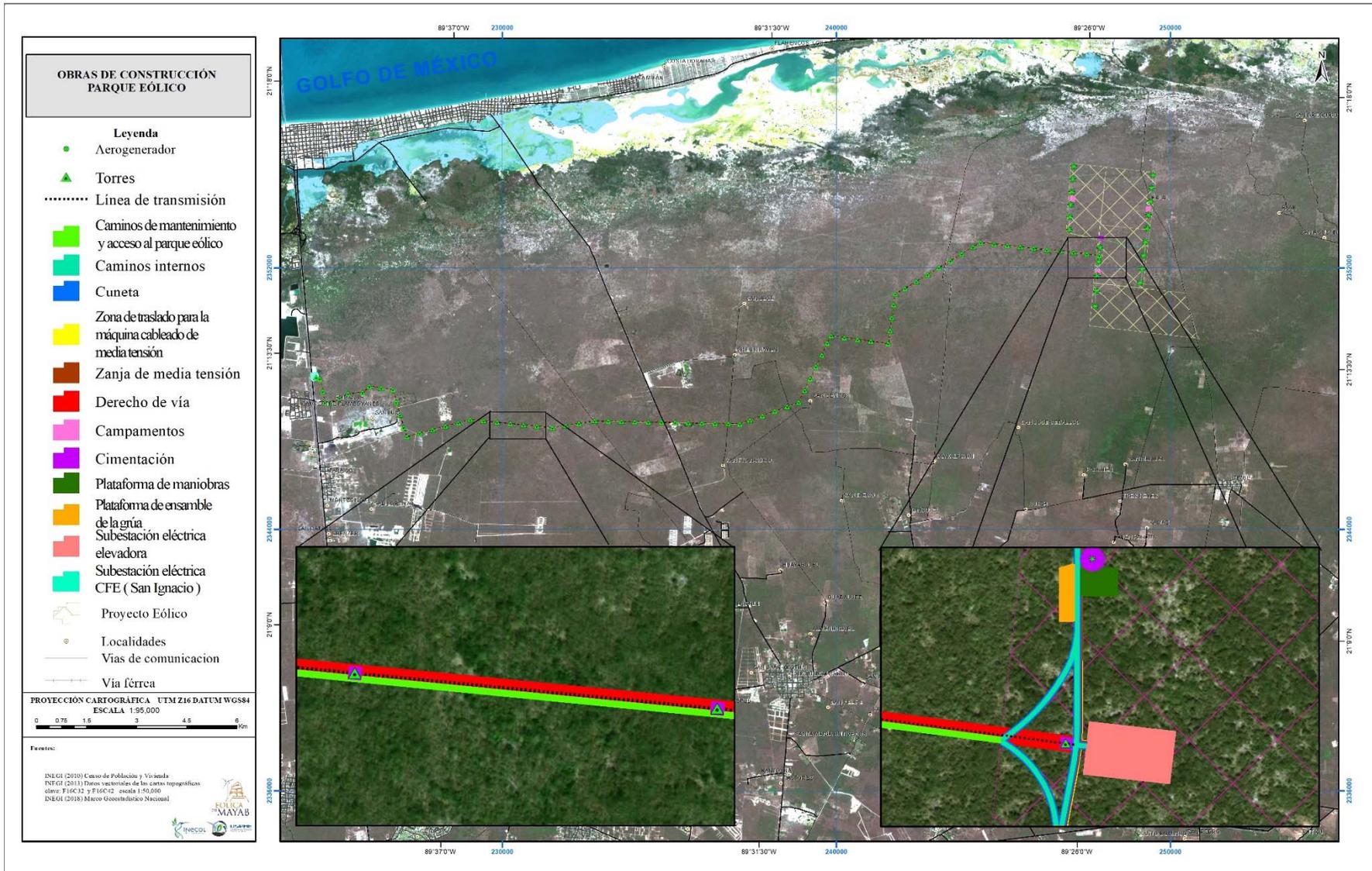


Figura 6. Obras permanentes y temporales del Parque Eólico Chicxulub.

Superficie a afectar (m²) con respecto a la cobertura vegetal del área del Proyecto

Las superficies a afectar de la cobertura vegetal por las obras permanentes del proyecto y por tipo de comunidad vegetal existente en el predio se pueden ver en el *Cuadro 8* y *Cuadro 9*.

Cuadro 8. Superficies de afectación permanente respecto a la cobertura vegetal (m²).

TIPO DE COBERTURA	CAMINOS INTERNOS	SE ELEVADORA	PLATAFORMA DE MANIOBRAS	CIMENTACIÓN AEROGENERADOR	ZANJA DE MEDIA TENSIÓN	CUNETA	DERECHO DE VÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN (INCLUYE LAS PLATAFORMAS DE TORRES AUTOSOPORTADAS)	CAMINOS DE MANTENIMIENTO Y ACCESO (SE MUESTRA SOLAMENTE LA SUPERFICIE QUE NO COINCIDE CON EL DERECHO DE VÍA)	AMPLIACIÓN SE SAN IGNACIO	TOTAL
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	11,940.04	-	4,625.90	1,778.20	1,797.30	3,727.10	17,8477.05	1,536.15	-	203,881.74
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	49,053.59	6,825.02	26,621.81	11,824.35	6,963.40	14,443.52	390,047.95	5,753.25	2,355.18	513,888.07
Desprovisto de vegetación	-	-	-	-	-	-	2,642.25	-	-	2,642.25
Urbano - Infraestructura	-	-	-	-	-	-	493.39	-	2,644.81	3,138.20
Totales	60,993.63	6,825.02	31,247.71	13,602.55	8,760.7	18,170.62	571,660.64	7,289.4	4,999.99	723,550.26

Cuadro 9. Superficies de afectación temporal respecto a la cobertura vegetal (m²).

TIPO DE COBERTURA	PLATAFORMA DE ENSAMBLE	ZONA TRASLADO MAQUINA COLOCADORA CABLEADO MEDIA TENSIÓN	CAMPAMENTOS , ZONAS DE ACOPIO, OFICINAS	TOTAL
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	4,151.34	3,580.32	2,668.55	10400.21
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	22,408.95	13,800.82	24,331.44	60541.21
Totales	26,560.29	17,381.14	26,999.99	70,941.42

Uso del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del Proyecto y sus colindancias

De acuerdo con la Clasificación supervisada de una imagen de satélite Sentinel 2-B del año 2018, en las inmediaciones del sitio donde se pretende construir el Proyecto Eólico Chicxulub se puede encontrar Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia, Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia, Pastizal y Sabana (*Figura 7*).

Según las actividades que se observan en el sitio seleccionado para el proyecto y sus colindancias, el uso común o regular que se le da al suelo del área considerada para el proyecto, es predominantemente forestal y mínimamente para la cacería de especies como el venado, no existiendo actividades agropecuarias extensivas.

A pesar de no existir ganadería extensiva, cabe hacer mención que existe ganado mostrenco disperso en las inmediaciones.

Respecto a los cuerpos de agua presentes en la zona, se puede mencionar que debido a la conformación litológica del sitio (rocas calizas con procesos de karst) la presencia de agua superficial es muy escasa, encontrándose solamente algunos ojos de agua muy dispersos los cuales coinciden con el nivel freático.

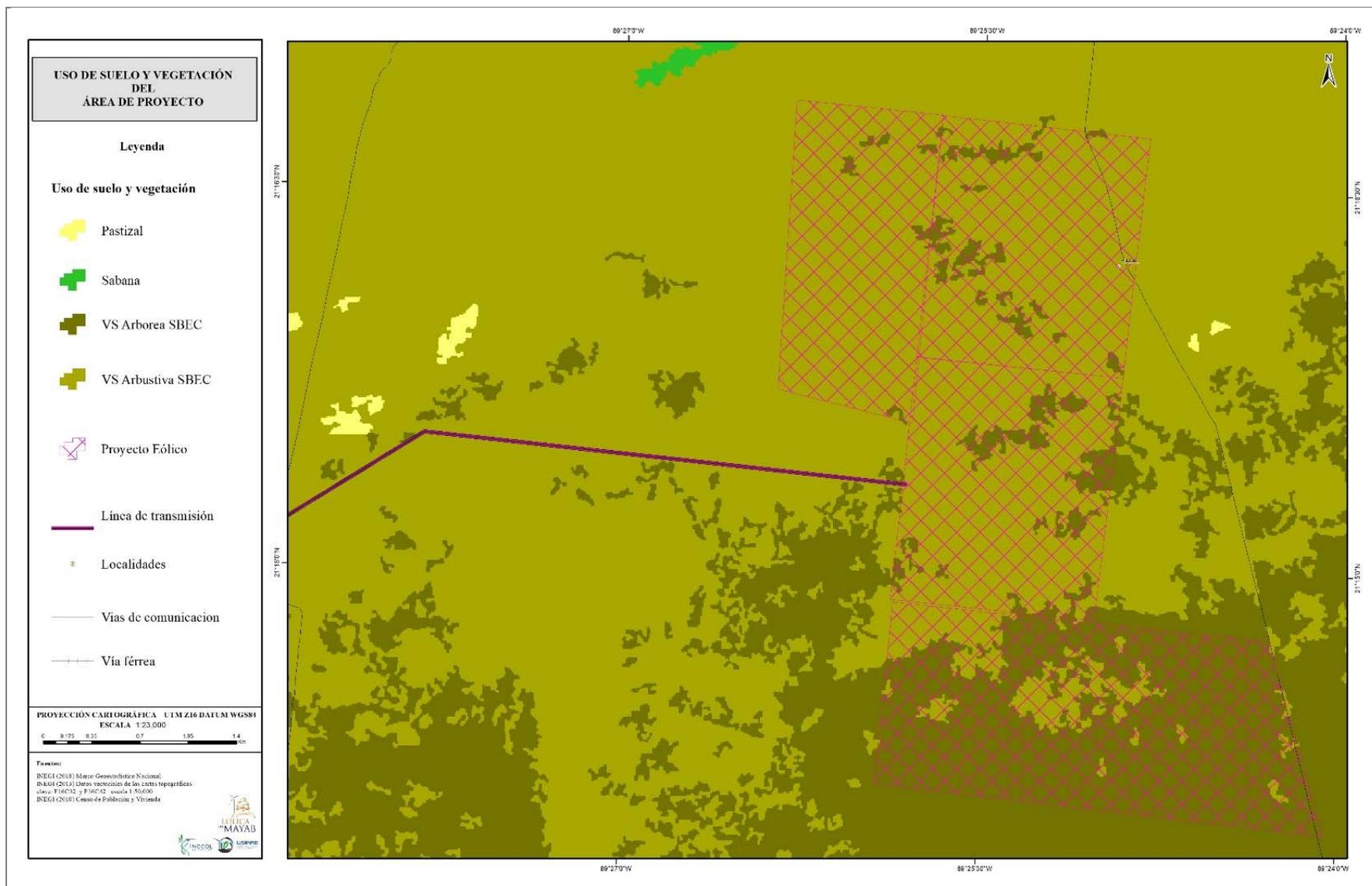


Figura 7. Uso de suelo y vegetación en las inmediaciones del Parque Eólico Chicxulub y su línea de transmisión.

Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

Durante la fase de construcción del parque y en su etapa de operación se requerirá de los siguientes servicios:

Telefonía local y de larga distancia. Este servicio puede ser proporcionado por una compañía que ofrezca esos servicios de forma inalámbrica. En la zona se tiene cobertura de diversas empresas que ofrecen estos servicios.

Se requerirá interconectividad para obtener el servicio de acceso a Internet. Igualmente, este servicio podrá ser contratado con algún proveedor.

Para la transmisión de datos requeridos para la gestión y administración eléctrica del propio parque, se contará con servicio de fibra óptica que será montada sobre la misma línea de Transmisión que requerirá la Comisión Federal de Electricidad para la evacuación de la energía del parque.

Independientemente de lo antes mencionado también será necesario en los edificios y oficinas:

Agua para los baños fría y caliente, suficientes interruptores y enchufes en la corriente y frecuencia normal. La potencia mínima contratada para las instalaciones es de 6 KVA.

Las protecciones de los edificios deben constar de un interruptor general y de diferentes circuitos para cubrir y proteger las facilidades del edificio. Los equipos informáticos y de comunicaciones deben ser protegidos de sobretensión con una capacidad de cortocircuito de 45/15 kA. Los enchufes de la pared para elementos protegidos deberán ser identificados con el color rojo. Todas las habitaciones deberán disponer de, al menos, 8 interruptores, salvo los baños y la sala de celdas, que pueden tener un mínimo de 4.

Los edificios estarán acondicionados con bombas de calor o frío en función de las condiciones ambientales locales.

El exterior del edificio y el parque intemperie deben estar iluminados con luz proyectada.

La protección contra descargas (Pararrayos) debe proteger adecuadamente tanto al/los edificios/ como a la zona en intemperie.

Además, será necesaria una sala de residuos la cual será zona separada del resto de las áreas del edificio y con acceso independiente con un tamaño aproximado de 16m².

Se construirá una cisterna de agua de material impermeabilizado o bien se utilizará un depósito subterráneo de fibra habilitado para tal fin. La tapa de la cisterna estará elevada respecto al suelo para evitar la contaminación por entrada de agua del exterior.

La bomba de agua no debe estar subterránea para facilitar el mantenimiento de la misma y debe disponer de un sistema de tratamiento primario de agua, así como de un hidrómetro para poder medir el consumo de agua de la instalación. Para evitar problemas de contaminación del agua, se instalará una bomba de dosificación de cloro con un tambor de 50 litros para la mezcla con el agua.

Para el acceso a las cajas de agua situadas en el tejado de la instalación se colocará una escalera fija en la pared del edificio, que sea desmontable en la parte inferior para evitar alcanzar el techo por intrusos.

El tamaño del depósito será de 3000 litros.

También será necesaria una fosa séptica de acuerdo con la normativa vigente.

Se diseñará un estacionamiento que estará anexa al edificio, en una zona sin inclinación, y con la identificación de los estacionamientos de forma que el vehículo se estacione perpendicular a la zona de inclinación.

Finalmente será necesaria una zona asignada para el almacenamiento de repuestos para el que tendrá unas dimensiones de 150 m². Acondicionada e iluminada y constará de estanterías y tendrá capacidad para gestionar elementos pesados. Será necesaria que la puerta esté a nivel del suelo o conste de una pequeña rampa para la entrada de componentes de manera segura.

Inversión requerida

El proyecto tiene un costo total de inversión de 2,163,277,000 MXN que incluye el parque eólico de 71.40 MW, la subestación de transformación elevadora y la línea de transmisión en 115kV.

En cuanto a los costes de operación y mantenimiento, se estima en 1,428,000 MXN / aerogenerador – año, a lo que habría que añadir, los costes del mantenimiento de la obra eléctrica (subestación de transformación elevadora, línea de transmisión, etc.) y civil (caminos fundamentalmente), costes de arrendamiento de terrenos, seguros, administración y gestión, etc.

El elevado coste de inversión requiere que el proyecto funcione adecuadamente durante toda su vida útil estimada en 30 años por lo que se solicita un periodo de vigencia del resolutivo de al menos 30 años.

II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

II.2.1 PROGRAMA DE TRABAJO

El programa de trabajo del proyecto Parque Eólico Chicxulub, contempla una duración de 14 meses, de los cuales se estiman:

- 6 meses para la preparación del sitio
- 10 meses para la etapa de construcción, la cual comenzará después de los primeros 2 meses de la primera etapa.
- 2 meses de pruebas de puesta en marcha de subestación y aerogeneradores.

En el *Cuadro 10* puede observarse el cronograma de las etapas de construcción del parque eólico. La vida útil del proyecto está considerada en 30 años, sin embargo, se considera que con el mantenimiento preventivo adecuado se puede extender la vida útil del mismo.

Por este motivo, el mantenimiento preventivo de los aerogeneradores será realizado por personal especializado mensualmente al inicio de la actividad de operación del parque y posteriormente de forma semestral.

Cuadro 10. Cronograma de trabajo.

ETAPAS	MESES															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15-360
1. Desarrollo																
Gestión de permisos	■															
2. Preparación del sitio																
Replanteo general		■														
Traslado de maquinaria y equipos		■														
Uso de maquinaria y equipos		■	■	■	■	■	■									
Apertura de caminos de acceso (parque y línea).		■	■	■	■	■										
Desmante y Despalme			■	■	■	■	■									
Movimiento de tierras			■	■	■	■	■									
Firme y perfilado de cunetas			■	■	■	■										
3. Construcción																
Colocación y construcción de infraestructura provisional				■	■											
Uso de maquinaria y equipos				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Excavación de cimentaciones				■	■	■	■									
Construcción de la cimentación						■	■	■	■							
Montaje de aerogeneradores								■	■	■	■	■	■	■		
Ampliación de Subestación de CFE San Ignacio				■	■	■	■									
Infraestructura red eléctrica de media tensión				■	■	■	■	■	■							
Montaje red eléctrica de media tensión						■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Construcción de instalaciones de las torres de medición					■	■										
Construcción de la línea de transmisión						■	■	■	■	■	■	■				
Construcción de la subestación eléctrica					■	■	■	■	■							
4. Operación y mantenimiento																
Pruebas y puesta en marcha de la subestación														■	■	
Pruebas y puesta en marcha del parque														■	■	
Mantenimiento de toda la infraestructura																■
Mantenimiento de los caminos																■
5. Desmantelamiento																
Desmantelamiento de infraestructura																
Limpieza de superficies																

II.2.2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA REGIONAL

El proyecto se llevará a cabo en la península de Yucatán, sobre el estado de Yucatán en México, a 5 km al Sur de la costa del Golfo de México y en las inmediaciones de los municipios de Motul, Ixil y Progreso. Las zonas urbanas más importantes que se encuentran cercanas al área del proyecto son Mérida, Progreso, Motul, Dzemul y Telchac.

La *Figura 8* muestra el proyecto dentro del contexto regional, como una medida de las dimensiones entre el área del Proyecto y SAR (el cual se presenta en el capítulo IV).



Figura 8. Contexto regional del parque eólico Chicxulub en la península de Yucatán.

II.2.3 REPRESENTACIÓN GRÁFICA LOCAL

En la *Figura 9* se muestra la representación gráfica local del proyecto con respecto a los municipios en los que se encuentra y las localidades presentes en las inmediaciones.

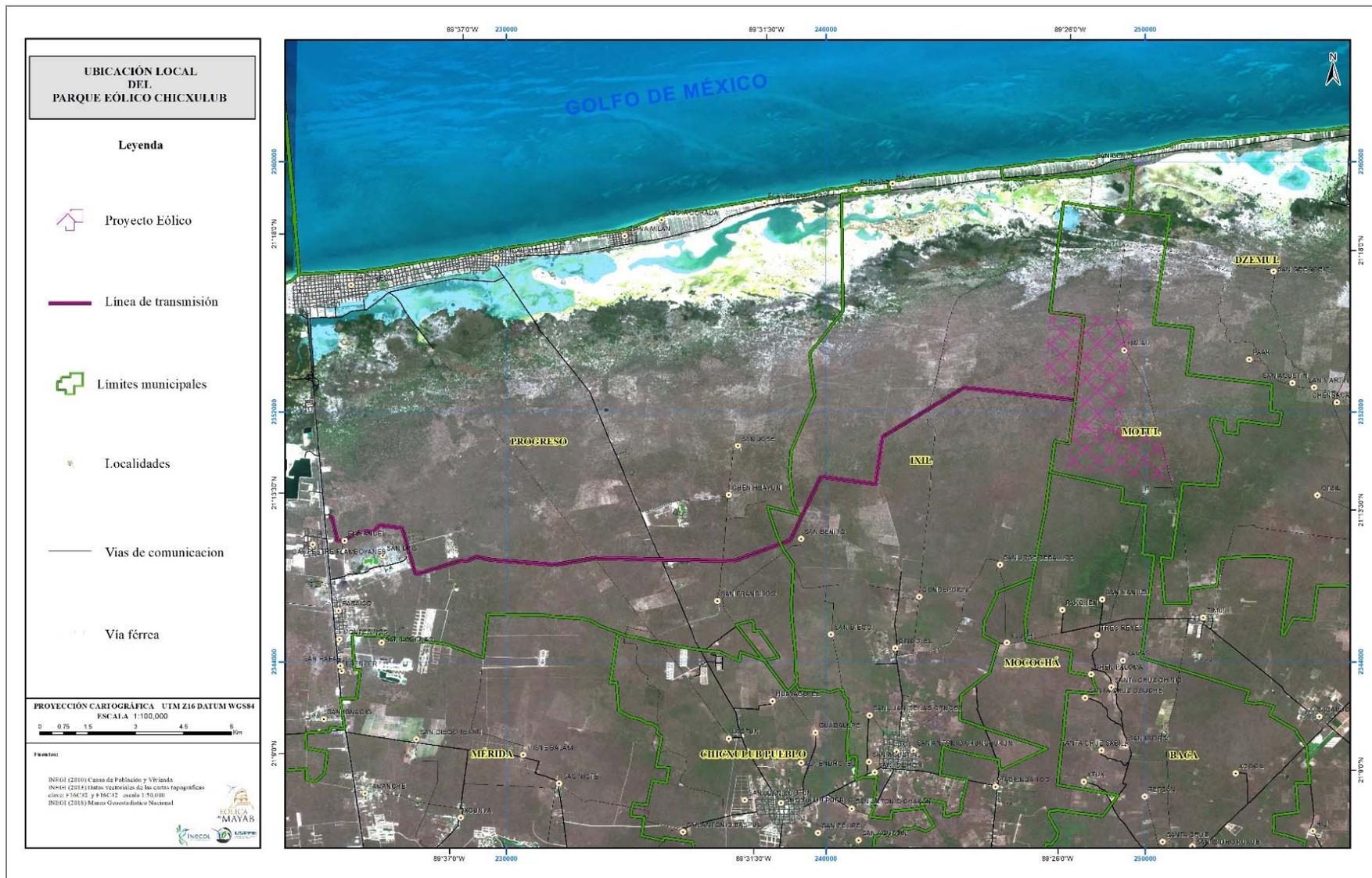


Figura 9. Ubicación local del predio del Parque Eólico Chicxulub y su línea de transmisión.

II.2.4 PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

II.2.4.1 PREPARACIÓN DEL SITIO

A continuación, se describen brevemente las principales actividades que se realizarán para la preparación y replanteo de la subestación y la instalación de los aerogeneradores.

» Replanteo general

El replanteo tiene por objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica de la obra. Durante la realización de estos trabajos no se va a afectar el entorno por ser actividades donde no se requiere equipos y maquinarias pesadas. Únicamente se utilizarán equipos de topografía como estaciones totales que irán definiendo y estableciendo puntos georreferenciados en el terreno requerido para el parque eólico para ubicar las instalaciones que se van a construir.

» Traslado de maquinaria y vehículos

Para la construcción de viales, plataformas y excavación de cimentaciones y zanjas se empleará maquinaria de distinta naturaleza: motosierra/desbrozadora, retroexcavadora, pala cargadora, bulldozer, motoniveladora, dumper, compactadora y martillo hidráulico.

» Desmontes y despalme

Será necesario realizar el despalme de la capa superficial del suelo removiendo la vegetación existente y la capa vegetal. Esta actividad se realizará con maquinaria pesada tal como retroexcavadoras, bulldozer y palas cargadoras. La capa a remover es muy superficial debido al tipo de suelo, por lo que el despalme será de 15 centímetros. En total será una superficie de **70,483.65 m³ a despaltar**. En el siguiente *Cuadro 11* se recogen los elementos susceptibles de desmonte/despalme y sus correspondientes volúmenes:

Cuadro 11. Superficie afectada por el desmonte y despalme de la obra.

ELEMENTOS AFECTADOS POR EL DESPALME	SUPERFICIE AECTADA (m ²)	VOLUMEN (m ³)
Parque eólico		
Viales internos	70,128.00	10,519.20
Subestación eléctrica elevadora	6,825.00	1,023.75
Plataforma de maniobras (20 unidades)	27,594.00	4,139.10
Cunetas	13,669.00	2,050.35
Zanjas media tensión	22,246.00	3,336.90
Plataformas de ensamblaje de la grúa (20 unidades)	10,558.00	1,538.70
Espacio de paso a maquinaria de colocación de cableado de MT	21,116.00	3,167.40
Zona de acopio, obras y oficinas	25,000.00	3,750.00
Subtotal Parque Eólico	222,311.00	33,346.65
Línea de transmisión		
Camino de mantenimiento (desde SE a entronque)	98,560.00	14,784.00
Camino de acceso al parque (desde el entronque)	130,160.00	19,524.00
Plataforma	13,860.00	2,079.00
Subtotal Línea de Transmisión	242,580.00	36,387.00
Subestación San Ignacio		
Ampliación subestación (50 x 100 m)	5,000.00	750.00
Subtotal Línea de Trasmisión	5,000.00	750.00
TOTAL	469,891.00	70,483.65

» Excavaciones

Las excavaciones requeridas, serán prácticamente para la realización de las cunetas, de las zanjas de media tensión, y de las cimentaciones de los aerogeneradores y torres de línea de transmisión.

Para la ejecución de esta actividad se utilizarán retroexcavadoras con martillo hidráulico y pilotadoras, las cuales excavarán a diferentes profundidades en función del elemento. En el siguiente *Cuadro 12* aparecen recogidos los volúmenes a excavar (ha de tenerse en cuenta los 15 centímetros de material retirados previamente en el proceso de despalme), los cuales alcanzan una cifra de **27,330.47 m³**.

Cuadro 12. Superficie afectada por la excavación.

ELEMENTOS A EXCAVAR	SUPERFICIE AFECTADA (m ²)	ALTURA DE ESCAVACIÓN (m)	VOLUMEN (m ³)
Parque eólico			
Cimentaciones de aerogeneradores (20 unidades)	7,602.67	2,35	17,866.28
Cunetas	22,246.00	0,15	3,336.90
Zanjas media tensión	10,558.00	0,35	3,639.30
Subtotal Parque Eólico	40,406.67		24,898.47
Línea de Trasmisión			
Cimentaciones de torres (76 unidades – 32 m cada unidad)			2,432
Subtotal Línea de Trasmisión			2,432
TOTAL			27,330.47

La mayor parte del material extraído en las excavaciones podrá ser utilizado en la misma obra para la nivelación del terreno y consolidación del camino.

» Rellenos

Teniendo en cuenta la naturaleza de la orografía de la zona, la cual es prácticamente llana, no se prevé la necesidad de uso de rellenos para las obras de viales y plataformas.

No obstante, para la correcta ejecución de las cimentaciones será preciso el uso de rellenos. Se estima que se requieren alrededor de 1,780 m³ de relleno por cada cimentación, por lo que el total de éste que se precisará será de unos **35,600 m³**.

» Firme y perfilado de cunetas

La realización del firme será empleando materiales no asfálticos, tipo zahorra compactada de 25 cm de espesor allá por donde transite la maquinaria; esto es, en los viales internos del parque y en los caminos de acceso a éste.

Por su parte, los caminos de mantenimiento (que parten desde la SE de San Ignacio al entronque con la carretera federal 167), únicamente tendrán 15 cm de espesor, debido a los requerimientos a nivel de esfuerzos a los que será sometido.

En total, en volumen de zahorra compactada para la ejecución de todas las obras será de **64,856 m³**. En el siguiente *Cuadro 13* viene reflejado el desglose de las cantidades:

Cuadro 13. Superficie a ocupar por caminos.

OBRAS	LONGITUD (m)	SUPERFICIE (m ²)	ALTURA DE FIRME (m)	VOLUMEN DE FIRME (m ³)
Parque eólico				
Viales internos (Superficie rodante de 6 m de ancho)	11,688	70,128	0.25	17,532
Subtotal Parque Eólico				17,532
Línea de Transmisión				
Caminos de mantenimiento (desde SE maniobras a entronque – 8 m)	12,320	98,560	0.15	14,784
Camino de acceso al parque (desde el entronque a SE elevadora – 8 m)	16,270	130,160	0.25	32,540
Subtotal Línea de Transmisión				47,324
TOTAL				64,856

La ejecución de cunetas y pasos de agua, tendrán como consecuencia la conducción y evacuación del agua de lluvia a ambos lados del camino. En todo caso se preservará el discurso de las aguas de escorrentía por sus cursos naturales.

» Dragados y desviación de cauces

No se prevé la realización de dragados ni la desviación de cauces, únicamente se contemplan obras de drenaje para la protección del camino.

II.2.4.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Disciplina civil

En este rubro se describirá las obras permanentes, asociadas y sus correspondientes actividades de construcción.

Construcción de viales y cunetas

Esta etapa comprenderá la construcción tanto los viales internos del parque, como los de acceso a éste y mantenimiento.

En principio, atendiendo a las condiciones topográficas de la zona, se prevé que la construcción de éstos se haga sobre un terreno llano, por lo que no se espera que haya que hacer una nivelación de los terrenos con el fin de evitar cambios de rasantes bruscos. Asimismo, no se ha proyectado la ejecución de desmontes y terraplenes para esta fase.

De esta manera, para la construcción de los viales, en primer lugar, se ejecutará un despulme de los primeros 15 cm de tierra vegetal. A continuación, se procederá a la colocación de un firme

compuesto por 25 centímetros de material con características de base y sub-base, con su posterior compactación.

En el caso de las cunetas (las cuales sólo se contemplan junto a los viales de dentro del parque), también se despalmarán 15 centímetros, y lo siguiente será la excavación de tierras dejando un espacio triangular de 1 m de ancho y 30 cm de alto. Por último, se procederá a perfilar y acondicionar las citadas cunetas.

Como restricciones geométricas se han tomado:

Construcción de plataformas y zonas de acopio

Junto a cada aerogenerador se prevé construir un área de maniobra, a la que se denominará plataforma de montaje, necesaria para la ubicación de grúas y camiones empleados en el izado y montaje del aerogenerador.

Para el diseño de las plataformas de montaje de los 20 aerogeneradores se han tomado unas características suficientes para el paso los vehículos, la maniobrabilidad de los mismos y la necesidad de superficie libre para el acopio de los materiales.

En las plataformas se distingue por un lado la zona de trabajo de vehículos y grúas, cuyas dimensiones aproximadas serán de 36 x 45.50 m y, por otro, la zona de acopio de los distintos componentes del aerogenerador para que puedan ser izados por las grúas desde la plataforma, con dimensión aproximada de 19 x 70 m (Plano).

La preparación del suelo para la construcción de la plataforma de montaje y la zona de acopio de materiales será similar a la de los caminos internos, pero con una capacidad de carga mayor, comprendiendo las mismas actividades (replanteo, desbroce, y conformación del firme mediante una buena compactación y riego).

Cimentaciones

Para el proyecto del Parque Eólico de Chicxulub, se ha previsto ejecutar las cimentaciones mediante la modalidad de jabalcones. Este concepto de cimentación propuesta entra dentro del tipo de cimentación superficial por gravedad – como lo hacen la mayoría de las cimentaciones de aerogeneradores – donde las condiciones y la calidad del terreno no son válidas para una cimentación anclada y una cimentación profunda con pilotes no se requiere.

El principal aspecto diferenciador comparado con otros sistemas de cimentación por gravedad es el amplio uso de terreno natural como peso propio estabilizante.

Además, la solución introduce la prefabricación de parte de la cimentación que permite una mejora del nivel de industrialización tanto para la producción como para los procesos de construcción en sitio. Otra ventaja añadida es que este tipo de solución dotará de 5 metros extra al aerogenerador.

Como se puede observar en la *Figura 10*, la cimentación propuesta se compone de tres elementos principales: la losa inferior – rigidizada por nervios radiales y, si se necesita, una viga perimetral circunferencial de borde – los jabalones prefabricados y un anillo central con una losa superior donde se dispone la típica conexión pretensada para la torre de acero.



Figura 10. Propuesta de cimentación.

La losa inferior de las cimentaciones (de 19.50 m de diámetro) en el PE Chicxulub irá colocada a una profundidad de 2.50 m, de cara a no tener problemas con el nivel de agua freática. Ésta, se estima a una profundidad de 3.30 m, dejando de esta manera unos 0.80 m de variabilidad para evitar inconvenientes futuros.

En cuanto al proceso constructivo, una vez finalizados el despalme (15 cm) y la excavación hasta los 2.50 m, se verterá una solera de hormigón de limpieza en el fondo de la excavación. A continuación, se colocará el armado de la cimentación, todo él a base de redondos de acero corrugado, y posteriormente, las bridas y pernos de anclaje y los contrafuertes de hormigón pretensado.

Una vez hecho esto, se instalará el encofrado perimetral para la base cilíndrica procediéndose a la primera fase de hormigonado. Posteriormente se realizará el encofrado y posterior hormigonado del pedestal cilíndrico.

Una vez finalizado el hormigonado se procederá a rellenar el hueco libre de la excavación con material procedente de la misma hasta enterrar 2.50 m de la cimentación, y procediéndose a su compactado. En la zapata se empotran anillos de acero denominados virolas donde posteriormente se atornillan las torres de los aerogeneradores.

A continuación, se muestran fotos del procedimiento de construcción de los aerogeneradores (Figura 11):



Figura 11. Procedimiento de cimentación de los aerogeneradores.

Aerogenerador

El Proyecto contempla 20 aerogeneradores, de 3.57 MW de potencia unitaria, los cuales cuentan con 3 aspas, una velocidad de rotación de 4.9-12.0 rpm, el radio del rotor es de 75 metros, con una altura de 157 metros, un ancho máximo de aspa de 4.2 metros y una inclinación de -10 a 95 grados.

- La Torre. En torre es donde se sustentan todas las piezas en conjunto del aerogenerador, la cual es una torre tubular de acero, fabricada en secciones unidas con bridas atornilladas en cada uno de sus extremos que son unidas por pernos “in situ”. Las torres son tronco-cónicas.
- La Nacelle o Góndola. Contiene los componentes claves del aerogenerador, incluyendo el multiplicador y el generador eléctrico. Durante la etapa de ensamble se posicionan los componentes de los aerogeneradores sobre la plataforma de montaje. Para esta actividad se emplearán una grúa principal encargada del izado de los elementos, y una grúa auxiliar más pequeña, para la descarga de las piezas y las retenidas de volteo

- Durante esta etapa se deben de realizar las siguientes actividades con el fin de que el montaje sea seguro y los aerogeneradores queden funcionando adecuadamente
 - Inspección de las cimentaciones
 - Preparación de las placas de anclaje
 - Recepción e inspección de los pernos
 - Preparación de los pernos
 - Recepción e inspección de las secciones de la torre
 - Recepción e inspección del transformador
 - Recepción e inspección de los armarios de control
 - Recepción e inspección de las celdas de baja tensión
 - Recepción e inspección de la góndola
 - Recepción e inspección del buje de las palas
 - Ubicación de grúas y equipos de montaje
 - Descarga de pernos
 - Descarga de góndola
 - Descarga de palas
 - Descarga del buje
 - Descarga y posicionamiento de los transformadores
 - Preparación de la góndola
 - Preparación de los bujes y de las palas
 - Instalación y ajuste de las palas
 - Montaje y levantamiento de las secciones de la torre
 - Instalación de la góndola
 - Instalación del rotor
 - Subida de cables desde el tramo 3° de la torre hasta la góndola
 - Bajada de cables desde el tramo 3° de la torre hasta el cuadro de Baja Tensión y panel de control
 - Ajuste de pernos

La turbina cuenta con un sistema de monitoreo de condiciones, elevador personal de servicio, funcionamiento a baja temperatura hasta -30°C , supresión de incendios, detección de sombras, una escotilla en la cima para la entrada de aire, luces de aviación, marcas de aviación en las cuchillas. Trabaja bajo la denominación de potencial de viento IEC IIIB/IEC S. Durante la operación del aerogenerador se puede llegar a producir un máximo de 104.9 dB(A), los cuales van disminuyendo a medida que uno se aleja del aerogenerador. Este ruido es producido por la turbina en funcionamiento y por el movimiento de las aspas al cortar el aire.

El diseño mecánico se basa en tren de potencia con eje principal soportado por dos rodamientos esféricos que transmiten las cargas laterales directamente al bastidor a través de un caballete. Esto evita que la multiplicadora reciba cargas adicionales, con lo que se reducen las posibilidades de avería además de facilitar su servicio. Consta de un freno primario aerodinámico por puesta en banderas de las palas.

En la siguiente *Figura 12* se muestran los componentes y partes generales de los aerogeneradores actuales.

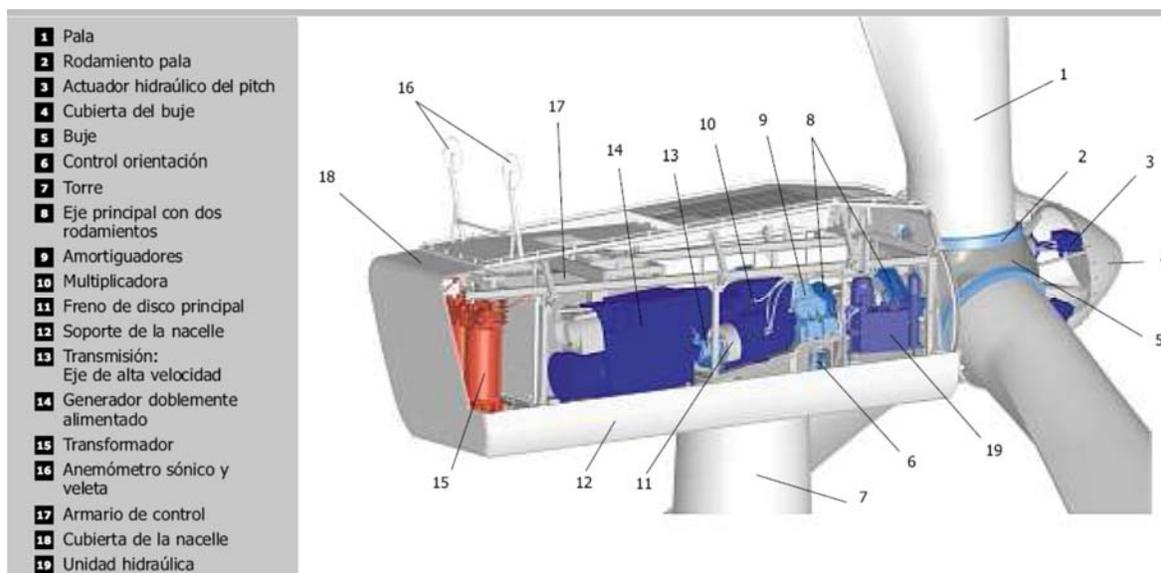


Figura 12. Componentes del generador.

Infraestructura y montaje de red eléctrica MT (apertura de zanjas, tendido, relleno, empalmes y conexiones).

Las zanjas tendrán por objeto alojar las líneas subterráneas de 34.5 kV, la línea de comunicaciones y la línea de tierra que interconecta todos los aerogeneradores del parque con la subestación transformadora del parque eólico.

Esta red de zanjas se tenderá en paralelo a los viales en el lado más cercano a los aerogeneradores, para facilitar la instalación de los cables y minimizar afecciones. Las zanjas tendrán una anchura mínima de entre 0.60 m y 0.80 m (variable en función del número de circuitos eléctricos que discurren por la misma) hasta 1 m de máximo, y una profundidad de hasta 0.50 m, con un lecho de arena silíceo de río de 0.10 m sobre el que descansarán los cables para evitar su erosión durante el tendido. Finalmente, la zanja se tapaná con relleno de tierras procedente de la excavación.

La conexión entre los aerogeneradores se realizará en cable de aluminio unipolar tipo XLPE, para una tensión nominal de 35 kV y aislamiento en polietileno reticulado, de secciones 240 y 500 mm².

Los conductores de la red de media tensión estarán dispuestos en zanjas directamente enterrados, agrupados por ternas. En cruces de caminos, carreteras y acceso de los conductores a los aerogeneradores, el tendido de los mismos se realizará alojados en tubos para su protección.

Subestaciones eléctricas

Por un lado, se encontrará la ya existente de San Ignacio, para la cual habrá que realizar una obra de ampliación consistente en alargar la parte más corta de la subestación 50 m hacia el norte. De esta manera la parte más larga permanecerá siendo de 100 m de longitud, mientras que la corta aumentará de 60 a 110 m. Por otro, se ha proyectado una subestación elevadora de 105x65 m a la entrada del polígono parque.

Al considerarse que el terreno sobre el que irán apoyadas es de naturaleza llana, únicamente se considera un despalme de 15 cm en la superficie, seguido del acondicionamiento y compactación del terreno.

Además, se prevén otras obras menores, como el cerramiento perimetral de las subestaciones, construcción de una pequeña red de drenaje de aguas pluviales mediante tuberías, y la instalación de edificio de celdas y control.

Línea de transmisión (incluidas torres)

La línea de transmisión de 28.6 km que parte de la subestación de San Ignacio y finaliza en la de la entrada del parque, se sostendrá sobre 76 torres, distanciadas a un máximo de 400 metros unas de otras.

La cimentación de las torres (medidas), consistirá en la realización de unos pilotes de 8 m³ de hormigón en cada uno de los 4 apoyos de las torres. Esta obra la realizará una pilotadora, y todo ello tendrá lugar sobre unas plataformas previamente construidas de 15x15 m. Estas plataformas tan solo necesitarán la ejecución de un despalme de 15 cm de capa de tierra vegetal.

Disciplina eléctrica

Esquema e instalaciones eololéctricas

En parque constará de un total de 20 generadores, de una potencia nominal de 3.57 MW cada uno de ellos, por lo que la potencia total instalada en el parque será de 71.40 MW.

La altura de la torre del aerogenerador será de 157 metros, por lo que añadiendo los 5 metros extras que proporcionará la cimentación de jabalcones, la altura total del aerogenerador resultará 162 m. Por su parte, el rotor tendrá un diámetro de 150 m.

El montaje comprende las siguientes fases: ensamblaje de los tramos de la torre, izado de la nacelle y ensamblaje del rotor e izado.

Subestaciones e instalaciones de interconexión

La subestación existente de San Ignacio (con su pertinente ampliación), será el punto de interconexión de la red del parque, la cual tendrá una tensión de 115 kV.

Por su parte, las características de la subestación elevadora serán de 115 kV /34.5 kV.

Tanto las subestaciones como la línea de transmisión se ejecutarán bajo los criterios establecidos por la CFE, con el fin de cumplir con el correcto cumplimiento de las exigencias marcadas.

II.2.4.3 DESCRIPCIÓN DE OBRAS Y ACTIVIDADES PROVISIONALES DEL PROYECTO

En el área del proyecto se construirán de manera temporal las instalaciones para el sustento de las actividades de preparación del sitio y construcción del parque eólico. Estas instalaciones temporales constan de la oficina de propiedad, oficina de contratista, almacén de contratista, almacén de materiales, almacén temporal de residuos peligrosos, almacén temporal de residuos sólidos urbanos, aseos, comedor y sala de reuniones.

Las dimensiones de las obras temporales, las cuales se instalarán en un área de servicios son de 1000 m², estos tendrán una temporalidad de 12 meses. El agua sanitaria no será potable, pues se utilizará el agua proveniente del servicio de pipas que serán contratadas para esto.

Campamentos y comedores

No se tiene contemplada la instalación de campamentos en la zona del predio, puesto que la mano de obra será contratada de las localidades cercanas al área del proyecto.

Almacenes y oficinas

El almacén temporal de residuos sólidos urbanos contará con un área delimitada de superficie aproximada de 105 m² y claramente señalizada, en la cual se instalarán contenedores de capacidad suficiente para atender la tasa de generación de este tipo de residuos. Estos contenedores se identificarán con un código de colores, estableciendo la pauta para la separación de los mismos y facilitar de esta manera el envío de los materiales reciclables hacia labores de esta naturaleza y los materiales no reciclables serán enviados al sitio de disposición final autorizado por el municipio. El

almacén temporal de residuos peligrosos será habilitado en un área aproximada de 105 m², la cual contará con todos los requerimientos establecidos en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Los almacenes de materiales de los contratistas serán habilitados con superficie de concreto e instalaciones contra la intemperie con una superficie aproximada de 150 m². Las oficinas se habilitarán con estructuras modulares prefabricadas, las cuales se instalarán sobre una plancha de concreto. Todas estas obras serán retiradas una vez terminadas las labores de construcción del Parque Eólico Chicxulub.

Talleres y patio de servicio

Los talleres y patios de servicio serán habilitados por los contratistas y estos tendrán igualmente una superficie de piso terminado de aproximadamente de 250 m². Todas las instalaciones de talleres y patios de servicio serán retiradas una vez terminadas las labores de construcción del parque eólico.

Cambios de lubricantes a maquinaria

Los cambios de lubricantes a la maquinaria se realizarán cuando estas lo requieran y se realizarán únicamente en la superficie designada dentro del área de servicios, la cual contará con el equipo necesario para la contención de derrames accidentales que pudiesen ocurrir al efectuar esta operación o bien en los talleres ya existentes en la población de Puerto Progreso.

Reparación de maquinaria

La reparación de la maquinaria se realizará cuando estas lo requieran y se realizará únicamente en el área designada dentro de los patios de servicio. Esto cuando se trate de un mantenimiento correctivo, puesto que el mantenimiento preventivo se realizará en un taller autorizado en las localidades de Puerto Progreso, Yucatán.

Apertura de préstamos de material

No se tiene contemplado en el proyecto la apertura de bancos de préstamo de material. El mismo material que se extraiga de las excavaciones para las cimentaciones de los aerogeneradores, será el mismo que se utilice para los rellenos y compactado de las obras civiles. Sin embargo, en caso de requerirse, se tiene contemplado para la etapa de construcción, la adquisición del material necesario de un banco de materiales autorizado en el municipio de Puerto Progreso o Chicxulub.

Planta de tratamiento de aguas residuales

No se tiene contemplado en el proyecto la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Para el servicio de sanitarios para los trabajadores y en las oficinas se tiene contemplado

la contratación de unidades sanitarias portátiles, a las cuales la empresa que los provea dará el mantenimiento necesario en los tiempos estipulados.

Disposición final de residuos sólidos

No se realizarán las labores de disposición final de residuos sólidos en el predio, sino que se contratará el servicio de recolección de los residuos sólidos, tanto urbanos como peligrosos, a una empresa autorizada por las autoridades correspondientes. En el caso de los residuos sólidos urbanos se utilizará el sitio dispuesto por las autoridades municipales de Puerto Progreso.

Obras de abastecimiento y almacenamiento de combustible

El abastecimiento de combustible se realizará mediante estaciones de servicio PEMEX ubicadas en la población de Chicxulub. En el área del patio de servicios se acondicionará una zona para el almacenamiento temporal de combustible. Esta zona contará con una superficie impermeable, obras de drenaje de contención que desemboquen hacia una fosa de contención de derrames con la capacidad igual al 100% del volumen máximo acumulado en un tambo de 200 litros.

II.2.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La etapa de operación y mantenimiento se mantendrá a lo largo de toda la vida útil del proyecto.

Los principales servicios que se realizaran en las instalaciones tanto aerogeneradores como en las subestaciones son las siguientes:

- **MANTENIMIENTO PROGRAMADO:** Los objetivos buscados en el mantenimiento programado son: la reparación de componentes con tiempo de ejecución controlada, una mayor previsión en recursos humanos y materiales, optimización de la reparación buscando la solución más adecuada (retrofit), conseguir una pérdida de producción baja. Para la realización del mantenimiento programado se seguirán las instrucciones del fabricante, que normalmente indicará cada cuanto tiempo hay que revisar sus componentes, o también se podrá elaborar un plan de mantenimiento programado basado en observaciones propias de cómo se comportan las instalaciones.
- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** El mantenimiento preventivo, es una metodología sobradamente conocida e implantada en todo el espectro industrial, por sus buenos resultados, que mediante la medida, análisis y control de niveles de vibración y otros parámetros, permite:

1. Reducir drásticamente los costes de mantenimiento.

2. Reducir el número de averías imprevistas.
3. Aumentar la disponibilidad de los equipos y/o planta.

La correcta aplicación de esta metodología del mantenimiento preventivo a los aerogeneradores está permitiendo, mediante la consecución de los tres objetivos básicos reseñados anteriormente, garantizar una operación óptima de los parques eólicos. El potencial de esta técnica ha permitido, durante la recepción y período de garantía de los parques, identificar precozmente averías debidas a defectos de diseño en componentes esenciales de los aerogeneradores.

- **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Hace referencia a intervenciones de los equipos de mantenimiento no programadas o de emergencia. El alcance de las reparaciones del mantenimiento correctivo incluye la reparación o sustitución de la totalidad o parte de los equipos defectuosos.

II.2.6 DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO DE LAS INSTALACIONES

Para el caso del proyecto eólico Parque eólico Chicxulub, no se considera una etapa de abandono respecto a la operación, ya que se trata de un proyecto con una vida útil permanente. La operación de los aerogeneradores de acuerdo a sus características están diseñados para durar de 30 años (vida útil del proyecto). Sin embargo, el funcionamiento adecuado del parque eólico dependerá tanto de las condiciones climáticas de la región, como del mantenimiento que sea realizado de manera óptima, ya que al paso del tiempo la maquinaria está sujeta al desgaste y a la posible rotura de componentes.

Cuando el proyecto este cercano al fin de la vida útil, principalmente de las turbinas, el promovente realizará una evaluación general de las condiciones del aerogenerador y se determinará que partes son las necesarias de repotenciar o de sustituir utilizando lo más nuevo en tecnología para ese tiempo, lo que propiciará una extensión de tiempo más sobre la vida útil del parque.

II.2.7 RESIDUOS

II.2.7.1 ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

Residuos sólidos no peligrosos

A continuación (*Cuadro 14 y Cuadro 15*) se presentan los principales residuos no peligrosos que serán generados durante las etapas de preparación del sitio y construcción del proyecto.

Cuadro 14. Residuos sólidos que serán generados.

RESIDUO	CARACTERÍSTICAS	DISPOSICIÓN FINAL
Producto de desmonte y despalme	Material vegetal mezclado con suelo arcilloso-rocoso	De ser posible se esparcirá en los terrenos aledaños, se utilizará para cubrir los caminos o será enviado a un sitio autorizado.
Material de excavación	Arcilloso – rocoso	Se utilizará como material de relleno, restauración o será enviado a un sitio de tiro autorizado.
Sólidos urbanos	Restos orgánicos, plástico, papel, entre otros	Se canalizarán a reciclaje en la medida de lo posible y el resto será enviado al vertedero municipal.
Escombros	Restos de concreto, tabique, loza, etc.	Será enviado a un sitio de tiro autorizado.
Reciclables	Metal, madera, cartón, PET	Se canalizarán para su reciclaje o reusó.

Cuadro 15. Volumen de residuos sólidos generados.

RESIDUO	CANTIDAD
Sólidos urbanos	2,400 kg
Escombros	108 m ³
Reciclables	10,282 kg

Residuos peligrosos

A continuación (*Cuadro 16*) se presenta el tipo de residuos peligrosos que serán generados por el proyecto.

Cuadro 16. Generación total de residuos peligrosos.

RESIDUO	CARACTERÍSTICAS						GENERACIÓN TOTAL	TIPO DE ALMACENAMIENTO	DISPOSICIÓN FINAL
	C	R	E	T	I	B			
Aceites gastados				X	X		1,170 L	Tambo metálico	Reciclaje
Envases impregnados con aceite				X	X		7 envases	A granel	Confinamiento
Botes de pintura				X	X		5 botes	A granel	Confinamiento
Restos de soldadura		X		X			180 kg	Tambo metálico	Reciclaje
Estopas y trapos con solventes				X	X		490 kg	Tambo metálico	Confinamiento

Residuos líquidos

Los residuos líquidos que se generarán por el Parque Eólico Chicxulub son los provenientes de las letrinas móviles que se instalarán y los aceites gastados de la maquinaria de construcción.

El aceite gastado tiene las características de ser tóxico e inflamable. Este residuo será manejado como peligroso y será dispuesto en un sitio de disposición final por la empresa que lo recolecte. El agua residual generada por las letrinas móviles será responsabilidad de la empresa prestadora del servicio. Las letrinas móviles se instalarán en una cantidad de 1 por cada 8 trabajadores.

Agua residual

No se instalará una planta de tratamiento de aguas residual para el proyecto, las aguas generadas serán por las letrinas móviles que se instalarán en las etapas de preparación y construcción del parque. Los volúmenes de agua residual (*Cuadro 17*) generados por la preparación, y construcción, de los cuales se hará cargo la empresa prestadora de servicio se muestran a continuación, mientras que el volumen de aceites gastados ya se mostró en el apartado de residuos peligrosos.

Cuadro 17. Volumen estimado de aguas residuales.

ETAPA	TRABAJADORES	VOLUMEN ESTIMADO POR TRABAJADOR (L/MES)	VOLUMEN TOTAL (L/MES)
Preparación y construcción	120	300	36,000

Durante la fase operativa del parque, los equipos instalados requieren un mantenimiento mínimo. Por ello, tan sólo se producirán residuos provenientes de los repasos de pintura y la reposición de aceites gastados de los aerogeneradores (*Cuadro 18*).

Estos residuos serán tratados de la misma forma a la indicada en la fase de construcción, es decir:

Cuadro 18. Generación estimada de residuos durante la etapa operativa.

GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS									
Residuo	Características						Generación total	Tipo de almacenamiento	Disposición final
	C	R	E	T	I	B			
Aceites gastados				X	X		1870 L	Tambo metálico	Reciclaje
Envases impregnados con aceite				X	X		1 envase	A granel	Confinamiento
Botes de pintura				X	X		2 botes	A granel	Confinamiento
Estopas y trapos con solventes				X	X		5 kg	Tambo metálico	Confinamiento

GENERACIÓN ANUAL DE RESIDUOS				
Domésticos	N.A.	35 kg	Contenedor cerrado	Vertedero municipal

Infraestructura adecuada para el manejo y disposición de los residuos

Residuos domésticos

El municipio de Puerto Progreso, Yucatán es donde se hará la disposición de residuos, utilizando el tiradero controlado con que se cuenta para el caso de los residuos sólidos municipales.

Para el almacenamiento de residuos sólidos urbanos generados por los trabajadores del parque se tendrá un área específica dotada con contenedores metálicos con tapa. Estos contenedores serán identificados mediante un código de color para fomentar la separación de estos residuos y valoración de aquellos susceptibles a recicló.

La infraestructura existente en la zona es suficiente para recibir los desechos que se generarán con el proyecto ya que como se pudo observar son realmente muy bajos.

Residuos peligrosos

En cuestión de residuos peligrosos se contratará la prestación de este servicio para la adecuada recolección, traslado y disposición final de los mismos a una empresa autorizada para dicha actividad.

Para colocar los residuos peligrosos que sean generados durante la operación del parque eólico a causa de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, se tendrá un almacén temporal de residuos peligrosos que reunirá como mínimo las condiciones estipuladas en el capítulo IV Criterios de operación en el manejo integral de los residuos peligrosos, sección I almacenamiento y centros de acopio de residuos peligrosos, artículo 82 del Reglamento de la LPGIR, donde se estipulan los siguientes requerimientos básicos que debe de cumplir el generador:

Estar ubicado en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones.

1. Contar con muros de contención, y fosas de retención para captación de los residuos o de los lixiviados.

2. Los pisos deberán contar con trincheras o canales que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad de retención para contener una quinta parte del producto almacenado.
3. Contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicas, eléctricos o manuales, así como los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia.
4. Contar con sistema de extinción contra incendios.
5. Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los mismos.
6. Las paredes estarán construidas de materiales no inflamables.
7. Contará con ventilación natural o forzada.
8. Estar cubierto y protegido de la intemperie.

II.2.8 GENERACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO

Las emisiones a la atmósfera que serán liberadas durante las etapas de preparación del sitio y construcción del parque eólico serán originadas por el uso de maquinaria y vehículos de apoyo. Estas fuentes de emisión se consideran móviles e intermitentes para un periodo fijo y no permanente por lo que no será necesario que se realice un monitoreo de las emisiones a la atmósfera.

Para estimar las emisiones a la atmósfera de gases de combustión (HC, CO, NO_x, PST y SO₂) se utilizaron los factores de emisión para un camión de carga (Gobierno del Estado de Jalisco, 1997) en gramos por kilómetro recorrido y se corrigieron a gramos por hora basándose en una velocidad promedio de estos vehículos de 30 km/h. Los factores corregidos se emplearon para estimar las emisiones generadas por todos los tipos de maquinaria que será utilizada en el proyecto variando el tiempo en que ésta será utilizada (*Cuadro 19*).

Cuadro 19. Emisión de contaminantes atmosféricos.

FACTORES DE EMISIÓN	HC	CO	NOX	PST	SO ₂
Camión de carga (g/km)	5.17	19.8	25.6	3	0.47
Camión de carga (g/hr)	155.1	594	768	90	14.1
Pick-up gasolina (g/km)	7.01	76.3	2.88	0.2	0.17
Pick-up gasolina (g/hr)	210.3	2289	86.4	6	5.1

El siguiente cuadro presenta las principales fuentes móviles que serán utilizadas durante esta etapa y la estimación de las emisiones generadas (*Cuadro 20*).

Cuadro 20. Emisión de contaminantes atmosféricos.

TIPO DE MAQUINARIA	MESES USO*	HORAS DÍA	HORAS USO	CONTAMINANTES (KG)				
				HC	CO	NO _x	PST	SO ₂
Tractor	15	2	750	116.325	445.5	576	67.5	10.575
Retroexcavadora	3	6	450	69.795	267.3	345.6	40.5	6.345
Motoconformadora	3	5	375	58.1625	222.75	288	33.75	5.2875
Plancha	3	5	375	58.1625	222.75	288	33.75	5.2875
Excavadora 320	4	5	500	77.55	297	384	45	7.05
Trompo	5	5	625	96.9375	371.25	480	56.25	8.8125
Camión de carga	16	2	800	124.08	475.2	614.4	72	11.28
Grúa 500 ton	16	8	3200	496.32	1900.8	2457.6	288	45.12
Grúa auxiliar 90 ton	16	8	3200	496.32	1900.8	2457.6	288	45.12
Camioneta pick up	17	2	850.00	178.76	1945.65	73.44	5.10	4.34
* 25 días laborables por mes								

Además de las emisiones emitidas a causa de la combustión de los motores de la maquinaria, se contempla que existirá una generación de levantamientos de polvos que contribuirán con la emisión de partículas suspendidas. Según datos obtenidos del AP-42 de la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (US EPA) la emisión de estos contaminantes se puede calcular de la siguiente manera:

- $E = 2.69 \text{ Ton/ha/mes}$; donde E representa la emisión de polvos

De tal forma que para una duración de los trabajos de aproximadamente 12 meses y una superficie de afectación temporal de 7.27 ha la emisión de polvos será de:

- Emisión de polvos (por levantamiento) = 234.67 Ton

Cabe señalar que esta cifra se considera como límite máximo ya que las condiciones de suelo y clima variarán dependiendo de la ubicación geográfica de estudio.

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

III.1 PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

III.1.1 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO Y REGIONAL DEL GOLFO DE MÉXICO Y EL MAR CARIBE

El área que comprende dicho programa está conformada por dos regiones: una costero-terrestre, con 142 municipios con influencia costera de los estados de Quintana Roo, Campeche, Tabasco, Veracruz, Tamaulipas y Yucatán, esta última como zona de nuestro interés. Y una región marina que comprende el Mar Patrimonial del Golfo de México y el Mar Caribe, la extensión en su totalidad es de 995, 486.2 km² (Figura 13).



Figura 13. Localización del área que comprende el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Si bien la región se caracteriza económicamente por la producción del petróleo y del turismo, se tienen grandes potenciales en cuanto a energías renovables se refiere, con un alto interés en las

energías eólica y solar. De acuerdo con el programa se han realizado estudios que muestran las altas posibilidades de aprovechar este tipo de energías, debido a las características morfológicas de la costa de la Península de Yucatán y las potencialidades del viento que existen. Las zonas con mayor interés son los estados de Veracruz, Tamaulipas y principalmente la Península de Yucatán y la Riviera Maya, zona a la que se dirige este estudio.

De acuerdo con la propuesta de Ordenamiento Ecológico Marino, la zona en la que se pretende colocar el parque eólico comprende dos Unidades de Gestión Ambiental, donde el municipio de Ixil pertenece a la 101 tipo costera y el municipio de Motul en la UGA 106 con la misma tipología, es decir, UFP que significa Unidades con Frente de Playa (Figura 14 y Figura 15).

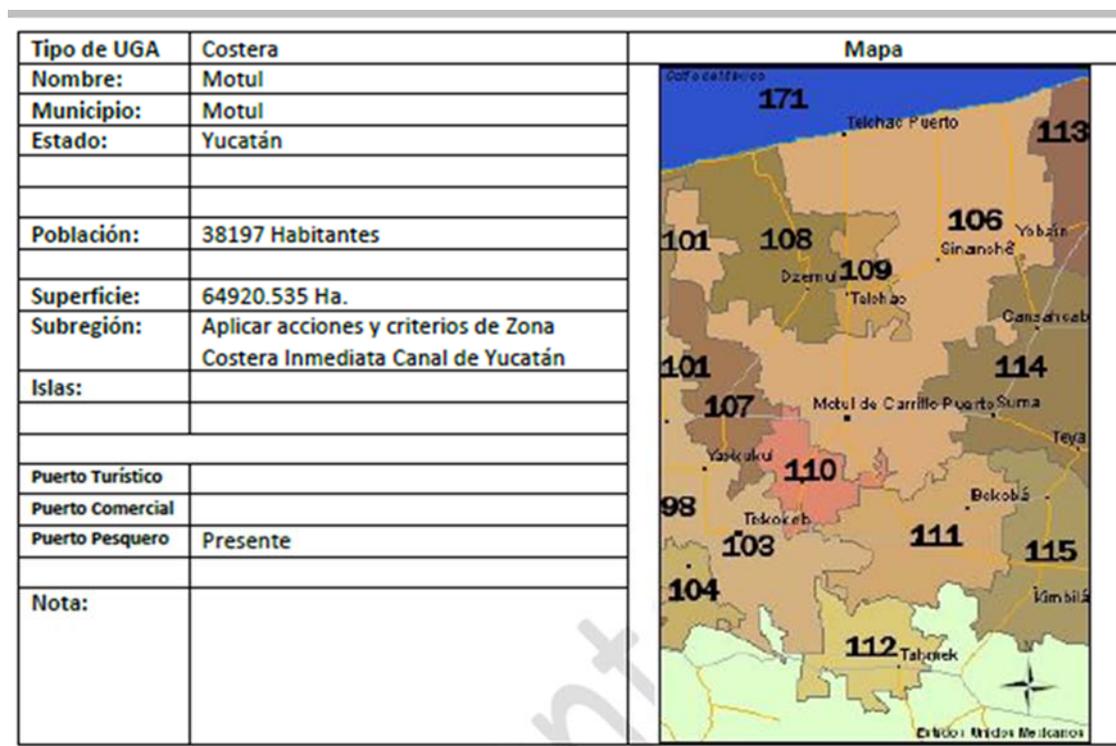


Figura 14. Unidad de Gestión Ambiental que conforma al municipio de Motul.

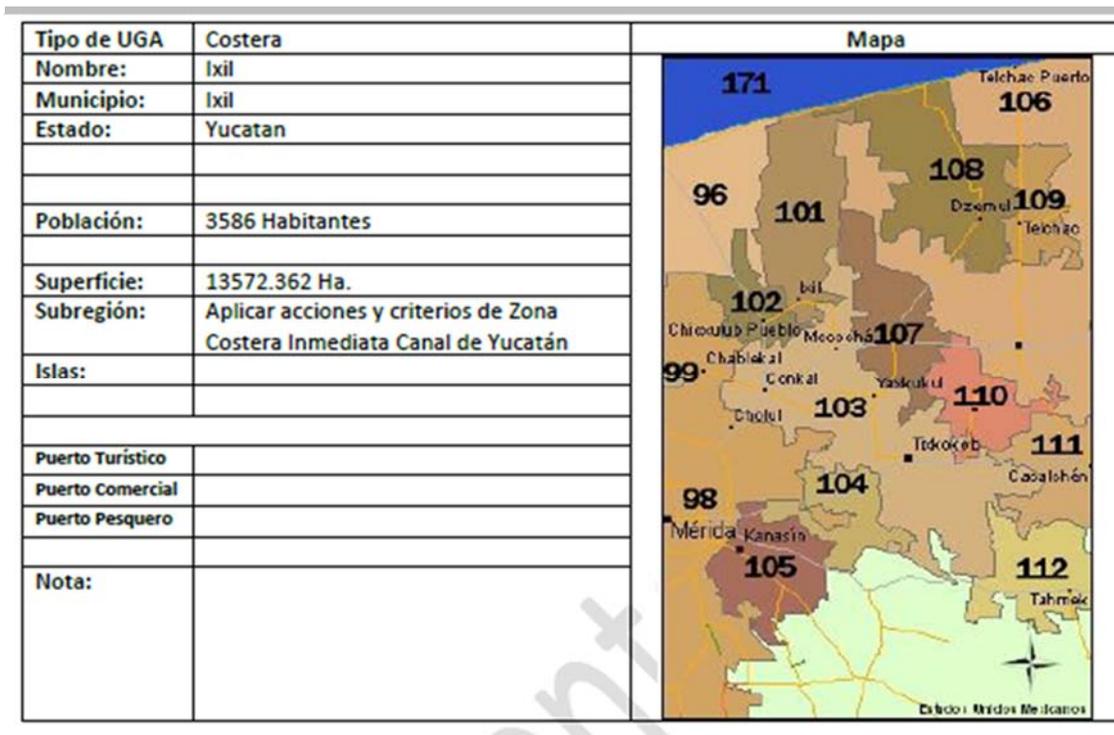


Figura 15. Unidad de Gestión Ambiental que conforma al municipio de Ixil.

Ambas Unidades de acuerdo a las aptitudes sectoriales registradas, en el caso de la Generación de energía Eléctrica, disponen de viabilidad Alta y Media por lo que la inserción del proyecto no contraviene los lineamientos y criterios de este Programa de Ordenamiento Marino, además de considerar por parte del Promoviente siempre actuar bajo las Acciones Generales propuestas para cada UGA como medidas de mitigación.

III.1.2 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO COSTERO DEL ESTADO DE YUCATÁN (POETCY)

En la parte costera del estado de Yucatán se presentan diferentes actividades económicas en las que el sector industrial ha tenido un gran impacto en la economía estatal; de igual forma aún se tiene la presencia de ganadería extensiva como agricultura con una alta demanda del sector de servicios sobre todo el turismo al encontrarse en una zona costera. De este modo el POETCY tiene como objetivo principal llevar a cabo una regionalización ecológica del territorio costero, identificando áreas de atención prioritaria y áreas de aptitud sectorial, conforme a las disposiciones contenidas en el Reglamento de la LGEEPA.

El área que corresponde a dicho Ordenamiento comprende 11 municipios: Celestún, Progreso, Dzemul, Dzidzantún, Ixil, Sinanché, Telchac Puerto, Yobaín, Dzilam de Bravo, Río Lagartos y San Felipe, más la franja de 20 km colindante litoral a los municipios de Hunucmá y Tizimín, integrando una superficie de 478, 718 ha (Figura 16).

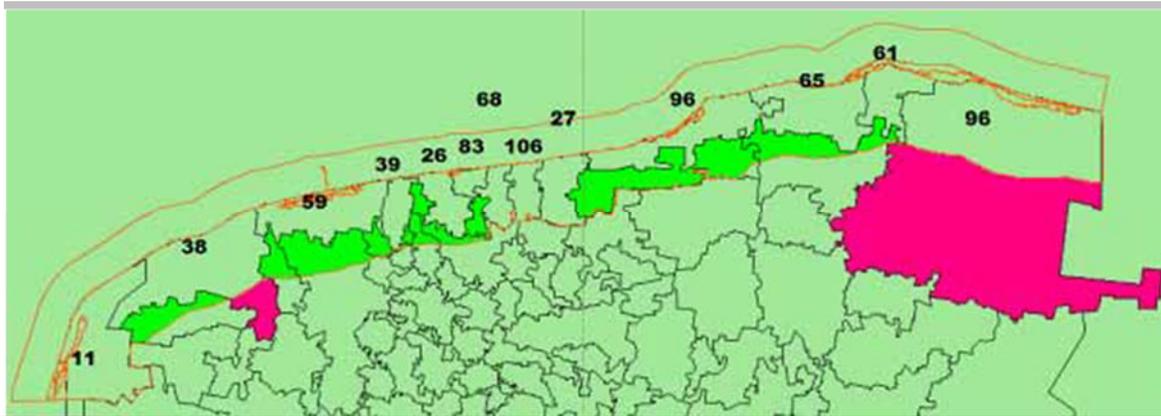


Figura 16. Delimitación del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del estado de Yucatán.

La propuesta del modelo del POETCY suma 281 Unidades de Gestión Ambiental (UGAs), de las cuales 77 se encuentran en las áreas naturales protegidas, divididas en 51 federales y 26 estatales, 28 unidades urbanas y 12 industriales portuarias que completan a las 164 UGAs en las que se regionalizó al área de delimitación del POETCY. También se identificaron a parte de las 13 unidades de los municipios costeros una porción de los municipios de Tetíz, Ucú, Mérida, Chicxulub Pueblo, Mocochar, Baca, Motul, Telchac Pueblo, Dzilam González y Panabá, es decir, estos últimos se agregaron.

De esta manera enfocándose en las unidades de gestión ambiental para el municipio de Ixil, que es uno de los municipios en donde se instalará infraestructura, se tiene lo siguiente (Figura 17):

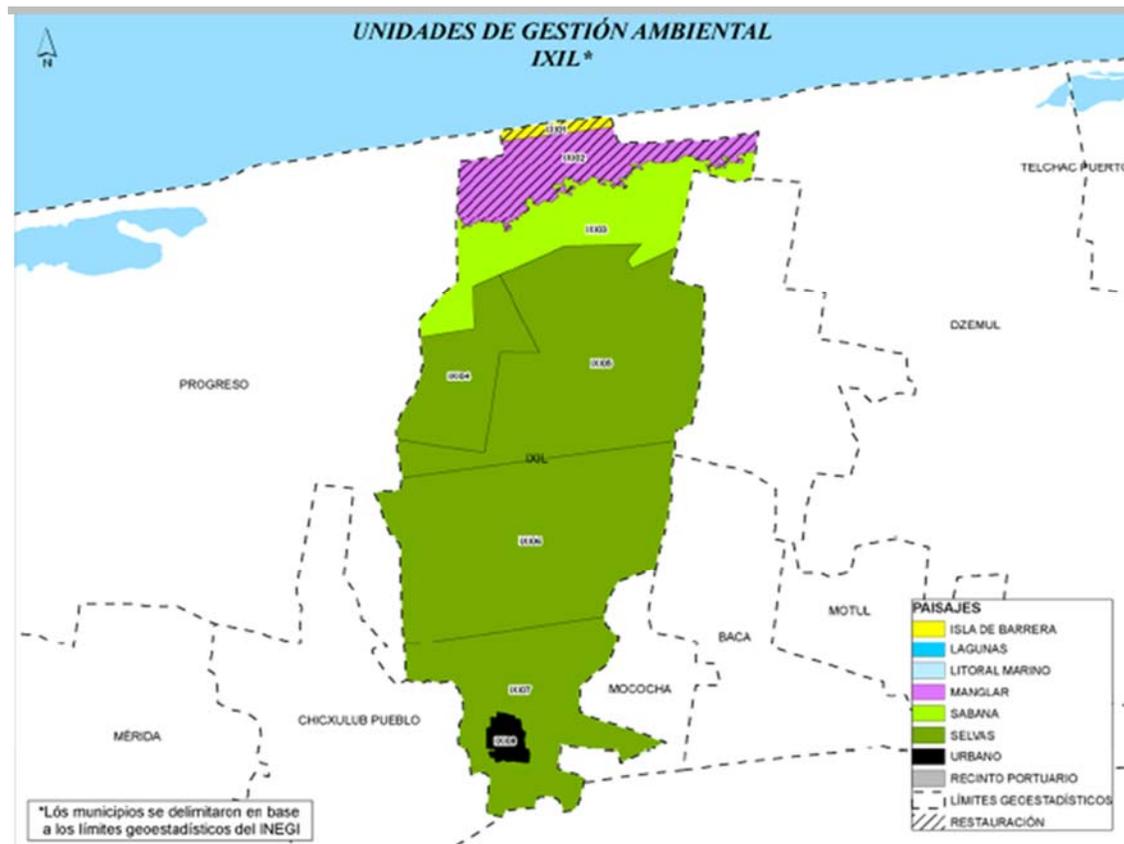


Figura 17. Unidades de Gestión Ambiental para el municipio de Ixil, Yucatán.

Se presentan 8 Ugas (*Cuadro 21*) a nivel municipal de las cuales cada una presenta tanto sus usos de suelo actual, compatibles como no compatibles y sus criterios ecológicos. La UGA de interés es la catalogada como IXI05-SEL_C3, ya que, en ésta, recae un porcentaje de infraestructura del proyecto como aerogeneradores y parte del trazo de línea de transmisión. La UGA actualmente presenta actividades y uso de suelo de aprovechamiento tradicional de la flora y la fauna, apicultura, agricultura tradicional. Los compatibles con dichas actividades son conservación, aprovechamiento tradicional de la flora y fauna, apicultura, unidades de manejo de la vida silvestre, pesquero de subsistencia, acuacultura artesanal, acuacultura industrial, agricultura tradicional y de ganadería de ramoneo, agricultura de plantaciones perennes (Henequén, Coco, frutales), ganadería extensiva (bovinos, ovinos), extracción artesanal de piedra o sascab sin uso de maquinaria o explosivos, turismo de muy bajo impacto, turismo alternativo, turismo segunda residencia, turismo tradicional de mediano impacto, comercio y servicios. Pero es el uso de suelo o actividad con la clave 29, quien da factibilidad al Proyecto, ya que permite el desarrollo de la **industria eoloeléctrica**.

Los no compatibles son ganadería estabulada, extracción industrial de piedra o sascab, industrial no contaminantes de manto freático y de bajo consumo de agua, industria en general, campos de golf

y sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos. Cada uno de las actividades y usos de suelo tanto actuales, compatibles y no compatibles contienen criterios ecológicos que los condicionan para mantener el equilibrio en el medio ambiente. De acuerdo con el MOE dicha UGA presenta un criterio ecológico de tipo C3, el cual, con base a la clasificación mostrada, corresponde a Conservación con Aprovechamiento de muy baja intensidad.

Con interés a los criterios de regulación, se observó con mayor énfasis el **criterio 65**, el cual menciona que, *“Para el desarrollo de la industria eléctrica y eólica, se deberá presentar un estudio de impacto ambiental, y particularmente el segundo requerirá de estudios detallados del sitio sobre geología, hidrogeología (con modelación matemática incluyendo cuña marina e interfase salina), topografía, geofísica y geotécnica, así como evaluación de cuando menos un año sobre las poblaciones de felinos, quirópteros, aves y rutas migratorias a 50 km a la redonda. De igual forma realizará evaluaciones sobre ruido e impacto visual. Este tipo de actividad se realizará preferentemente en terrenos agropecuarios. Todo cambio de uso de suelo forestal deberá justificarse plenamente”*.

Derivado a lo anterior, para el presente estudio se tienen considerados los siguientes Estudios, Geotécnico básico (anexo), Aguas subterráneas (anexo), Monitoreo de Fauna voladora (anexo) el cual se realizó por un ciclo anual y el protocolo de monitoreo de felinos, el cual actualmente se ejecuta para el área del Proyecto y SAR (anexo). Finalmente, dentro de este documento se realizó el análisis del paisaje o impacto visual (capítulo IV.2.3.2); con esto, el proyecto busca dar cumplimiento a aquellos criterios de regulación establecidos.

Cuadro 21. Actividades y criterios de regulación ecológica para cada Unidad de Gestión Ambiental, del municipio de Ixil, Yucatán.

IXIL					
CLAVE	POLITICA	USOS ACTUALES	USOS COMPATIBLE	USOS NO COMPATIBLES	CRITERIOS DE REGULACIÓN
IXI01-BAR	AP1-R	2,22	1,2,3,4,9,18,20,21, 22,23,25	5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16,17,19,24,26,27,28,29	2,9,11,12,18,19,20,21,22,23,24,30,31,32,37,38,47,57,59,61,63,64
IXI02-MAN	ANP				REMITIRSE AL PROGRAMA DE MANEJO
IXI03-SAB	ANP				REMITIRSE AL PROGRAMA DE MANEJO
IXI04-SEL	C2	2,3,8	1,2,3,4,6,8,16,20,21,28	5,7,9,10,11,12,13,14,15,17,18,19,22,23,24, 25,26,27,29	5,8,11,13,25,23,28,29,35,39,40,41,45,46,52,55,57,58,61,62
IXI05-SEL	C3	2,3,8	1,2,3,4,6,7,8,9,11,	5,10,13,14,15,17,18,19,24,26,27	5,8,10,11,13,25,27,28,29,35,39,40,41,45,46,52,55,57,58,61,62,65

			12,16,20,21,22,23, 25,28,29		
IXI06-SEL	AP1	2,3,8,9,10,16,26	1,2,3,4,6,7,8,9,10,12,16,18,20,21,22,23,25,26,28,29	5,11,13,14,15,17,19,24,27	6,8,10,11,13,25,27,28,29,35,39,40,41,43,45,46,52,55,57,58,60,62,65
			1,2,3,4,6,7,8,9,10,		
IXI07-SEL	AP2	2,3,8,9,10,12,16,18,25,26	11,12,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,28,29	5,13,14,15,27	7,10,11,13,25,28,29,35,39,40,41,43,45,46,52,54,55,57,58,60,62,65
			26,28,29		
IXI08-SEL	URB				NO COMPETE A ESTE ORDENAMIENTO

En lo que respecta a las UGAs del municipio de Motul, se tiene lo siguiente (Figura 18):

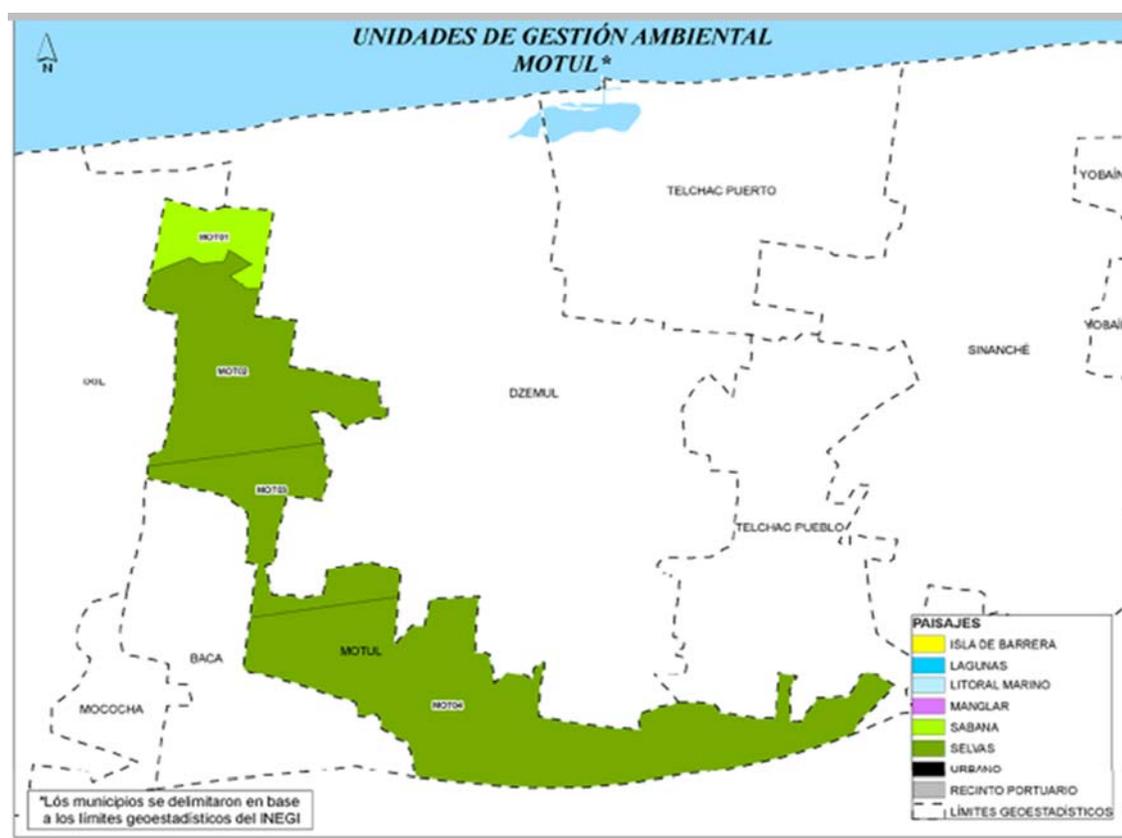


Figura 18. Mapa de las Unidades de Gestión Ambiental del municipio de Motul, Yucatán.

De acuerdo con el modelo de Ordenamiento, para el municipio de Motul se tienen 4 UGAs de las cuales se tomará un mayor interés en las UGAs MOT03-SEL_C3 y MOT04-SEL_AP1 en donde se proyecta la mayor superficie con infraestructura del parque eólico. Cabe resaltar que la línea de transmisión no incide en ninguna UGA para el municipio de Motul.

La UGA MOT03-SEL-C3 presenta las siguientes actividades y usos de suelo: conservación, aprovechamiento tradicional de la flora y fauna, apicultura, agricultura tradicional, ganadería de ramoneo, en el caso de los usos compatibles se tienen conservación, aprovechamiento tradicional de la flora y fauna, apicultura, unidades de manejo de vida silvestre, acuacultura tradicional, acuacultura industrial, agricultura tradicional y ganadería de ramoneo, agricultura de plantaciones perennes, ganadería extensiva, extracción artesanal de piedra y sascab sin uso de maquinaria o explosivos, turismo de muy bajo impacto, turismo alternativo, turismo de segunda residencia, turismo tradicional de mediano impacto, comercio y servicio. En lo que respecta a los usos no compatibles se tienen los siguientes: agricultura semi intensiva, ganadería estabulada, extracción industrial de piedra o sascab, industria no contaminante del manto freático y de bajo consumo de agua, industria en general, campos de golf y sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos. Cada uno de estos usos contiene criterios ecológicos para su regulación (*Cuadro 22*). De la misma forma la UGA está catalogada como C3, Conservación con aprovechamiento con baja intensidad.

Pero es el uso de suelo o actividad con la clave 29 que permite al Proyecto, poder desarrollar sus obras dentro de la superficie que ocupa esta UGA. Así como también, se tiene la responsabilidad de cumplir con el criterio de regulación ecológica 65, del cual se mencionó anteriormente el cumplimiento de la Promovente reflejado en la elaboración de algunos estudios particulares del área del proyecto (geología, hidrología, etc.), como del monitoreo de la fauna voladora (aves y murciélagos) el cual se realizó durante más de un ciclo anual y finalmente el protocolo de monitoreo de felinos el cual se encuentra aún en ejecución.

Respecto a MOT04-SEL_AP1 se tiene que es un área con el código AP1 que significa, Aprovechamiento sustentable de baja intensidad: *esta política no permite desarrollar ciertas actividades por la fragilidad del medio, únicamente aplica a islas de barrera, lagunas y selvas*. Es importante mencionar que la superficie que ocupara el Proyecto en esta UGA es un porcentaje menor, aunado a que a través de la clave 29 respecto al uso de suelo, se tiene la certeza de la factibilidad de desarrollo del Proyecto como industria eoloeléctrica. Finalmente se estará cumpliendo con el criterio 65, como ya se mencionó en párrafos anteriores.

Cuadro 22. Actividades y criterios de regulación ecológica para cada Unidad de Gestión Ambiental del municipio de Motul, Yucatán.

MOTUL					
CLAVE	POLITICA	USOS ACTUALES	USOS COMPATIBLE	USOS NO COMPATIBLES	CRITERIOS DE REGULACIÓN PROYECTO
MOT01-MAN	ANP				REMITIRSE AL PROGRAMA DE MANEJO
MOT02-SAB	ANP				REMITIRSE AL PROGRAMA DE MANEJO
MOT03-SEL	C3	2,3,8	1,2,3,4,6,7,8,9,11,12,16,20,21,22,23, 25,28,29	5,10,13,14,15,17,18,19,24,26,27	5,8,10,11,13,25,27,28,29,35,39,40,41,45,46,52,55,57,58,61,62,65
MOT04-SEL	AP1	2,3,8,9,10,25	1,2,3,4,6,7,8,9,10,12,16,18,20,21,22,23,25,26,28,29	5,11,13,14,15,17,19,24,27	6,8,10,11,13,25,27,28,29,35,39,40,41,43,45,46,52,55,57,58,60,62,65
			1,2,3,4,6,7,8,9,10,		
MOT05-SEL	AP2	2,3,8,9,10,12,25	11,12,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,	5,13,14,15,27	7,10,11,13,25,28,29,35,39,40,41,43,45,46,52,54,55,57,58,60,62,65
			26,28,29		

En lo que respecta a las UGAs que el Proyecto pretende ocupar dentro del municipio de Progreso, se tienen la UGA: PRO19-SEL_AP1, PRO17-SEL_C3 y, PRO15-MIX_CONF. Destacando que dichas UGAs representan relación al Proyecto, únicamente por el trazo de la línea de transmisión.

La UGA PRO19-SEL_AP1 corresponde al tipo de paisaje reconocido como selva, para el área del proyecto la vegetación corresponde a selva baja caducifolia secundaria. Cuenta con una política ambiental de Aprovechamiento sustentable de baja intensidad. Esta UGA también permite la instalación de parques eoloeléctricos por lo que el Proyecto se alinea con el uso de suelo compatible; no olvidando que se dará cumplimiento al **criterio de regulación ecológica 65**.

La UGA PRO17-SEL_C3 tiene una política de Conservación con aprovechamiento de muy baja intensidad y similar a las UGAs antes mencionadas considera a la industria eoloeléctrica como

compatible a desarrollar y cuenta con el criterio de regulación ecológica 65, del cual ya se explicó el cumplimiento de sus requerimientos.

Con respecto a la UGA PRO15-MIX_CONF tiene una política ambiental de confinamiento de manera particular, no obstante, se permite el desarrollo de la industria eoloeléctrica y cuenta con una regulación específica a través del criterio 65, mismo al que se ha explicado la manera en que se da cumplimiento a sus requerimientos.

Como se puede observar, el POETCY significa y determina para el Proyecto, dar cumplimiento a los criterios de regulación ecológica asociados a los usos de suelo presentes, usos compatibles y política ambiental. Por la naturaleza del proyecto, considerando que se trata del desarrollo de industria eoloeléctrica permitida en las 8 UGAs identificadas de los tres municipios en los que el Proyecto pretende instalarse, se comparte de manera constante el criterio 65 el cual se atiende de manera puntual a través de estudios y monitoreos ya mencionados.

III.1.3 PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO DEL ESTADO DE YUCATÁN (POETY)

El POETY tiene como objetivo establecer las bases fundamentales para planear las acciones que orienten la restauración, aprovechamiento, protección y conservación de los recursos naturales y la mejora de la calidad de vida para el desarrollo sustentable del estado. La delimitación territorial del área de estudio comprende el estado de Yucatán con una superficie de 39, 689.86 km² comprendiendo esta superficie los 106 municipios con los que cuenta el estado entre ellos Ixil y Motul de Carrillo Puerto, en los cuales se tiene proyectada la construcción de Hala Santa Martha, Mérida.

De acuerdo con la caracterización del sector económico del POETY se tiene que Yucatán posee agrupaciones económicas que representan un papel importante a nivel nacional en lo que se refiere a construcción, industria manufacturera, la maquinaria, equipo y los textiles. También presenta territorios con grandes potencialidades para constituir polos de desarrollo microregionales del estado, sobresaliendo los sectores secundarios y terciarios, siguiendo con esta línea Ixil forma parte de los municipios potenciales por lo que la implementación del proyecto eólico beneficiaría a la economía del municipio y del estado, así como sus alrededores.

Con base al Modelo de Ordenamiento Ecológico (MOE) del estado de Yucatán (*Figura 19*), de sus 34 Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) la catalogada como 1.E, Planicie de Telchac Pueblo, es la única en la cual su uso principal es de tipo industria de transformación. Dicha UGA representa 2001 km² con 153 localidades dentro de su superficie, dentro de dicha Unidad se encuentran los dos

municipios correspondientes al Proyecto por lo que no existe algún conflicto en la localización de este en dicha Unidad.

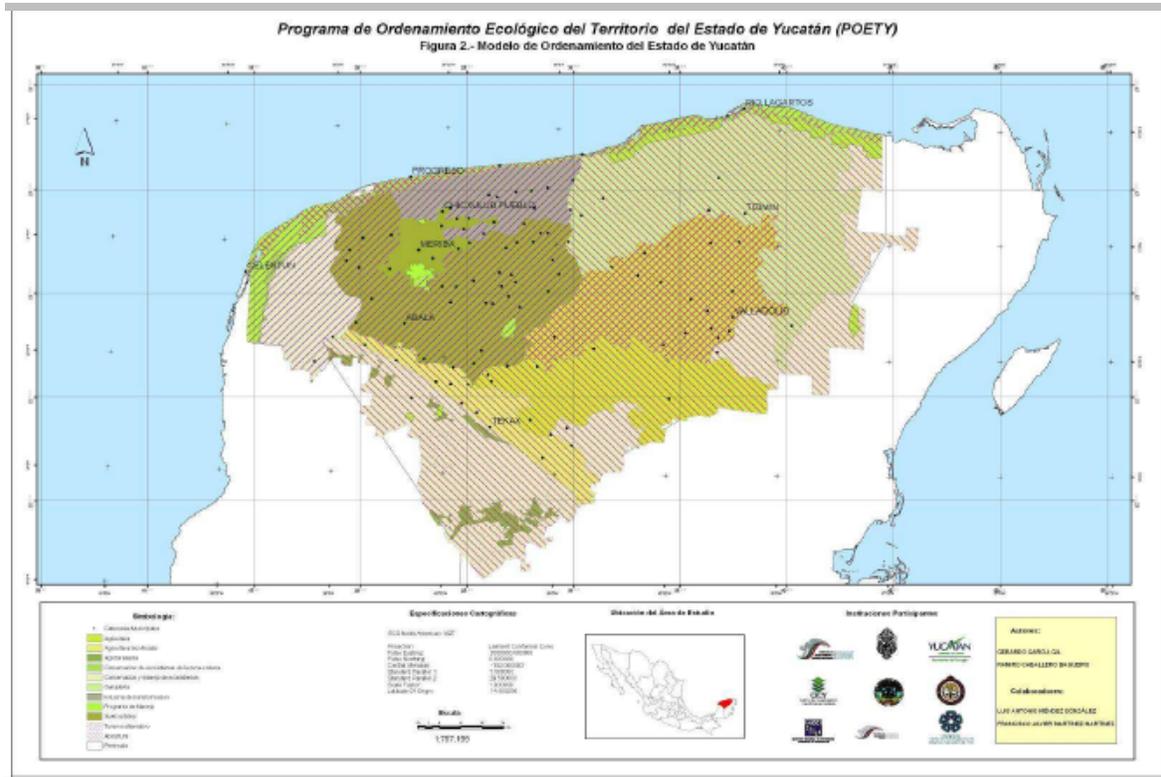


Figura 19. Mapa del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Estado de Yucatán (MOEY).

III.1.4 PROGRAMA ESPECIAL PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES 2013-2018

El Plan Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, se elaboró con base a lo estipulado en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y la Ley de Planeación, para coordinar las acciones en materia de promoción de las energías renovables.

Dicho programa promueve la participación social, establece metas de participación de las energías renovables en la generación de energías renovables y especifica las estrategias y acciones para alcanzarlas. En el *Cuadro 23* se presentan los objetivos, estrategias y líneas de acción que se relacionan con el proyecto.

Cuadro 23. Objetivos, estrategias y líneas de acción del PEAER 2013-2018.

OBJETIVOS	ESTRATEGIAS	LÍNEAS DE ACCIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
<p>Objetivo 1 Aumentar la capacidad instalada y la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energía.</p> <p>Beneficios: Diversificación de la matriz energética Descarbonización del sector eléctrico. Atender la demanda de energía eléctrica nacional con costos competitivos y respeto al medio ambiente</p>	<p>1.1. Adecuar el ejercicio de planeación para incrementar la participación de proyectos de energía renovable en la generación de electricidad.</p>	<p>1.1.2. Determinar las necesidades de capacidad de generación considerando los recursos renovables disponibles en cada región.</p>	<p>La vinculación con este objetivo es directa, pues el proyecto eólico de Chicxulub pretende generar electricidad a partir de fuentes renovables de energía que surta a la región de Yucatán y sus alrededores.</p>
<p>Objetivo 2 Incrementar la inversión pública y privada en la generación, así como en la construcción y ampliación de la infraestructura para su interconexión.</p> <p>Beneficios: Aumentar la capacidad en la red de transmisión y transformación del Sistema Eléctrico Nacional para la incorporación de energías renovables. Incremento en la inversión para el futuro desarrollo de proyectos de generación. Adecuada valoración del capital natural y los impactos económicos y sociales</p>	<p>2.1. Adecuar la planeación para acelerar la inversión en proyectos competitivos de energía renovable en la generación de electricidad.</p>	<p>2.1.1. Optimizar la planeación y evaluación de proyectos con fuentes renovables en las Empresas Productivas del Estado.</p>	<p>Este proyecto está siendo desarrollado con capital de inversión privada, gestionada por la empresa Eólica de Mayab SAPI de CV.</p>

III.1.5 PLAN DE DESARROLLO ESTATAL DE YUCATÁN 2012-2018

El Plan de Desarrollo tiene por objetivo encontrar para el estado las alternativas de crecimiento sostenibles en el mediano y largo plazo, para lograr un impacto positivo sobre el ingreso y la calidad del empleo, con el enfoque en la igualdad de oportunidades y la formación educativa integral, en un territorio con servicios sustentables, donde se conserve la paz y tranquilidad que lo

caracteriza. Para lograr tal objetivo se proponen cinco grandes Ejes, como objeto de intervención pública.

1. Yucatán Competitivo
2. Yucatán Incluyente
3. Yucatán con Educación de calidad
4. Yucatán con crecimiento ordenado
5. Yucatán Seguro

También se proponen dos ejes transversales

1. Gestión y Administración Pública
2. Enfoque para Desarrollo Regional

El Proyecto se encuentra dentro del eje 1 “Yucatán Competitivo” en el apartado de Inversiones y Desarrollo Industrial.

En el tema de inversiones es necesario incrementar la competitividad, la conectividad y hacer más eficiente la regulación para aumentar las inversiones, sobre todo, en el sector industrial, así aumentar la producción, las exportaciones y la generación de empleos. Con base a la información generada por el Gobierno de Yucatán la distribución de la producción es desigual, Mérida presenta el mayor valor de producción con el 69.86% (más de la mitad) mientras que los municipios del centro tienen una producción muy baja. Por tales razones las estrategias y objetivos van encaminados a elevar las zonas con baja producción y mantener o incluso elevar la producción de los municipios con mayores porcentajes.

Las estrategias y objetivos que se relacionan con el Proyecto son las siguientes:

1.3.2 Objetivo: Incrementar la inversión productiva en el estado

Estrategias

1.3.2.3 Posicionar estratégicamente al estado de Yucatán como un polo de atracción de inversiones nacionales e internacionales.

1.3.2.4 Fortalecer el desarrollo del sector industrial como fuente generadora de empleos de alto valor.

Dentro del eje 4 “Yucatán con Crecimiento Ordenado” en su primer apartado, Infraestructura para el Desarrollo, el Proyecto se ve vinculado para la mejora en la infraestructura tanto para los habitantes como para el desarrollo de las actividades económicas. De esta manera el parque eólico permitiría cubrir el 2% restante en el estado a través de:

4.1.3 Objetivo: Incrementar la cobertura de infraestructura básica en el estado.

Estrategias

4.1.3.1 Ampliar y mejorar la infraestructura hidráulica y redes de electrificación tanto en el medio rural como en el urbano.

4.1.3.4 Promover sistemas de tecnología alternativa que mejor se adapten a las condiciones de la región.

En el apartado de medio ambiente se vincula con lo siguiente:

4.4.3 Objetivo: Reducir la vulnerabilidad de los sectores productivos o sociales ante el impacto del cambio climático.

Estrategias

4.4.3.2 Impulsar sistemas eficientes para la generación de energía sustentable en el sector residencial y productivo.

4.4.3.8 Impulsar la investigación y desarrollo tecnológico para el aprovechamiento sustentable de los recursos eólicos, solares y de biomasa.

III.1.6 PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO MÉRIDA 2015-2018

El Plan municipal de Mérida será el instrumento que permitirá facilitar la rendición de cuentas a fin de que cualquier ciudadano pueda evaluar su cumplimiento. Para poder cumplir el objetivo planteado se construyeron seis ejes rectores.

1. Mérida competitiva y con oportunidades
2. Mérida Sustentable
3. Mérida equitativa y solidaria
4. Mérida con servicios de calidad

5. Mérida más segura
6. Mérida eficiente y con cuentas claras

El proyecto eólico se vincula con el eje rector de Mérida Sustentable el cual hace mención que el municipio debe fortalecer el desarrollo sustentable tanto en los sectores económicos como en la sociedad, donde se exija compromiso y la responsabilidad en la aplicación de un modelo económico que ayude a mejorar la calidad de vida de los habitantes. Se debe de llevar a cabo una gestión responsable de los recursos naturales para lograr un equilibrio del desarrollo económico, el uso racional de los recursos naturales, el crecimiento demográfico, la protección y conservación de la naturaleza.

Eje 2: Mérida Sustentable

Sub eje 2.1: Gestión Responsable de los Recursos Naturales

Estrategias

2.1.1.2 Promover la participación responsable de la iniciativa privada en los programas de conservación del medio ambiente.

Eje 4: Mérida con servicios de calidad

Sub eje 4.3: Desarrollo Urbano Ordenado

Estrategias

4.3.1.4 Vigilar la viabilidad de proyectos de acuerdo a su impacto, para garantizar obras e infraestructura eficiente.

III.1.7 PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL DE IXIL 2012-2015

Este plan tiene como objeto, un municipio seguro, armónico, en constante desarrollo humano, económico y urbano, cuyos habitantes cuenten con servicios de calidad y oportunidades para su plena realización, gracias a la integración de la comunidad, ayuntamiento y administración municipal.

Dentro del Plan el proyecto está vinculado con el capítulo IV, Desarrollo Económico y Agropecuario, el cual tiene como objetivo fomentar y apoyar las actividades productivas, como fuentes generadoras de desarrollo y bienestar sostenible para la población.

Estrategias

Coordinar esfuerzos con los niveles de Gobierno Federal y Estatal para promover permanentemente la inversión pública y privada.

En este sentido el Proyecto se vincula a través de la estrategia del municipio para la apertura de empresas que apoyen la mano de obra local dentro de la industria de la construcción; considerando que durante la preparación del sitio y construcción se empleará mano de obra del municipio.

III.1.8 PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL DE MOTUL 2012-2015

El Plan de Desarrollo municipal de Motul presenta cinco ejes rectores en los cuales se centran las problemáticas que existen en el municipio así como las estrategias y metas para poder darles solución y mejorar la calidad de vida de sus habitantes, los 5 ejes que contiene el documento son los siguientes:

1. Seguridad pública, derechos humanos y protección civil.
2. Desarrollo económico y empleo.
3. Desarrollo social y combate a la pobreza.
4. Desarrollo urbano y medio ambiente.
5. Modernización de la administración pública municipal.

La visión del gobierno es ser una ciudad moderna y segura, capaz de generar oportunidades para el desarrollo económico sostenido y calidad de vida para sus habitantes; un municipio con un gobierno municipal líder en gestión con calidez humana, administración transparente de los recursos y con servicios públicos de calidad y amigables con el medio ambiente.

El presente proyecto se vincula con el eje 2 “Desarrollo Económico y Empleo”, en el cual se hace mención que el municipio de Motul en la actualidad constituye una economía diversa, teniendo importancia la agricultura, la ganadería, así como la industria manufacturera, de la misma manera el comercio y el turismo se ha desarrollado considerablemente. De acuerdo con la información del Plan, en la actualidad la mayor parte de la Población Económicamente Activa (PEA), se encuentran ocupadas en el sector secundario, principalmente en la industria maquiladora, en segundo el comercio y servicios y por último las actividades agrícolas y ganaderas. Por esto la administración debe gestionar la implementación de proyectos estratégicos para la inversión del sector público y privado.

Lineamiento estratégico 2.1: Fomento industrial, comercial y agropecuario

2.1.1 Objetivo: Impulsar una política de desarrollo económico sostenible

Estrategias

2.1.1.2 Promover una política de crecimiento económico basada en una planeación estratégica que impulse el desarrollo equilibrado e integral de las actividades industriales, comerciales y de servicios, turísticos, agrícolas y pecuarias, bajo una perspectiva de sustentabilidad.

Metas

2.1.1.2.1 Atraer empresas que pueda generar empleos para mover la economía del municipio.

Lineamiento estratégico 2.2: Empleo

2.2.1 Objetivo: Fomentar la creación de más y mejores empleos y mejor remunerados para los habitantes de Motul y sus comisarías.

Estrategias

2.2.1.2 Contribuir a crear las condiciones para un crecimiento del empleo y de los salarios en el marco de una estrategia de desarrollo.

Metas

2.2.1.2.3 Promover la sectorización geográfica de otras actividades industriales procurando su establecimiento en las comisarías de Motul para crear y generar empleos directos en cada comunidad y en la cabecera municipal.

Lineamiento estratégico 2.5: Proyectos detonadores

2.5.1 Objetivo: Impulsar la formulación de proyectos estratégicos que estimulen, activen dinamicen y/o detonen integralmente la economía y la calidad de los habitantes de Motul y sus comisarías de manera sustentable.

Estrategias

2.5.1.1 Formular proyectos que estimulen, activen y dinamicen la economía de los habitantes de Motul y sus comisarías de manera sustentable.

2.5.1.2 Diseñar políticas públicas que detonen directamente en un aumento significativo del nivel y calidad de vida de los habitantes de Motul y sus comisarías, y que sean amigables con el medio ambiente.

Metas

2.5.1.1.1 Fomentar proyectos que atraigan inversión industrial nacional e internacional privada en Motul.

2.5.1.1.4 Trazar proyectos para el fortalecimiento, creación y desarrollo de infraestructura urbana, carretera, eléctrica, hidráulica, tecnológica e imagen municipal.

III.1.9 PROGRAMA DE DESARROLLO URBANO DEL MUNICIPIO DE PROGRESO YUCATÁN

La actual propuesta del Programa de Desarrollo Urbano tiene como objetivo, es:

- Regular el crecimiento del municipio de forma ordenada, de acuerdo con la normativa vigente de desarrollo urbano de equilibrio ambiental.
- Promover el desarrollo equilibrado del municipio y la organización física del espacio
- La localización adecuada de las actividades económicas y sociales, en relación con el aprovechamiento racional de los recursos naturales; y
- La regulación de usos y destinos del suelo, de acuerdo a su vocación ecológica y la demanda que existe sobre él.

Este Programa está integrado para su análisis en tres apartados o líneas que parten de un diagnóstico de la región, su planeación y los niveles normativos para instrumentar todo el programa. De lo anterior el Proyecto encaja en el apartado de planeación en donde se establecen los sectores que deben reforzarse para un crecimiento óptimo del municipio; y además dentro del apartado normativo el Proyecto se apega a los instrumentos que dan viabilidad a las políticas y estrategias de ordenación del territorio dentro del municipio, por lo que no se contraviene ningún criterio o política de regulación dentro del Programa de Desarrollo Urbano.

III.2 DECRETOS Y PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

III.2.1 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El sitio en donde se pretende establecer el proyecto, no se encuentra dentro de ningún Área Natural Protegida, por lo que el proyecto eólico Chicxulub no genera ningún riesgo para este tipo de zonas y tampoco está obligado a cumplir con los lineamientos regulatorios de las ANP. En la imagen se muestran las áreas con importancia más cercanas al proyecto, incluyendo, Dzibilchaltún,

y Parque Estatal Lagunas de Yalahua este último con mayor proximidad pero sin estar dentro del Parque (*Figura 20*).

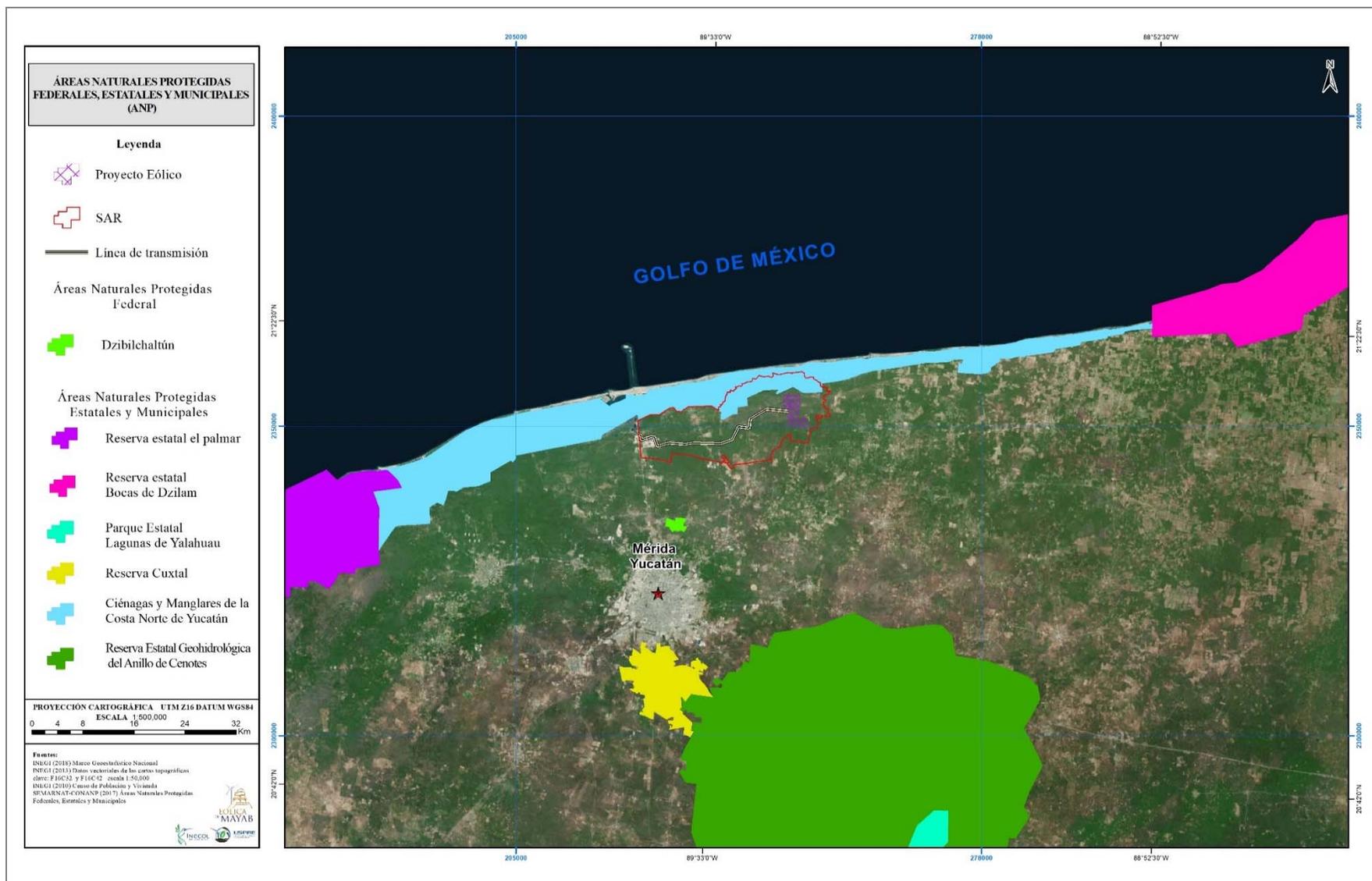


Figura 20. Ubicación del Proyecto respecto a las Áreas Naturales Protegidas.

III.2.2 REGIÓN TERRESTRE PRIORITARIA

Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP, tienen como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

En la *Figura 21* el área del Proyecto se encuentra dentro de la RTP-146: Dzilam-Ría Lagartos-Yum Balam, a continuación se presenta un resumen de las principales características y su relación con el Proyecto:

Ubicación geográfica

Coordenadas extremas: Latitud N: 21° 10' 48" a 21° 37' 48" / Longitud W: 86° 47' 24" a 89° 56' 24".

Características generales:

Esta RTP comprende los humedales del norte de Yucatán; posee un alto valor tanto biogeográfico como ecosistémico y constituye un área homogénea desde el punto de vista topográfico. El principal tipo de vegetación representado en esta región es el manglar. Dentro de esta RTP se incluyen dos ANP: Isla Holbox y Ría Lagartos.

Aspectos bióticos:

ASPECTOS BIÓTICOS	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN:
Diversidad ecosistémica: Principalmente manglares, vegetación acuática y otras vegetaciones de afinidad tropical.	2 (medio)
Integridad ecológica funcional: Marismas, selvas bajas y comunidades dulceacuícolas.	4 (alto)
Función como corredor biológico: Información no disponible.	0 (no se conoce)
Fenómenos naturales extraordinarios: Para sitios de anidación del flamenco rosado. Sitio de concentración excepcional de <i>Limulus polyphemus</i> (cacerolita de mar).	3 (muy importante)
Presencia de endemismos: Algunas especies como <i>Pseudophoenix</i> sp. Las 554 especies reportadas en Ría Lagartos incluyen 142 endémicas de Mesoamérica, de las cuales 15 son endémicas de México y una de Yucatán.	2 (medio)

ASPECTOS BIÓTICOS	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN:
Riqueza específica: En la zona de Ría Lagartos, en cuanto a flora, podemos encontrar especies de gran importancia como la flor de mayo (<i>Plumeria obtusa</i>), kuka (<i>Pseudophoenix sargentii</i>), chit (<i>Thrinax radiata</i>), tasiste (<i>Acoelorrhaphes wrightii</i>), palma real (<i>Roystonea sp.</i>) y <i>Coccothrinax sp.</i> Se han reportado varias especies de mamíferos en peligro de extinción como el mono araña, el jaguar, el ocelote, el tigrillo, el leoncillo y el oso hormiguero; entre las aves encontramos al flamenco rosa, el cormorán, la garza, la cigüeña y la gallinita de agua, entre otros. Además, podemos encontrar una gran variedad de peces e invertebrados de interés comercial como recursos pesqueros.	1 (bajo)
Función como centro de origen y diversificación natural: Información no disponible.	0 (no se conoce)

Problemática ambiental:

Los principales problemas que existen son el crecimiento urbano desordenado en la zona costera, las actividades industriales con poca regulación incluyendo la pesca, la salinera y el sobrepastoreo de ganado.

CONSERVACIÓN	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN:
Función como centro de domesticación o mantenimiento de especies útiles: Información no disponible.	0 (no se conoce)
Pérdida de superficie original: Información no disponible.	0 (nulo)
Nivel de fragmentación de la región: Se mantiene la conectividad entre las comunidades de vegetación costera.	2 (medio)
Cambios en la densidad poblacional: Para la zona de Ría Lagartos se tiene una población de 6,900 habitantes aproximadamente. En la zona de Yum Balam se calculan más de 10,000 habitantes, la mayoría de los cuales son mayas y se encuentran en la parte oeste y en la costa.	1 (estable)
Presión sobre especies clave: Información no disponible.	0 (no se conoce)
Concentración de especies en riesgo: Información no disponible.	0 (no se conoce)
Prácticas de manejo inadecuado: En la zona ría Lagartos los problemas de quemadas incontroladas en las selvas, cacería furtiva, explotación forestal incontrolada, proyectos futuros de acuicultura extensiva, ganadería, planes para el desarrollo de megaproyectos de fomento turístico, pesca incontrolada, presión urbana sobre la parte alta de la región,	2 (medio)

CONSERVACIÓN	VALOR PARA LA CONSERVACIÓN:
<p>caminos nuevos que puedan cruzar el área y el establecimiento de una salinera. En la zona de Yum Balam los problemas son la tala de la vegetación nativa, la fragmentación del hábitat, la disminución de especies acuáticas, la disminución de poblaciones de mamíferos y aves, la disminución de poblaciones de árboles maderables, la alteración de los flujos de agua, la contaminación química, la disminución de las poblaciones de palma, la contaminación orgánica y por desechos sólidos, el azolve, el cambio en la salinidad, los impactos a las poblaciones de tortugas marinas, la eutroficación, la disminución de las poblaciones de mangle, la disminución de cocodrilos, la introducción de especies exóticas, perturbación a aves y la disminución en la cobertura de la vegetación subacuática.</p>	

Políticas de conservación:

No se conocen actividades de conservación en la región.

Relación con el Proyecto:

EL desarrollo del Proyecto no afectará de manera significativa la integridad del ecosistema presente en la RTP, tampoco la conectividad e integración entre el sistema terrestre y los humedales de la RTP, dado que las obras y actividades estarán localizadas en un área con la presencia del manejo de actividades humanas, como la agricultura, ganadería y cacería, factores que son considerables para el deterioro del ecosistema, no obstante, estas actividades no serán potenciadas por el Proyecto, lo que disminuye el incremento de deterioro.

Sin embargo, se han propuesto medidas correctivas y de mitigación para que el proyecto sea lo menos impactante con el ecosistema, además de ser congruente con la legislación aplicable y guarde un equilibrio con el medio.

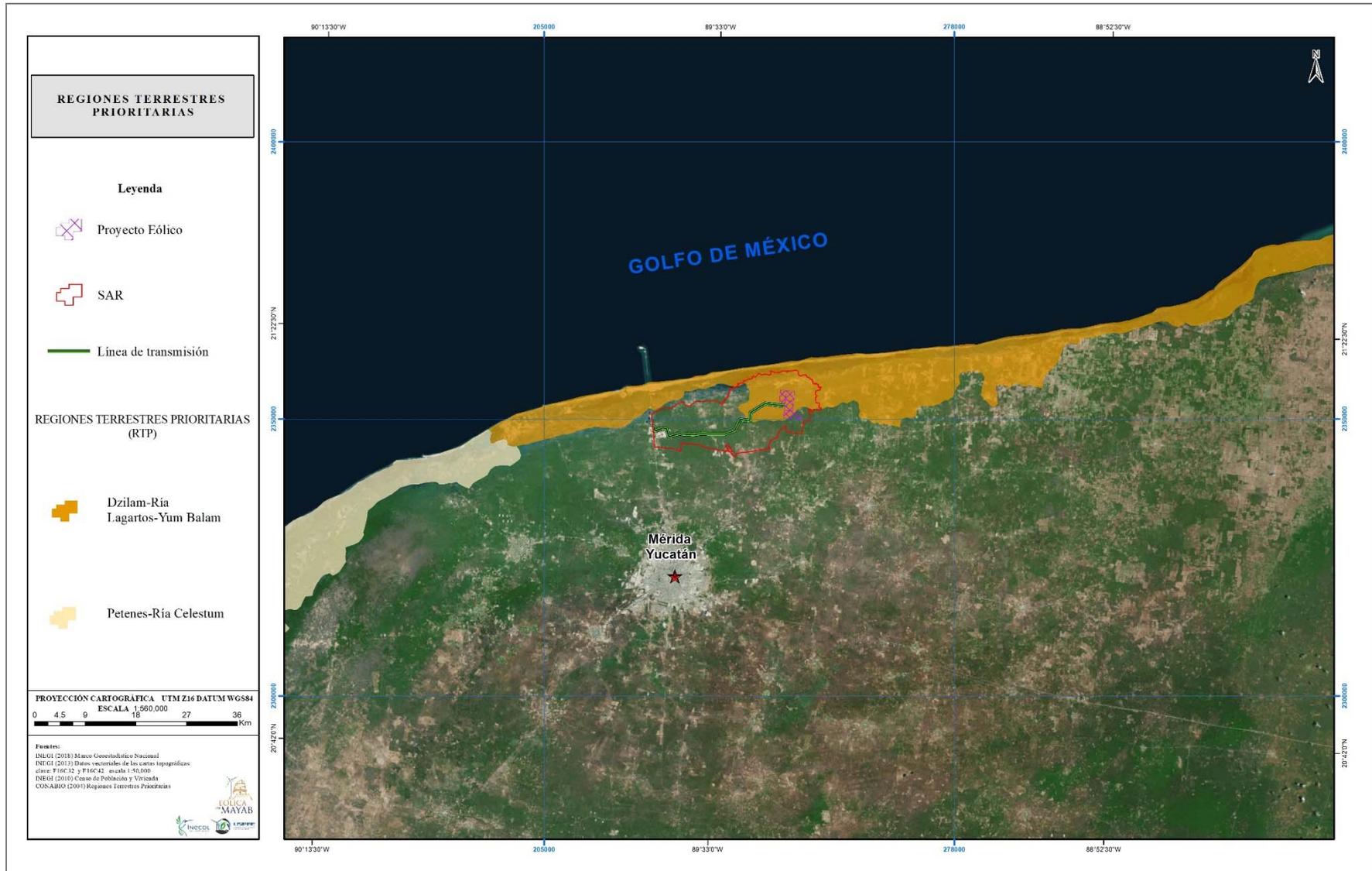


Figura 21. Ubicación del Proyecto respecto a la RTP-146.

III.2.3 REGIÓN MARINA PRIORITARIA

La CONABIO instrumentó el Programa de Regiones Marinas Prioritarias de México. Se tienen identificadas, delimitadas y caracterizadas 70 áreas costeras y oceánicas consideradas prioritarias por su alta biodiversidad, por la diversidad en el uso de sus recursos y por su falta de conocimiento. De la misma forma, se identificaron las amenazas al medio marino de mayor incidencia o con impactos significativos en costas y mares, de acuerdo con las cuales se hicieron recomendaciones para su prevención, mitigación, control o cancelación.

El área del Proyecto se encuentra dentro de la región marina prioritaria Sisal-Dzilam (RMP-61) zona costera con dunas, petenes. a continuación se muestran algunas de sus características (*Figura 22*).

Polígono:

Latitud 21° 40' 48" a 20° 28' 12"/Longitud 90° 21' a 88° 26' 24".

Biodiversidad:

Moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas, peces, aves, mamíferos marinos, manglares, vegetación costera. Hay endemismo de plantas fanerógamas, peces y moluscos (*Melongena spp.*). es zona de anidación de aves, de alimentación para tortugas (*Caguama*, *Caretta caretta*) y manatí, de crianza, refugio y reproducción para peces (*Rachycentron canadus*, *Lutjanus campechanus*), cocodrilos y cacerolita.

Aspectos económicos:

Potencial turístico creciente. Zona de pesca intensa organizada en sindicatos, cooperativas y libres, con explotación de crustáceos (*Farfantepenaeus duorarum*, *F. huachinango*, *robale*, *mero*, *cherna*, *cobia*). Hay explotación petrolera, agrícola y de recursos minerales.

Problemática:

Modificación del entorno: daño al ambiente por remoción de pastos marinos, arrastres cameroneros y perturbación de fondos, así como por embarcaciones en general y por asentamientos irregulares.

Contaminación: por descargas de petróleo, agroquímicos (escurrimientos agrícolas), basura y aguas negras.

Uso de recursos: presión sobre crustáceos y peces (pesca intensiva). Hay pesca ilegal, tráfico de especies y saqueo de huevos de tortuga.

Conservación:

Se considera que por su actividad pesquera intensiva y su potencial turístico creciente, debe elaborarse un programa de manejo de recursos, monitoreo y conservación de zonas naturales (de crianza, migración, reproducción, anidación, etc.).

Relación con el proyecto:

Es importante mencionar que el Proyecto no tendrá ninguna intervención ni cercanía con la zona costera o marina, por lo cual no generará ningún impacto adverso; las obras asociadas como la línea de transmisión no interrumpen ninguna actividad relacionada a la pesca o actividades similares.

Por otro lado, el Proyecto no es una actividad considerada turística por lo que no incrementará la presencia de individuos dentro de áreas y la posibilidad de someter a la biodiversidad a la presión de la actividad humana.

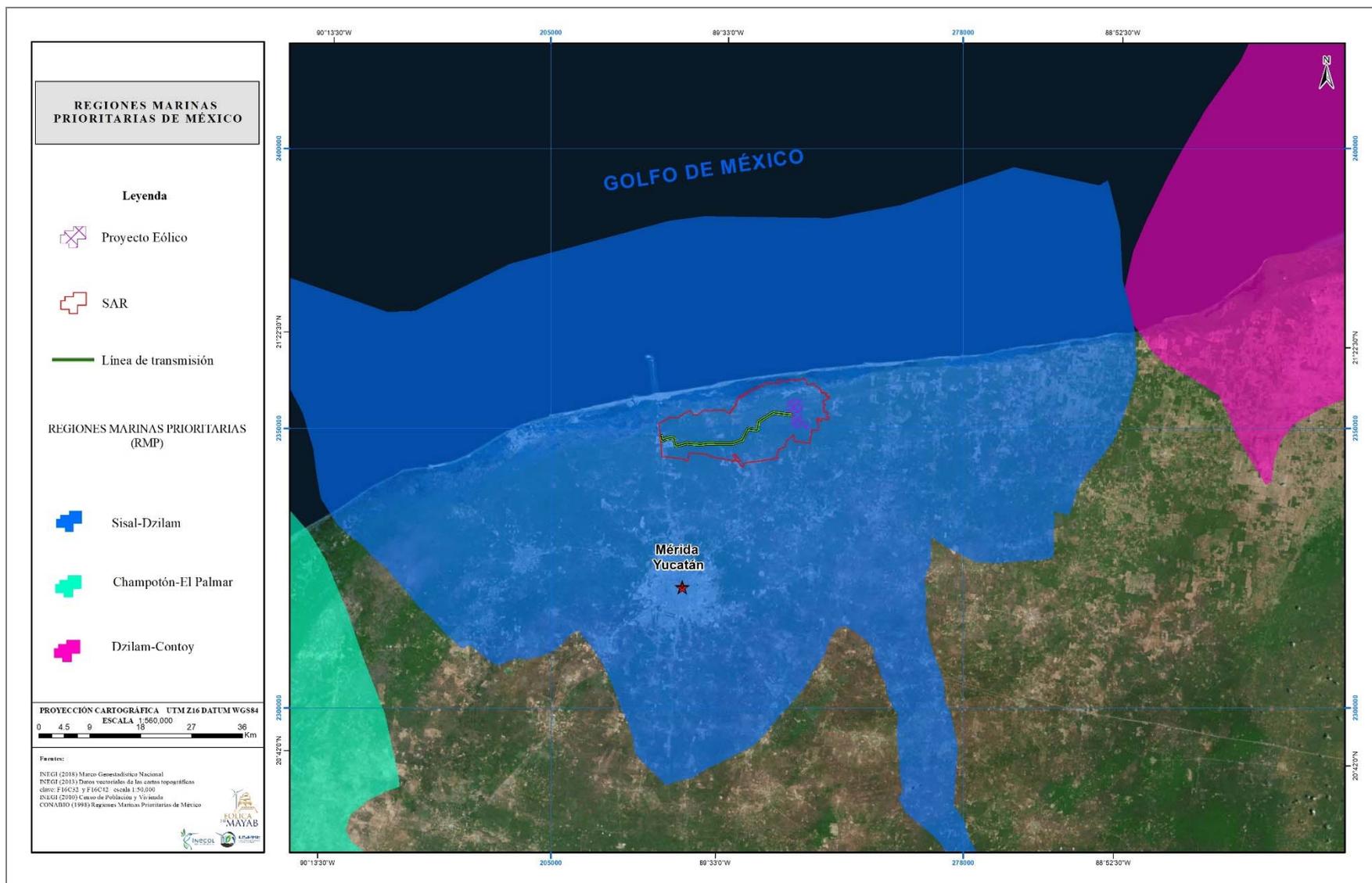


Figura 22. Ubicación del proyecto respecto a la RMP-61.

III.2.4 REGIÓN HIDROLÓGICA PRIORITARIA

La CONABIO inicio el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas, para establecer un marco de referencia que pueda ser considerado por los diferentes sectores para el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo sostenido. Este programa junto con los Programas de Regiones Marinas Prioritarias y Regiones Terrestres Prioritarias forma parte de una serie de estrategias instrumentadas por la CONABIO para la promoción a nivel nacional para el conocimiento y conservación de la biodiversidad de México.

En la *Figura 23* se observa que el área del proyecto se encuentra dentro de la región hídrica prioritaria (RHP-102): Anillo de Cenotes, con las siguientes características:

Polígono:

Latitud 21° 37' 48" – 19° 48' 36" N/ Longitud 90° 29' 24" – 87° 15' 36" W

Recursos hídricos principales:

Lénticos: cenotes, lagunas costeras, marismas, Ciénegas, petenes.

Lóticos: ríos y una extensa cuenca criptorréica de aguas subterráneas (Anillo de cenotes).

Biodiversidad:

Tipos de vegetación: vegetación de dunas costeras, manglar, tular, carrizal, tasistales, vegetación riparia, palmar inundable, matorral espinoso inundable, selva mediana subcaducifolia, petenes, selva baja caducifolia, selva baja inundable, sabana, pastizal halófilo, cultivado y natural. Diversidad de hábitats: dunas costeras, lagunas costeras, áreas palustres, cenotes, petenes. Flora característica: de manglares negro *Avicennia germinans*, blanco *Laguncularia racemosa* y rojo *Rhizophora mangle*, de pastos marinos *Halodulebeaudettei*, *Syringodium filiforme*, *Thalassia testudinum*, además de cactus *Acanthocereus tetragonus*, tasiste *Acoelorrhaphe wrightii*, bab-ki *Agave angustifolia*, sisal *A. sisalana*, *Annona glabra*, *Bactris balanoidea*, *B. mexicana*, *Batis maritima*, *Bathophora oerstedii*, julubal *Bravaisia tubiflora*, pucté *Bucida buceras*, chacá *Bursera simaruba*, *Byrsonima crassifolia*, *Caulerpa cupressoides*, *C. paspaloides*, *C. prolifera*, *C. racemosa*, *C. sertularioides*, *Ceiba aesculifolia*, *Chara fibrosa*, *Cladium jamaicense*, *C. mariscus*, uva de mar *Coccoloba uvifera*, *Coccothrinax readii*, palma de coco *Cocos nucifera tasiste*, botoncillo *Conocarpus erectus*, jícara *Crescentia cujete*, mucal *Dalbergia brownei*, *D. glabra*, zacate salado *Distichlis spicata*, *Echites yucatanensis*, *Eleocharis cellulosa*, *E. mutata*, *Ficus tecolultensis*, *Guaiacum sanctum*, palo de tinte *Haematoxylum campechianum*, riñonina *Ipomoea pes-caprae*, *Lantana involucrata*, *Lemaireocereus griseus*, dzalám

Lysiloma latisiliqua, *Malvaviscus arboreus*, chicozapote *Manilkara zapota*, chechén *Metopium brownei*, el zarzal *Mimosa pigra*, *Nopalea gaumeri*, *Nymphaea ampla*, nopal *Opuntia stricta dillenii*, *Phragmites australis*, flor de mayo *Plumeria obtusa*, *Pterocereus gaumeri*, *Roystonea regia*, *Salicornia bigelovii*, *Scirpus lacustris*, *Sesuvium portulacastrum*, *Sporolobus virginicus*, *Suaeda linearis*, *Thevetia ovata*, tule *Typha domingensis*. La flora fitoplanctónica de los cenotes generalmente está dominada por diatomeas como *Amphora ovalis*, *Cocconeis placentula*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella turgida*, *Diploneis puella*, *Eunotia maior*, *E. monodon*, *Gomphonema angustatum*, *G. lanceolatum*, *Nitzschia scalaris*, *Synedra ulna* y *Terpsinoe musica*. Fauna característica: de moluscos *Drymaeus cucullus*, *D. multilineatus*, *Polygra cereolus carpentereana*; de rotíferos *Keratella americana*, *Lecane aculeata*, *L. furcata*, *L. luna*, *Polyarthra vulgaris*; de ostrácodos *Candonocypris serratomarginata*, *Chlamydotheca mexicana*, *Cypridopsis niagrensis*, *C. rhomboidea*, *Cyprinotus putei*, *C. symmetricus*, *Darwinula stevensoni*, *Eucypris cisternina*, *E. serratomarginata*, *Herpetocypris meridiana*, *Metacypris americana*, *Stenocypris fontinalis*, *Strandesia intrépida* y *S. obtusata*; de copépodos *Arctodiaptomus dorsalis*, *Diacyclops* sp., *Macrocyclops albidus*, *Mastigodiaptomus albuquerquensis*, *M. nesus*, *Mesocyclops* sp., *Schizopera* sp., *Thermocyclops inversus*, *Tropocyclops extensus*, *T. parcinus*, *Tropocyclops prasinus* aff. *aztequei*, *Leptodiaptomus novamexicanus* y *Pseudodiaptomus marshi*; de anfípodos *Hyaella azteca* y *Quadrivisio lutzi*; de misidáceos *Antromysis (Antromysis) cenotensis*; de isópodos *Creaseriella anops*; de decápodos *Typhlatya mitchelli* y *T. pearsei*; de palemónidos *Creaseria morleyi*; de peces *Anguilla rostrata*, *Archosargus rhomboidalis*, *Arius melanopus*, *Astyanax altior*, *Belonesox belizanus*, *Cichlasoma friedrichsthalii*, *C. robertsoni*, *C. salvini*, *C. synspilum*, *C. urophthalmus*, *Cyprinodon artifrons*, *Floridichthys polyommus*, *Fundulus grandissimus*, *Gambusia yucatanana*, *Garmanella pulchra*, *Heterandria bimaculata*, *Menidia colei*, *Orthopristis crysoptera*, *Petenia splendida*, *Poecilia mexicana*, *P. orri*, *P. petenensis*, *P. velifera*, *Rhamdia guatemalensis*, *Thorichthys meeki*. de reptiles y anfibios la serpiente mocaín cantil *Agkistrodon bilineatus*, *Ameiva undulata*, *Anolis rodriguezi*, *Basiliscus vittatus*, *Boa constrictor*, *Bothrops asper*, *Bufo marinus*, *B. valliceps*, *Cnemidophorus angusticeps*, *Coleonyx elegans*, *Coniophanes imperialis*, los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti*, *Crotalus durissus*, *Drymobius margaritiferus*, *Elaphe triaspis*, *Fecimia pubha*, *Hyla loquax*, *H. microcephala*, *H. staufferi*, *Hypopachus variolosus*, *Iguana similis*, *Kinosternon scorpioides*, *K. subrubrus*, *Lepidochelys kempii*, *Leptophis mexicanus*, *Micrurus diastema*, *Oxybelis fulgidus*, *Phrynohyas venulosa*, *Pseudemys scripta*, *Rana berlandieri*, *Rhinoclemmys areolata*, *Smilisca baudinii*, *Stenorrhina freminvillei*, *Terrapene mexicana yucatanana*, *Tripion petasatus*; de aves *Aramus guarauna*, *Aythya affinis*, la garza blanca *Casmerodius albus*, de distribución restringida la codorniz cotuí yucateca *Colinus nigrogularis*, las gaviotas *Larus dominicanus* y *L. fuscus*, la garza rosada *Nycticorax violaceus*, el pelícano café *Pelecanus occidentalis*, el cormorán *Phalacrocorax olivaceus*, *Polioptila albitoris albivenfro*, el vireo yucateco *Vireo magister*, la paloma *Zenaida aurita*; de

mamíferos *Agouti paca*, *Bassariscus sumichrastris*, *Dasyprocta mexicana*, *Eira barbara*, *Mazama americana*, venado cola blanca *Odocoileus virginianus*, *Pecari tajacu*, *Potos flavus*, *Procyon lotor*. Endemismos de plantas *Acacia gaumeri*, *Cephalocereus gaumeri*, *Coccothrinax readii*, *Enriquebeltrania crenatifolia*, *Exostema caribaeum*, *Eragrostis yucatanica*, *Mammillaria gaumeri*, *Matelea yucatanensis*, *Spermacoce confusa*, *Pseudophoenix sargentii*; de anfípodos *Mayaweckelia cenotica*; de peces *Cichlasoma urophthalmus mayorum*, *C. urophthalmus zebra*, *Ogilbia pearsei*, *Ophisternon infernale*, *Poecilia velifera*, *Rhamdia guatemalensis*, *R. guatemalensis decolor*, *R. guatemalensis depressa*, *R. guatemalensis sacrificii*, *R. guatemalensis stygaea*; de anfibios y reptiles *Agkistrodon bilineatus*, *Anolis lemurinus*, *Bolitoglossa yucatanica*, *Coniophanes schmidtii*, *Hemidactylus turcicus*, *Laemanctus serratus*, *Leptodactylus labialis*, *L. melanonotus*, *Mabuya brachypoda*, *Mastigodryas melanoomus*, *Norops sagrei*, *Pseudemys scripta*, *Rhynophrynus dorsalis*, *Sceloporus serrifer*, *Sibon sanniola*, *Thecadactylus rapicaudus*; de aves el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, el loro yucateco *Amazona xantholora*, la matraca yucateca *Campylorhynchus yucatanicus*, el carpintero yucateco *Centurus pygmaeus*, la chara yucateca *Cyanocorax yucatanicus*, el colibrí tijereta *Doricha eliza*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el copetón yucateco *Myiarchus yucatanensis*, la pachacua yucateca *Nyctiphrynus yucatanicus*. Todas las especies mencionadas anteriormente están amenazadas por aislamiento, fragmentación del hábitat, desarrollo urbano y contaminación. Otras especies amenazadas de plantas son la agavácea *Beaucarnea plabilis*, la boraginácea siricote *Cordia dodecandra*, las palmas *Pseudophoenix sargentii*, *Sabal gretheriae*, *Thrinax radiata* y la orquidácea *Rhyncholaelia digbyana*; existen sitios de anidación para especies protegidas de tortugas caguama *Caretta caretta*, blanca *Chelonia mydas*, laúd *Dermochelys coriácea* y carey *Eretmochelys imbricata*, y de reptiles como la boa *Boa constrictor*, los cocodrilos *Crocodylus acutus* y *C. moreleti*, la iguana rayada *Ctenosaura similis*; de aves el pavo ocelado *Agriocharis ocellata*, el loro de frente blanca *Amazona albifrons*, el loro de frente roja, *A. autumnalis*, el loro yucateco *A. xantholora*, *Anas acuta*, *A. discors*, el chovac *Anhinga anhinga*, el ralón cuellirufu *Aramides axillaris*, la grullita *Aramus guarauna*, *Aythya affinis*, *Buteo albicaudatus*, *B. nitidus*, *B. jamaicensis*, *B. magnirostris*, *Buteogallus anthracinus*, *B. urubitinga*, el cardenal *Cardinalis cardinalis*, el zopilote cabeza amarilla *Cathartes burrovianus*, el pijijí cantor *Charadrius melodus*, *Circus cyaneus*, la garza rojiza *Egretta rufescens*, el halcón peregrino *Falco peregrinus*, *F. ruficularis*, *Geranospiza caerulescens*, *Glaucidium brasilianum*, el bolsero yucateco *Icterus auratus*, el bolsero cuculado *I. cucullatus*, el bolsero de Altamira *I. gularis*, el kuká *Ixobrycus exilis*, el jabirú *Jabiru mycteria*, la cigüeña americana *Mycteria americana*, los flamencos rosado *Phoenicopterus roseus* y americano *Phoenicopterus ruber*, el panch'el *Pteroglossus torquatus*, el tucán pico multicolor *Ramphastos sulfuratus*, *Rostrhamus sociabilis*, *Sarcoramphus papa*, *Spizaetus tyrannus*, la golondrina marina *Sterna antillarum*; de mamíferos el mono araña *Ateles geoffroyi*, el saraguato negro *Alouatta pigra*, el ocelote *Leopardus pardalis*, el tigrillo *L. wiedii*, el tejón *Nasua narica*, el

jaguar *Panthera onca*, el manatí *Trichechus manatus*. Especies posiblemente extintas: el cíclido *Cichlasoma urophthalmus conchitae* y *C. urophthalmus ericymba*. Áreas de anidación para el flamenco rosado y otras aves marinas migratorias y de concentración excepcional del merostomado *Limulus polyphemus*.

Problemática:

Modificación del entorno: extracción inmoderada de agua y deforestación. Pérdida de la vegetación, sobrepastoreo, destrucción de dunas costeras por efecto de la industria salinera, construcción de carreteras, bordos y diques, azolve, desecación y desarrollo de infraestructura portuaria. Incendios producidos por prácticas de tumba, roza y quema y actividad ganadera. Crecimiento urbano que ocasiona relleno de zonas inundables y destrucción del manglar.

Contaminación: por materia orgánica y metales pesados. Esguimientos agrícolas con agroquímicos y aguas negras. Contaminación del manto freático. En Mérida: residuos orgánicos y patógenos (contaminación urbana e industrial).

Uso de recursos: petróleo, termoeléctrica, cacería furtiva, pesca ribereña y artesanal de camarón, bagre *Arius melanopus*, mojarra *Calamus campechanus*, jurel *Caranx sp.*, robalo *Centropomus undecimalis*, corvinas (*Cynoscion arenarius*) y *C. nebulosus*, mero *Epinephelus morio*, huachinango *Lutjanus campechanus*, lisa *Mugil sp.*, pulpo *Octopus maya* y *O. vulgaris*, langosta *Panulirus argus*, carito *Scomberomorus cavalla*, *S. maculatus*, *Seriola sp.* y caracol *Strombus gigas*; acuicultura, agricultura, ganadería, apicultura y ecoturismo. Producción de sal y cultivos de palma de coco.

Conservación:

Preocupa la extracción inmoderada de agua, la modificación de los flujos de agua y la contaminación de las aguas subterráneas. Se requiere del control de contaminantes en Mérida y en los cenotes. Se requieren, también, de estudios de microtopografía de las cuencas, gasto en petenes y listas de vegetación acuática e insectos. Conservación Internacional y la Convención de Ramsar señalan a Ría Lagartos como humedal prioritario por ser un sistema complejo de pequeños estuarios, lagunas costeras hipersalinas, manglares y una barra de dunas de arena. Comprende la reserva estatal de Dzilam, las Reservas Especiales de la Biosfera Ría Celestún y Ría Lagartos y el Parque Nacional Dzilbilchaltún

Relación con el Proyecto:

El Proyecto se ubica dentro de la RHP anillo de cenotes, por lo que se ha considerado para el diseño técnico de la construcción, métodos y técnicas que impiden la cimentación de los aerogeneradores a una profundidad mayor a 2.5 metros, lo que asegura que no se impacte el sistema acuático

subterránea existente. El procedimiento de construcción está respaldado con los estudios geohidrológicos que aseguran una etapa de construcción sin afectaciones significativas.

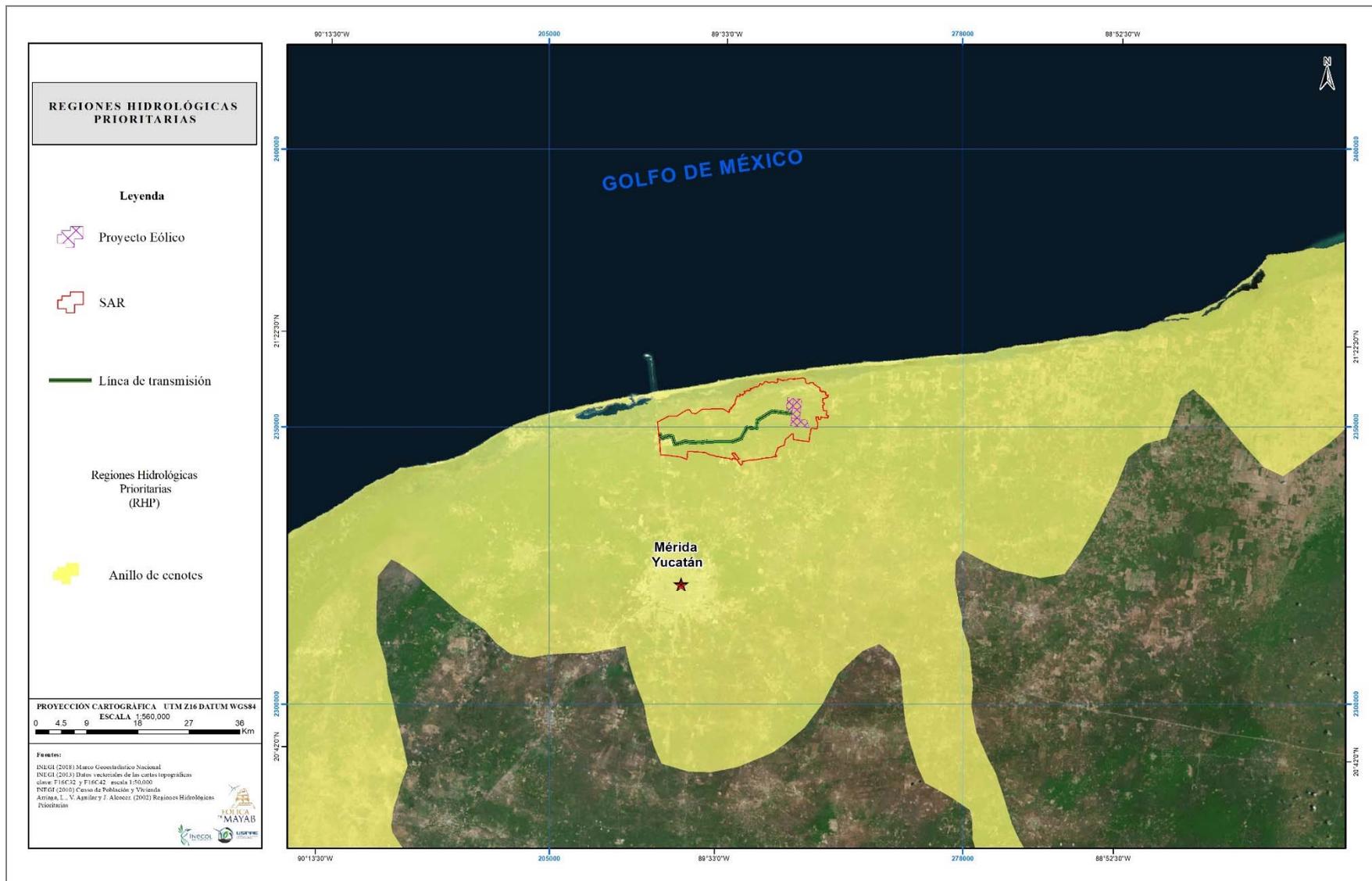


Figura 23. Ubicación del proyecto respecto a la RHP-102.

III.2.5 ÁREAS DE IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACIÓN DE AVES

El programa de las AICAS surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. Inició con apoyo de la Comisión para la Cooperación Ambiental de Norteamérica (CCA) con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves.

El proyecto se ubica dentro del AICA 184: Ichka' Ansijo, con las siguientes características (*Figura 24*).

Ubicación geográfica:

21° 25' N, 90° 00' O

Hábitats:

Duna costera, manglar, pastizal halófilo, tular, selva baja caducifolia y selva baja espinosa.

Uso de suelo:

Actividades forestales en un 48%; ganadería en un 25%; agricultura 24.7%, y en menor proporción salineras, planta de almacenamiento y bombeo de Pemex, turismo y áreas urbanas.

Amenazas:

Deforestación, cacería, ganadería, agricultura, desarrollo urbano, turismo, desarrollo industrial y explotación inadecuada de recursos.

Aves:

La presencia de distintos tipos de vegetación garantiza la riqueza ornitofaunística que proporciona hábitat para 337 especies de aves, de las cuales 51.6% son residentes todo el año, 48% residentes de invierno y 0.4% transitorias. Cabe mencionar la existencia de una laguna costera continua desde Celestún hasta la Bahía Conil, en Quintana Roo; hasta 1964 este cuerpo de agua era navegable desde Chuburná hasta Dzilám, pero actualmente se encuentra en proceso de fragmentación y desecación a causa de la construcción de caminos y drenes que impiden la circulación libre del agua salobre, y que, como consecuencia, han provocado la pérdida del hábitat para muchas especies de aves, como el jabirú (*Jabiru mycteria*) y la matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*), y también para algunas especies de cactáceas como la Mamillaria gaumeri. Se le considera NA-1 dada la presencia del charrán mínimo (*Sterna antillarum*).

Relación con el Proyecto:

Considerando estas áreas como sitios relevantes para la conservación de aves, uno de los principales impactos de los proyectos eólicos está relacionada con la fauna voladora, por lo que resulta de gran

relevancia que el proyecto se encuentra dentro de un AICA. No obstante, se han realizado muestreos dentro del área del proyecto en un máximo esfuerzo de un ciclo anual, del que se ha obtenido valiosa información particularmente de la avifauna y se infiere a través de la información en campo y el análisis a través de un modelo que proporciona la posibilidad de riesgo de colisión de las aves, que no hay riesgo significativo en cuanto al tema de colisiones.

Por lo anterior y el compromiso de la Promovente con el medio ambiente, no se descarta el mínimo riesgo en cuanto a la colisión de la fauna voladora por lo que se han establecido una serie de medidas de prevención y control para aminorar el impacto adverso a este componente.

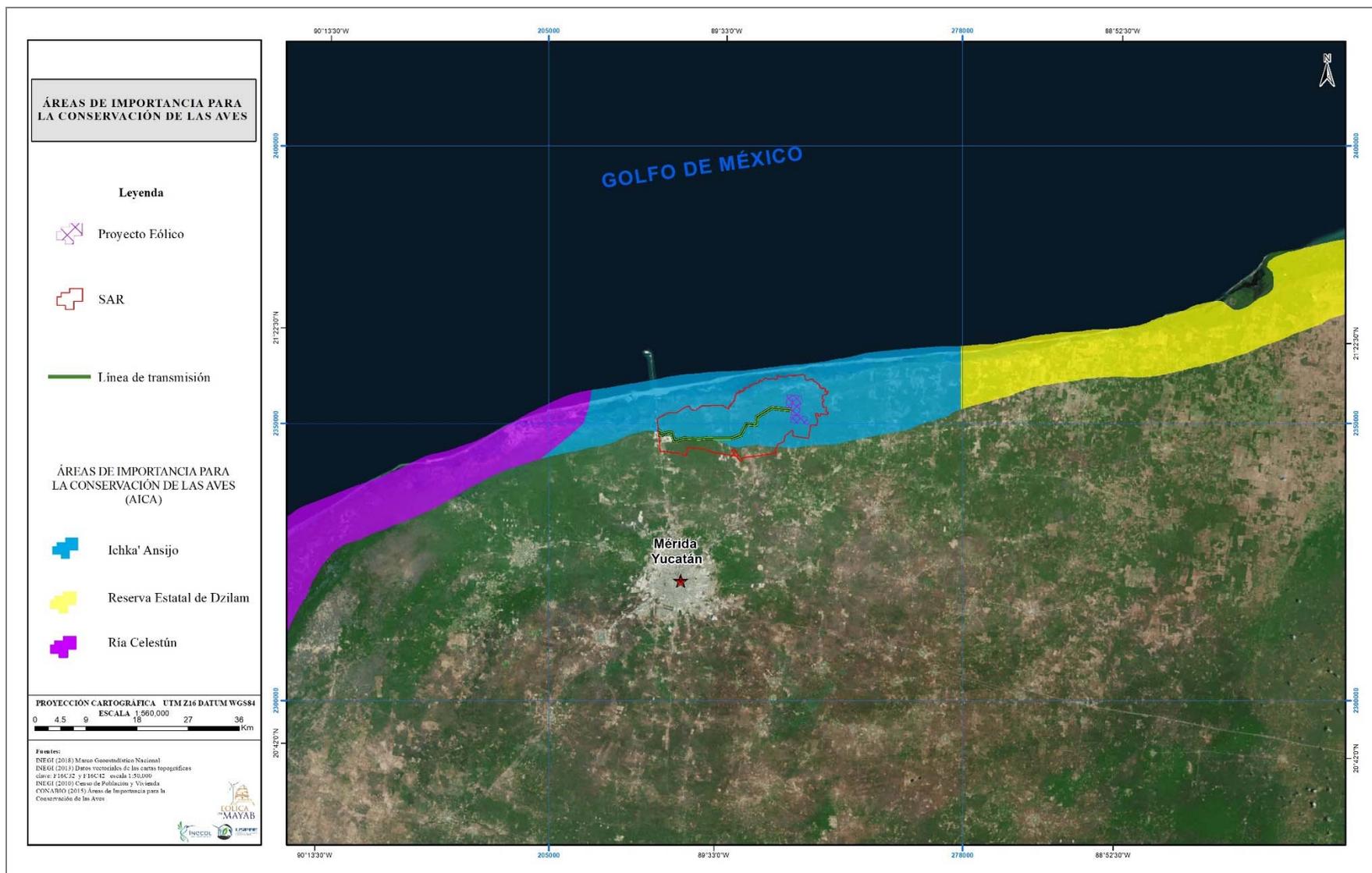


Figura 24. Ubicación del proyecto respecto al AICA Ichka' Ansijo.

III.2.6 SITIOS RAMSAR EN MÉXICO

La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas, también llamada Convención de Ramsar es un tratado intergubernamental en donde 160 países establecen los compromisos de actuación dirigidos a mantener las características ecológicas de sus humedales de importancia internacional como una contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el planeta a través de acciones locales, regionales y nacionales. Al día de hoy se encuentran 160 países parte de 1,912 humedales alrededor del mundo considerados de importancia internacional, México participa de manera importante en este acuerdo internacional con 134 humedales de gran importancia por sus servicios ambientales, sociales y económicos.

Como se puede observar en la *Figura 25*, el área del proyecto no se encuentra dentro de algún sitio RAMSAR de los cuatro sitios más, sin embargo en ninguno incide de manera directa o indirecta el proyecto.

Relación con el Proyecto:

En este caso el proyecto no incide en zonas de humedales, las cuales se establecen en la parte norte del área de influencia. Aunado a la importancia que se tiene principalmente con la avifauna del lugar, se han propuesto estrategias de prevención y mitigación para evitar al máximo los impactos adversos a dicho componente.



Figura 25. Ubicación del proyecto respecto al sitio RAMSAR, Anillo de Cenotes.

III.2.7 SITIOS PRIORITARIOS MARINOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

La conservación de la biodiversidad marina es fundamental ya que un componente esencial de la megadiversidad de México son los ambientes costeros, oceánicos e insulares. Estos ecosistemas son de importancia crítica ya que en ellos habitan una gran cantidad de especies tanto endémicas como de distribución amplia y al mismo tiempo son sitios importantes de reproducción, anidación, descanso y alimentación de la fauna marina.

El área del proyecto se encuentra dentro del sitio prioritario para la conservación de la biodiversidad mariana número 66: Plataforma Continental de Dzilam. A continuación, se muestran sus características principales (*Figura 26*):

Diversidad biológica:

Grupos taxonómicos con elevada riqueza de especies en el sitio: Moluscos, Crustáceos, Peces, Aves, Vegetación petenes.

Especies clave y argumentos para su consideración: Manglares

Especies bandera: Flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*), aves migratorias (pato).

Especies endémicas en el sitio (nacional o regional): Plantas fanerógamas, peces y moluscos (*Melongena spp.*).

Diversidad ambiental:

Grado de heterogeneidad ambiental: Lagunas costeras, petenes, cenotes, playas, pastos marinos, manantiales, cenotes submarinos.

Servicios ambientales: Mantener calidad del agua, protección de costa a eventos como huracanes, criadero, reproducción, especies de fauna silvestre y de importancia comercial. Servicio escénico.

Integridad ecológica: Petenes, manglar, laguna, pastos, manantiales.

Importancia biológica del sitio:

Importancia del sitio como área de alimentación, refugio, reproducción y anidación, desarrollo y crecimiento para diferentes especies.

Impactos y amenazas:

Modificación del entorno, Pesca intensiva, Ecoturismo, Contaminación por agroquímicos, aguas residuales y lixiviados de basureros; pesca intensiva.

Relación con el Proyecto

El Parque Eólico Chicxulub no dañará la región marina, ya que las obras incluyendo la línea de transmisión se llevarán a cabo en tierra, no interviniendo en actividades como la pesca, tampoco modificando flujos superficiales o alguna dinámica en las costas y mares de esta región, además no se tendrá impacto sobre la comunidad de manglar y humedales, manteniendo la disposición de refugio, alimentación y anidación en esas zonas para las especies de interés como el Flamenco.

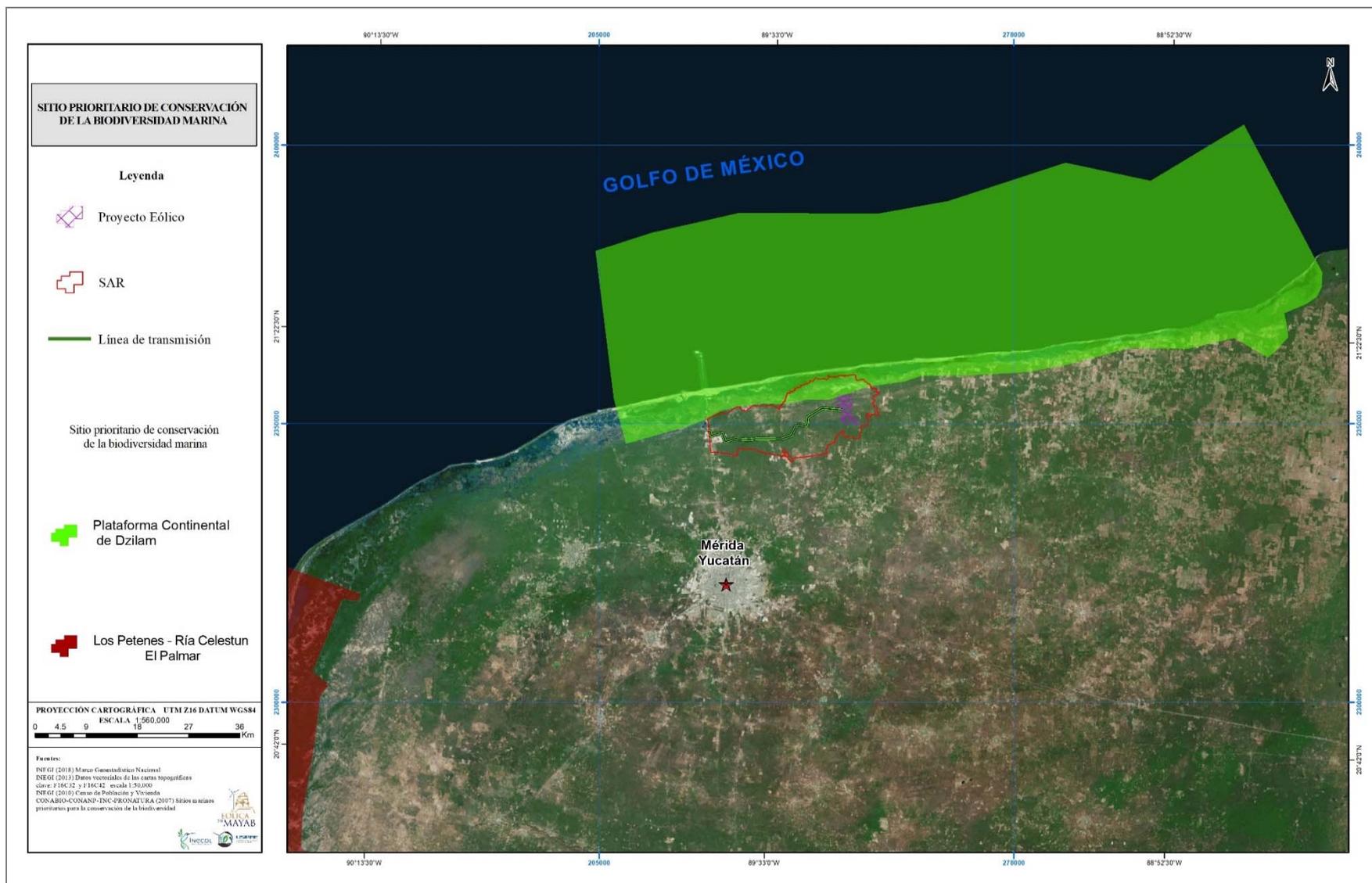


Figura 26. Ubicación del proyecto respecto al sitio prioritario de conservación de la biodiversidad marina (66).

III.2.8 SITIOS DE MANGLAR CON RELEVANCIA BIOLÓGICA Y CON NECESIDAD DE REHABILITACIÓN ECOLÓGICA

La CONABIO identificó 81 sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica a nivel nacional. Los sitios de manglar se identificaron en 5 regiones del país: Pacífico Norte, Pacífico Centro, Pacífico Sur, Golfo de México y Península de Yucatán.

En la *Figura 27*, el área del proyecto se encuentra cercana al sitio PY79 Telchac correspondiente a la región de relevancia y rehabilitación de la Península de Yucatán, a continuación se describen sus características y relación con el proyecto.

Descripción biológica del sitio:

Vegetación: Manglar, Palmar inducido, pastizal halófilo, selva baja espinosa caducifolia, selva mediana caducifolia, tular y vegetación de dunas costeras.

Especies características: *Plueria obtusa* (flor de mayo), *Pseudophoenix sargentii* (kuka), *Thrinax radiata* (chit), *Acoelorrhaphe wrightii* (tasiste).

Fauna: *Limulus polyphemus* (cacerolita de mar), *Phoenicopterus ruber* (flamenco rosado).

Importancia biológica del sitio:

Servicios ambientales: Los manglares son considerados sitios para la alimentación, refugio, reproducción y nidación. Protección de la costa a fenómenos naturales, mantenimiento de la calidad del agua, estabilidad y son fuente de materia orgánica, valor biogeográfico y ecosistémico.

Funciona como corredor biológico para aves, además de poseer especies endémicas o bajo alguna categoría de protección: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* bajo la categoría de amenazadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Impactos y amenazas:

Tala de manglar, modificaciones hidrológicas, crecimiento urbano, cambio de uso de suelo, intrusión de agua marina, azolvamiento y dragados.

Relación con el Proyecto:

Aunque se aprecia un porcentaje del proyecto dentro de esta zona, no se tiene contemplada ninguna obra que afecte a los manglares. También durante los muestreos y verificación de la vegetación en campo, se pudo corroborar que no hay vegetación de manglar dentro de los sitios considerados para las obras, incluyendo obras asociadas y línea de transmisión, por lo tanto no

habrá una afectación por el cambio de uso de suelo. Tampoco traerá presión sobre especies bandera de esta comunidad y no interferirá en los servicios ambientales que proporciona el manglar.

Se han considerado numerosas medidas de mitigación y prevención que están relacionadas con la biodiversidad que pueda refugiarse en los sitios de manglar cercanos al Proyecto, que tendrán especial énfasis en la avifauna.

Por lo anterior el Proyecto no tendrá alguna intervención con este tipo de región, disminuyendo la presión que ha deteriorado las zonas de manglar que actualmente se recuperan por la pérdida derivada de actividades humanas y considerar el efecto de eventos naturales que han tenido un impacto significativo sobre este tipo de vegetación.

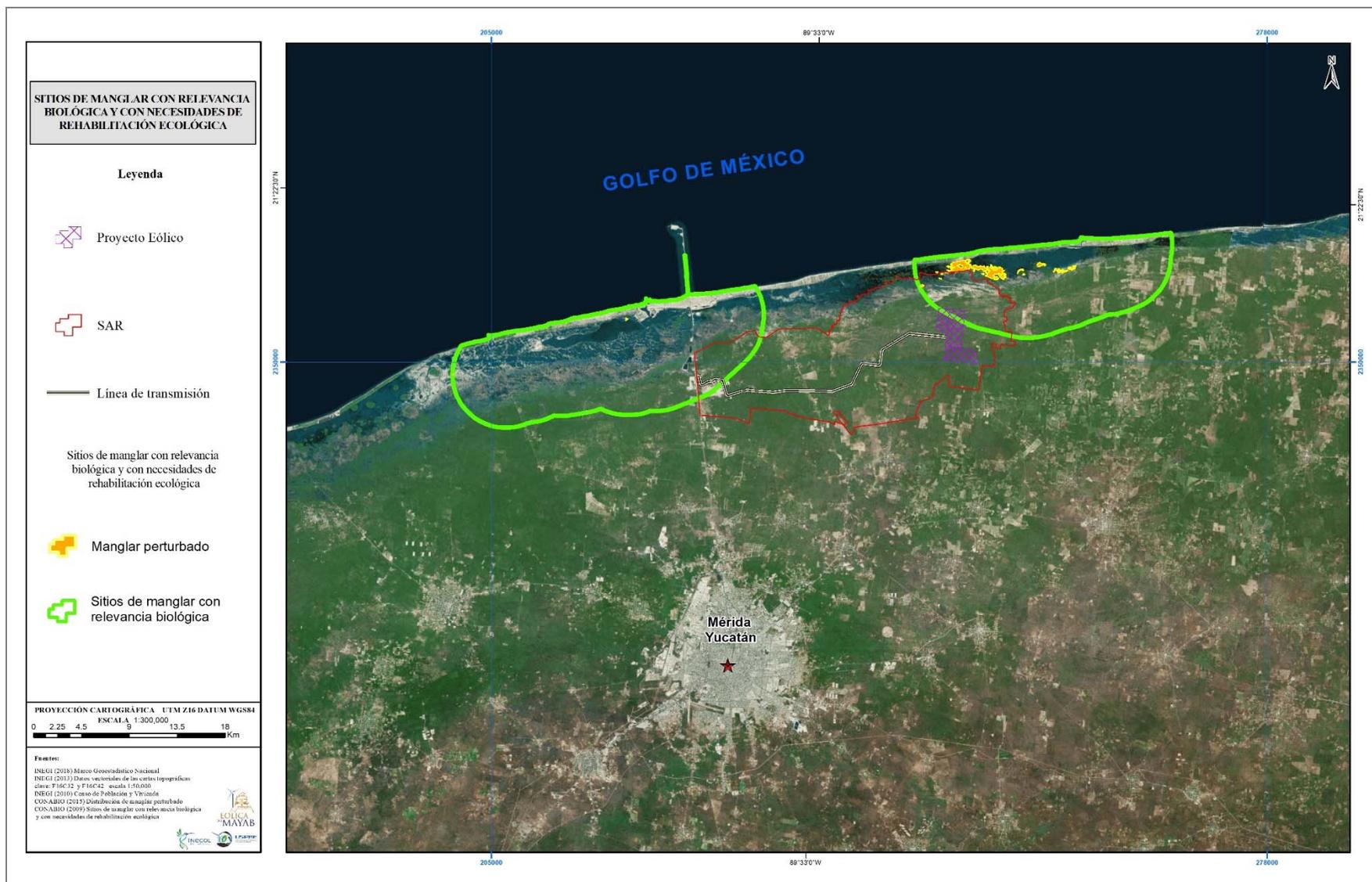


Figura 27. Ubicación del proyecto respecto al sitio GM PY79

III.3 MARCO JURÍDICO NORMATIVO

III.3.1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Con relación a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) se revisó la normatividad existente y se seleccionó la aplicable al Proyecto; dando como resultado la lista de las NOM que aplican en las diferentes etapas y su vinculación.

En el *Cuadro 24* se presenta la vinculación de las NOM con el Proyecto y la manera en que este las cumple.

Cuadro 24. Vinculación del Proyecto con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables en su desarrollo.

NOM'S	CAMPO DE APLICACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
NOM-041-SEMARNAT-2006	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Debido al uso de maquinaria y vehículos automotores durante las etapas de construcción y desarrollo del Proyecto; se mantendrá un estricto control bajo el uso de la verificación vehicular, además de mantener el constante mantenimiento de la herramienta y maquinaria de manera periódica.
NOM-042-SEMARNAT-2003	Establece los límites máximos posibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos y provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.	Debido al uso de maquinaria y vehículos automotores durante las etapas de construcción y desarrollo del Proyecto; se mantendrá un estricto control bajo el uso de la verificación vehicular, además de mantener el constante mantenimiento de la herramienta y maquinaria de manera periódica.
NOM-045-SEMARNAT-2006	Establece los límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas de equipo de medición.	Debido a que durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación del proyecto se usarán vehículos que emplearán el uso de diésel como combustible, deberán contar su verificación vehicular que corresponda de acuerdo al año, modelo de la unidad y su peso bruto vehicular. En caso de que en la región no exista Programa de Verificación Vehicular, se aplicará un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos con el fin de mantener un nivel de emisiones dentro de los límites permisibles conforme a las tablas 1 y 2 de la presente norma.

NOM'S	CAMPO DE APLICACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO				
NOM-050-SEMARNAT-1993	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usas gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustibles	Debido al uso de maquinaria y vehículos automotores durante las etapas de construcción y desarrollo del Proyecto; se mantendrá un estricto control bajo el uso de la verificación vehicular, además de mantener el constante mantenimiento de la herramienta y maquinaria de manera periódica.				
NOM-052-SEMARNAT-2005	Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Debido a que durante las etapas de preparación del sitio, construcción y operación se generarán residuos peligrosos; se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos donde se depositarán de manera temporal en tambos etiquetados aceites gastados, estopas impregnadas con grasas y aceites, pinturas, sobrantes de soldadura, etc. El almacén temporal será construido con base en lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; se contratará una empresa especializada y autorizada para su recolección, traslado y disposición final en un sitio de confinamiento autorizado. Todos los residuos peligrosos serán transportados a sus sitios de depósito definitivo en vehículos que cumplan con los requisitos establecidos por la normatividad aplicable.				
NOM-054-SEMARNAT-1994	Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos para la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993.	A fin de evitar reacciones violentas y negativas que puedan provocar efectos dañinos en el medio ambiente por la mezcla de dos o más residuos peligrosos, y a fin de evitar alguna contingencia ambiental el almacén temporal de residuos peligrosos se cumplirá con las disposiciones contenidas en el Artículo 82 del Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos. Posteriormente se contratará a una empresa especializada y autorizada para su recolección, traslado y disposición final en un sitio de confinamiento autorizado.				
NOM-059-SEMARNAT-2010	Establece la protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo.	Durante los recorridos se registraron especies de que se encuentran dentro de alguna categoría de protección, por lo cual, se dará atención especial para que todas las obras y acciones durante las diferentes etapas del proyecto eviten afectar a sus poblaciones.				
NOM-080-SEMARNAT-1994	Establece los máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	Se considera que en las distintas etapas del proyecto en las que se generen emisiones de ruido, no serán superiores a los límites máximos permisibles enlistados en la Tabla 1 de la NOM y que a continuación se presenta: <table border="1" data-bbox="922 1856 1377 1938"> <thead> <tr> <th data-bbox="922 1856 1187 1906">PESO BRUTO VEHICULAR (KG)</th> <th data-bbox="1187 1856 1377 1906">LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES dB (A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="922 1906 1187 1938">Hasta 3,000</td> <td data-bbox="1187 1906 1377 1938">86</td> </tr> </tbody> </table>	PESO BRUTO VEHICULAR (KG)	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES dB (A)	Hasta 3,000	86
PESO BRUTO VEHICULAR (KG)	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES dB (A)					
Hasta 3,000	86					

NOM'S	CAMPO DE APLICACIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO	
		Más de 3,000 y hasta 10,000	92
		Más de 10,000	99
		Con base en los límites máximos permitidos, se infiere que no rebasarán el límite permitido con lo cual se atiende a los requerimientos de la presente norma.	
NOM-081-SEMARNAT-1994	Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.	Con base en los límites máximos permitidos, se infiere que no rebasarán el límite permitido con lo cual se atiende a los requerimientos de la presente norma.	

Normas en materia de Seguridad e Higiene.

NORMA OFICIAL MEXICANA	OBJETIVO
NOM-001-STPS-2008	Establece las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores
NOM-002-STPS-2010	Establece los requerimientos para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo
NOM-004-STPS-1999	Establece las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.
NOM-009-STPS-2011	Establece los requerimientos mínimos de seguridad para la prevención de riesgos laborales por la realización de trabajos en altura.
NOM-011-STPS-2001	Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que, por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición.
NOM-017-STPS-2008	Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.
NOM-019-STPS-2004	Establecer los lineamientos para la constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Establece los requerimientos en cuanto a los colores y señales de seguridad e higiene y la identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-027-STPS-2008	Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se realicen actividades de soldadura o y corte.
NOM-029-STPS-2011	Establece las condiciones de seguridad para la realización de actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo, a fin de evitar accidentes al personal responsable de llevarlas a cabo y a personas ajenas a dichas actividades que pudieran estar expuestas.
NOM-002-SCT-2011	Identificar y clasificar las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, de acuerdo a su clase, división de riesgo, riesgo secundario, número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, las disposiciones especiales a que deberá sujetarse su transporte, límites

NORMA OFICIAL MEXICANA	OBJETIVO
	cuantitativos de cantidades limitadas y cantidades exceptuadas permitidas, y las correspondientes instrucciones de envase y embalaje, métodos de transporte, Recipientes Intermedarios a Granel y Cisternas Portátiles y sus disposiciones especiales.
NOM-056-SSA1-1993	Establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los equipos de protección personal para preservar la salud en el ambiente laboral.
NOM-001-SEDE-2005/2012	Establece las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra: <ul style="list-style-type: none"> • Las descargas eléctricas, • Los efectos térmicos, • Las sobrecorrientes, • Las corrientes de falla y • Las sobretensiones.

III.4 OTROS INSTRUMENTOS

III.4.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

En el *Cuadro 25* se presenta un resumen de las disposiciones constitucionales vinculantes al proyecto eólico Chicxulub.

Cuadro 25. Disposiciones reglamentarias vinculantes con el Proyecto.

	ARTÍCULOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	<p>Artículo 25 Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable. Al desarrollo económico nacional concurrirán, el sector público, social y privado. El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, manteniendo siempre el Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos y empresas productivas del Estado que en su caso se establezcan. Asimismo, podrá participar por sí o con los sectores social y privado, de acuerdo con la ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo. Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.</p> <p>Artículo 27 Corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica; en estas actividades no se otorgarán concesiones, sin perjuicio de que el Estado pueda celebrar contratos con particulares en los términos que establezcan las leyes, mismas que determinarán la forma en que los particulares podrán participar en las demás actividades de la industria eléctrica.</p> <p>Artículo 28 No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; minerales radiactivos y generación de energía nuclear; la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, y la exploración y extracción del petróleo y de los demás hidrocarburos, en los términos de los párrafos sexto y séptimo del artículo 27 de esta Constitución, respectivamente; así como las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. El Poder Ejecutivo contará con los órganos reguladores coordinados en materia energética, denominados Comisión Nacional de Hidrocarburos y Comisión Reguladora de Energía, en los términos que determine la ley.</p>	<p>El Proyecto, no contraviene a las disposiciones contenidas en la carta magna ya que permite la participación del sector privado para impulsar actividades prioritarias del desarrollo nacional</p> <p>El Proyecto, corresponde a un área de actividad económica de carácter estratégico ya que se trata de la conducción y distribución de energía eléctrica que tiene por objeto satisfacer la demanda de energía en el centro del país.</p>

III.4.2 CONVENIOS INTERNACIONALES

Los tratados y/o Convenios Internacionales aprobados por el Senado y los cuales son jurídicamente vinculantes con el Proyecto, se muestran en el *Cuadro 26*.

Cuadro 26. Convenios Internacionales vinculantes con el Proyecto.

CONVENIO	OBJETIVO	VINCULACIÓN
Convención marco sobre el cambio climático	Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel donde las acciones del hombre no perjudiquen el sistema climático, permitiendo que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio meteorológico y asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible". (Artículo 2).	El proyecto es jurídicamente vinculante con la convención y el protocolo de kyoto debido a los beneficios que aportará al medio ambiente y al desarrollo sustentable. Asimismo, dará impulso al desarrollo en la explotación de los recursos renovables del país y la región, lo que implica la sustitución de generación de energía a base de combustibles fósiles, por energía eólica, con lo cual se contribuye a:
Protocolo de Kioto	<p>Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero obligatorias para países desarrollados con economías en transición que sean partes y que estén incluidos en el Anexo 3.</p> <p>Obligación de países Anexo 3 de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012. Fomentar la eficiencia energética, desarrollo y aumento del uso de nuevas fuentes renovables de generación de energía, de tecnologías de captura de carbono y de tecnologías más modernas y ecológicamente racionales.</p> <p>Mecanismo de desarrollo limpio (MDL) (Art.12 del protocolo). Su propósito es ayudar a las partes no incluidas en el Anexo 3, a lograr un desarrollo sustentable y ayudar a las partes incluidas a cumplir con sus compromisos sobre limitación y reducción de emisiones de GEI.</p> <p>Los países Anexo 3, como México, a través del MDL permiten desarrollar proyectos que tengan como resultado Reducciones Certificadas de Emisiones y de esta manera contribuir al desarrollo sustentable.</p>	<p>1) no contaminar el agua o el aire.</p> <p>2) evitar emisiones de gases de combustión como CO (monóxido de carbono), CO₂ (bióxido de carbono), NOx (óxidos de nitrógeno), SOx (óxidos de azufre) y partículas suspendidas.</p> <p>3) evitar el uso de volúmenes de agua de repuesto, dado que el diseño de este proyecto no requiere ciclos de vapor y de enfriamiento.</p> <p>4) minimizar descarga de aguas residuales</p> <p>5) minimizar la generación de residuos peligrosos, inherentes a las centrales termoeléctricas convencionales.</p> <p>6) se estima que la realización del proyecto no producirá emisiones de CO₂ a la atmósfera, como generaría una central eléctrica convencional de la misma capacidad (1,168,125 toneladas por año, aproximadamente).</p>
Acuerdo de París sobre cambio climático	<p>Entrado en vigor el 4 de noviembre de 2016 a partir de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático celebrado en París, Francia. Dicho acuerdo es una respuesta por parte de la ONU para mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2°C.</p> <p>México firmó este acuerdo, en el cual se compromete al cumplimiento de cinco acciones concretas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alcanzar una tasa cero de deforestación 2. Mejorar la capacidad adaptativa de los 160 municipios más vulnerables 3. Proteger a la población de los fenómenos hidrometeorológicos extremos 4. Aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica del país y de los ecosistemas 5. Desacoplar el crecimiento económico de la emisión de contaminantes de efecto invernadero 	El Proyecto cumple con lo estipulado para alcanzar las acciones a cumplir por el gobierno mexicano, puesto que el proyecto contemplará la mayoría de sus obras sobre áreas no forestales, y de ocupar dichos espacios, éstos serán compensados para evitar incrementar la tasa de deforestación. Aunado a esto, se generará energía eléctrica mediante el uso del viento, reduciendo la emisión de contaminantes como el GEI.

III.4.3 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) tiene por objeto, propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, la preservación, la restauración, el mejoramiento del ambiente y el aprovechamiento sustentable. En el *Cuadro 27* se muestra un resumen de las disposiciones reglamentarias contenidas en la LGEEPA y que guardan relación con el Proyecto.

De conformidad con la Fracción X del artículo 5 de la LGEEPA son facultades de la federación, entre otras la evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de la misma Ley, y en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes.

El Proyecto corresponde a una obra de la industria eléctrica y se enmarca dentro de la fracción II del artículo 28 de la LGEEPA, por lo tanto el Proyecto es competencia de la federación y se encuentra regulado por la presente Ley.

Cuadro 27. Disposiciones reglamentarias contenidas en la LGEEPA, vinculantes al Proyecto.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
<p>Artículo 28 La Evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual, la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que pueden causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:</p> <p>II.- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;</p> <p>VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas;</p>	<p>El artículo 28, contiene el fundamento legal para que todo proyecto que se encuentre dentro de los supuestos de requerir una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) se sujete a las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar los ecosistemas a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente.</p> <p>El Proyecto, es jurídicamente vinculante con la fracción II del precepto legal, al tratarse de una obra de la industria eléctrica. En este contexto, para llevar a cabo las actividades relacionadas con el Proyecto se requiere contar previamente con la autorización en materia de impacto ambiental por parte de la Secretaría.</p> <p>En este sentido y para dar cumplimiento a las disposiciones legales contenidas en la presente ley se elaboró el presente estudio de Impacto Ambiental, a fin de obtener la autorización por parte de la Secretaría.</p>
<p>Artículo 30 Presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman</p>	<p>Se da cumplimiento a lo establecido en el artículo 30 de la ley ya que el presente documento en su Capítulo V contiene descripciones de posibles efectos sobre los ecosistemas que pudieran verse afectados por las obras. En el Capítulo VI se presenta una serie de medidas preventivas y de</p>

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.	mitigación para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

III.3.3.1 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El presente reglamento es de observancia general en todo el territorio nacional y en las zonas donde la Nación ejerce su jurisdicción, tiene por objeto reglamentar la LGEEPA, en materia de impacto ambiental a nivel federal.

En este sentido el presente reglamento contiene disposiciones vinculantes al Proyecto. El *Cuadro 28* presenta el análisis técnico, jurídico y /o administrativo del artículo 5 del Reglamento de la LGEEPA.

Cuadro 28. Análisis técnico, jurídico y /o administrativo

ARTÍCULOS	ANÁLISIS TÉCNICO, JURÍDICO Y ADMINISTRATIVO
<p>Artículo 5.- Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental:</p> <p>Inciso K) Industria Eléctrica</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción de plantas nucleoeeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeeléctricas, eololéctricas o termoeléctricas, convencionales, de ciclo combinado o de unidad turbogás, con excepción de las plantas de generación con una capacidad menor o igual a medio MW, utilizadas para respaldo en residencias, oficinas y unidades habitacionales; 2. Construcción de estaciones o subestaciones eléctricas de potencia o distribución; 3. Obras de transmisión y subtransmisión eléctrica, <p>Inciso O) Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.</p> <p>I.- Cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, acuícolas, de desarrollo inmobiliario, de infraestructura urbana, de vías generales de comunicación o para el establecimiento de instalaciones comerciales, industriales o de servicios en predios con vegetación forestal, ...</p>	<p>El Proyecto consiste en la construcción de una central eoloeeléctrica. Por lo anterior el proyecto es jurídicamente vinculante con el precepto legal en comento, ya que cae dentro de los supuestos enmarcados en las fracciones I, II y III del inciso K del Artículo 5 antes citado, por lo que para su ejecución se deberá contar con la correspondiente autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental.</p> <p>En este sentido y en cumplimiento a lo dispuesto por la LGEEPA y su Reglamento en materia de impacto ambiental, se elaboró la manifestación de impacto ambiental del Proyecto a fin de exponer los componentes del proyecto que permitan a la Secretaría otorgar la autorización correspondiente.</p> <p>En este sentido y para dar cumplimiento a lo estipulado en el inciso O); el polígono de construcción del proyecto se localizaron áreas cubiertas por vegetación natural, sin embargo, la promovente ha realizado este documento (MIA-R), que es en donde se ubica el mayor porcentaje de obras permanentes, con lo cual se da cumplimiento y no se contrapone al inciso O) del Artículo 5, del presente reglamento.</p>

III.3.3.2 REGLAMENTO DE LA LGEEPA EN MATERIA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

El presente reglamento tiene como objeto el establecimiento, administración y manejo de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación.

El análisis de las disposiciones legales contenidas en el reglamento se presenta en el apartado III.2.1.1. Igualmente se dará cumplimiento a lo establecido en el Reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, y la originada por emisión de ruido durante la etapa de construcción y operación.

III.4.4 LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

Tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

En el *Cuadro 29* se muestran las disposiciones legales vinculantes al desarrollo del Proyecto.

Cuadro 29. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
18, 19, 20 y 21 de la Ley Artículos: 35, 36, 37, 38, 39 40 y 41 del Reglamento, de la Ley, y observar los artículos 42, 43, 44, 45, 46, 47 para determinar la categoría de generador de residuos peligrosos.	Con el objeto de prevenir y reducir riesgos a la salud y al ambiente., se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos durante la etapa de construcción, la cual será construida con base en lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Para los residuos peligrosos se contratará una empresa especializada y autorizada para su recolección, traslado y disposición final en un sitio de confinamiento autorizado.

III.4.5 LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Publicada en el DOF el 24 de diciembre de 2015, tiene por objeto reglar el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos.

En su artículo 2°, señala que el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para el

combate al cambio climático. La vinculación con el presente Proyecto deriva de la producción y abasto de energía a través de tecnologías limpias, siendo el caso de la eólica.

En este sentido se considera que el Proyecto es congruente con los objetivos establecidos en la Ley, dado lo siguiente:

- Favorece la seguridad energética del país, al diversificar las fuentes de energía para la generación eléctrica;
- Se fomenta el desarrollo social de las comunidades donde se utilizan o se llevan a cabo los proyectos, impulsando el desarrollo regional, industrial y tecnológico, así como la creación de empleos.
- Disminución de impactos ambientales causados por el uso de combustibles de origen fósil.
- Contribuye a la sustentabilidad ambiental mediante el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y tecnologías limpias;
- Favorece la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, en la generación de electricidad, mediante el uso de energías renovables, combatiendo el cambio climático.

III.4.6 LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE Y SU REGLAMENTO

El Proyecto deberá apearse a lo que contempla el artículo 117 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y en los artículos 119, 120 y 121 de su Reglamento, considerando que durante la etapa de preparación del sitio, la eliminación de cobertura vegetal coincida con los supuestos de la Ley sobre áreas existentes de vegetación forestal con masas mayores a 1500 m².

III.4.7 LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS.

Tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

En el *Cuadro 30* se muestran las disposiciones legales vinculantes al desarrollo del Proyecto.

Cuadro 30. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
18, 19, 20 y 21 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Artículos: 35, 36, 37, 38, 39 40 y 41 del Reglamento de la Ley, y observar los artículos 42, 43, 44, 45, 46, 47 para determinar la categoría de generador de residuos peligrosos.	Con el objeto de prevenir y reducir riesgos a la salud y al ambiente. Por tal motivo se contará con un almacén temporal de residuos peligrosos durante la etapa de construcción, la cual será construida con base en lo establecido en el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Para los residuos peligrosos se contratará una empresa especializada y autorizada para su recolección, traslado y disposición final en un sitio de confinamiento autorizado. El Parque Eólico Chicxulub dará cumplimiento a lo establecido en la Ley y su reglamento realizando un manejo adecuado de los residuos que se generen.

III.4.8 LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE Y SU REGLAMENTO

Esta Ley tiene por objeto establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los Gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativas a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat. La vida silvestre se refiere a los organismos que subsisten sujetos a los procesos de evolución y que se desarrollen libremente en su hábitat.

El Proyecto tiene vinculación con esta Ley en virtud de que pretende ubicarse en una zona con un ecosistema de biodiversidad característica, y de acuerdo al artículo 5 de esta Ley, el objetivo de la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat, es su conservación mediante la protección y la exigencia de niveles óptimos de aprovechamiento sustentable, de modo que simultáneamente se logre mantener y promover la restauración de su diversidad e integridad, así como incrementar el bienestar de los habitantes del país.

III.4.9 LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA

La presente Ley es reglamentaria de los artículos 25, párrafo cuarto, 27 párrafo sexto y 28 párrafo cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y tiene por objeto regular la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica y las demás actividades de la industria eléctrica. Las disposiciones de esta Ley son de interés social y orden público. Esta Ley tiene por finalidad promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes.

La industria eléctrica comprende las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica.

La planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, son áreas estratégicas. En estas materias el Estado mantendrá su titularidad, sin perjuicio de que pueda celebrar contratos con particulares en los términos de la presente Ley. El suministro básico es una actividad prioritaria para el desarrollo nacional.

En el *Cuadro 31* se muestra un resumen de las disposiciones legales contenidas en la Ley de la industria eléctrica y su vinculación con el Proyecto.

Cuadro 31. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
<p>Artículo 6.- El Estado establecerá y ejecutará la política, regulación y vigilancia de la industria eléctrica a través de la Secretaría y la CRE, en el ámbito de sus respectivas competencias, teniendo como objetivos los siguientes:</p> <p>II. Promover que las actividades de la industria eléctrica se realicen bajo criterios de sustentabilidad;</p> <p>III. Impulsar la inversión y la competencia, donde ésta sea factible, en la industria eléctrica;</p> <p>V. Fomentar la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica, así como la seguridad energética nacional;</p> <p>Artículo 73.- La contraprestación, los términos y las condiciones para el uso, goce o afectación de los terrenos, bienes o derechos necesarios para realizar las actividades a que se refiere el artículo 71 de esta Ley, serán negociados y acordados entre los propietarios o titulares de dichos terrenos, bienes o derechos, incluyendo derechos reales, ejidales o comunales, y los interesados en realizar dichas actividades. Tratándose de propiedad privada, además podrá convenirse la adquisición.</p> <p>Artículo 74.- La negociación y acuerdo a que se refiere el artículo anterior deberá realizarse de manera transparente y sujetarse a las siguientes bases y a lo señalado en las disposiciones que emanen de esta Ley:</p> <p>V. La forma o modalidad de uso, goce, afectación o, en su caso, adquisición que se pacte deberá ser idónea para el desarrollo del proyecto en cuestión, según sus características. Al efecto, podrán emplearse las figuras de arrendamiento, servidumbre voluntaria, ocupación superficial, ocupación temporal, compraventa, permuta y cualquier otra que no contravenga la ley;</p>	<p>El Proyecto, no contraviene a las disposiciones contenidas en la presente Ley ya que, al tratarse de un desarrollo de generación de energía mediante el uso de fuentes renovables, se promueve el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y se garantiza su operación continua al emplear el recurso viento en la generación de energías más limpia y baja en contaminantes.</p> <p>Por otro lado, con su ejecución se contribuye al desarrollo de una de las áreas estratégicas para el desarrollo del país, al permitir la participación de los particulares en términos de ley para la generación de energía eléctrica.</p> <p>Asimismo, se impulsa a la inversión privada y contribuye a la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica.</p>

III.4.10 LEY PARA EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL FINANCIAMIENTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y SU REGLAMENTO

Esta Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la presentación del servicio

público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

En su artículo 2°, señala que el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para la transición energética mediante la cual el Estado mexicano promoverá la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía. En el Cuadro 32 siguiente se muestra un resumen de las disposiciones legales contenidas en la presente Ley vinculantes con el Proyecto.

Cuadro 32. Disposiciones reglamentarias vinculantes al Proyecto.

ARTÍCULOS	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
<p>Artículo 1 Tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional e instrumentos para el financiamiento de la transición energética.</p> <p>Artículo 2 El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para la transición energética mediante la cual el Estado mexicano promoverá la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía.</p> <p>Artículo 3 Señala como fuentes de energías renovables, aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneren naturalmente, y que se encuentren disponibles de forma continua o periódica entre las cuales contempla: a) El viento.</p> <p>Artículo 21 Estipula que los proyectos de generación de electricidad a partir de energías renovables con capacidad mayor a 2.5 MW, deberán asegurar la participación de las comunidades locales y regionales y, pagar el arrendamiento a los propietarios de los predios ocupados por el proyecto de energía renovable.</p>	<p>El Proyecto, es acorde con las disposiciones contenidas en la presente Ley, al tratarse un proyecto infraestructura eléctrica que tiene como objeto conducir la energía eléctrica, mediante el uso de tecnologías limpias y mediante el aprovechamiento de fuentes renovables de energía cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza como es el caso del viento. Con ello se reduce la dependencia de México hacia los hidrocarburos como fuente primaria de energía, ya que hoy en día un 90% de la energía que se consume proviene de recursos naturales no renovables. Asimismo, de esta manera se promueve el desarrollo social en la comunidad, atendiendo en todo momento a la normatividad aplicable en materia de desarrollo rural sustentable, protección del medio ambiente y derechos agrarios.</p> <p>La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética (LAERFTE), establece como meta, una reducción significativa en la generación a partir de combustibles fósiles; pasando de 65% en 2024, a 60% en 2035, hasta llegar a 50% en 2050. Lo cual sugiere una importante participación de las energías renovables en nuestro país.</p>

III.4.10.1 REGLAMENTO DE LA LAERFTE

Artículo 1.- El presente reglamento tiene por objeto reglamentar la Ley para el Aprovechamiento de Energías renovables y el financiamiento de la transición eléctrica.

Artículo 2.- Además de las definiciones contenidas en el artículo 3 de la Ley mencionada en el artículo anterior, para efectos del presente reglamento se establecen las siguientes:

- I. Beneficios económicos netos: La relación de costos, efectos positivos y riesgos relativos, directos e indirectos, de la generación renovable, en el contexto de la transición energética, de acuerdo con lo señalado en el artículo 15 del presente reglamento;
- II. Consejo: el consejo consultivo para las energías renovables;
- III. Generación Renovable: la producción de electricidad a partir de las energías renovables;
- IV. Inventario: el inventario nacional de las energías renovables y;
- V. Red eléctrica: cualquiera de las redes que forman parte del sistema eléctrico nacional.

III.4.11 PROGRAMA DE OBRAS E INVERSIONES DEL SECTOR ELÉCTRICO (POISE) 2017-2031.

El POISE, es el documento que contiene la planeación del SEN y que reúne los elementos relevantes de los programas indicativos para la instalación y retiro de centrales de generación eléctrica y los programas de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y de las redes generales de distribución para los próximos 15 años, dando continuidad al PRODESEN 2015-2029. El PRODESEN constituye un documento de referencia y consulta para guiar la toma de decisiones de los integrantes del sector eléctrico, en torno a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, su alcance es orientar la inversión productiva en infraestructura eléctrica para satisfacer la demanda.

Entre los alcances del PRODESEN 2017-2031 se encuentra:

- Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas.
- Programas de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución.

Los objetivos del PROSEDEN son:

- Garantizar la eficiencia, calidad, confiabilidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.
- Fomentar la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica, así como la seguridad energética nacional.

- Promover la instalación de los recursos suficientes para satisfacer la demanda en el SEN y cumplir con las metas de energías limpias.
- Incentivar una expansión eficiente de la infraestructura eléctrica bajo el principio de menor costo total para el SEN, sujeto a los criterios de Calidad, Confiabilidad, Continuidad y Seguridad de la red eléctrica.

En el año 2016, la capacidad instalada en el Sistema Eléctrico Nacional fue de 73,510 MW, correspondiendo el 71.2% a centrales eléctricas convencionales y 28.8% a centrales energéticas con energías limpias. Respecto a la capacidad instalada de tecnologías limpias aumentó en 3,530 MW entre los años 2015 y 2016, cumpliendo con el objetivo de incrementar la producción de energía eléctrica mediante energías limpias.

Para cumplir con la capacidad deseada en el periodo 2017-2031 hacen falta 55,840 MW, de las cuales se plantea que el 63% de esta capacidad sea producida por energías limpias, las cuales deberán incorporarse a medida en que los proyectos son retirados tras su vida útil.

El nuevo modelo busca mejorar la estructura productiva de la industria bajo principios de la libre competencia y competencia en las actividades de generación y comercialización, así como determinar la ejecución de proyectos de ampliación y modernización en las actividades de transmisión y distribución. Este modelo parte de una base técnica e institucional sólida existente, la cual ha permitido que las partes coordinadas (SENER-CENACE-CRE), en colaboración con la CFE como empresa pública productiva y las empresas del país, diseñen los instrumentos de planeación, operación y regulación que quiere el sector eléctrico.

Este programa está vinculado con el Proyecto, ya que se cuenta con las bases necesarias para llevar a cabo dicho Proyecto, siguiendo cada uno de los lineamientos, en el capítulo II de este documento se describen todas y cada una de las actividades que se realizarán en las diferentes etapas del proyecto desde la preparación del sitio hasta el abandono; posteriormente se analizarán los componentes ambientales con los que cada actividad tendrá con el medio ambiente. El programa de abandono del sitio es tentativo y estará sujeto a modificaciones en su momento, existiendo la posibilidad de que no sea llevado a cabo debido a que la Central sea modernizada y por lo tanto se prolongue su vida útil.

III.4.12 ESTRATEGIA NACIONAL DE ENERGÍA (ENE) 2017-2028

La estrategia nacional tiene como misión el identificar las condiciones para que, tanto el sector productivo como la población en general, cuenten con un mayor acceso y un suministro confiable de energía, que permita impulsar el desarrollo. Busca encauzar la oferta y demanda de energía para alcanzar sus dos objetivos estratégicos: 1) dar viabilidad al crecimiento económico y, 2) extender el

acceso a servicios energéticos de calidad a toda la población, a fin de que reciban los beneficios que derivan del consumo eficiente y responsable de la energía.

Se definieron “medidas de política” en cuanto a la oferta de energía, lo cual tiene la finalidad de cumplir los objetivos antes descritos.

1. Transporte, almacenamiento y distribución. Establece líneas que permiten dar seguimiento a la evolución de la capacidad del sistema para satisfacer la necesidad de servicios energéticos de manera oportuna, con continuidad y calidad.
2. Refinación, procesamiento y generación. Aborda los retos relacionados con la producción de los combustibles así como aquellos asociados a la diversificación del parque de generación.
3. Producción de petróleo. Establece líneas de acción para sostener la producción y seguir respaldando la energía que el país demanda, alcanzando la eficiencia en línea con las mejores prácticas internacionales.
4. Transición energética. Busca lograr el correcto balance entre mantener al país económicamente competitivo, tecnológicamente innovador y diversificado, con su contribución al mejoramiento permanente de la calidad ambiental local y el cumplimiento de los compromisos ambientales.

Además de objetivos y medidas, la estrategia de energía define tres “elementos de integración”, elaborados para alcanzar un sistema energético integral y generar una cultura compartida por todos.

1. Sustentabilidad del sector. La capacidad de renovación constante del sistema a fin de mantener los flujos de energía hacia los consumidores, mientras que estos últimos hacen más eficiente su consumo. A nivel país, se puede alcanzar la sustentabilidad al ampliar constantemente la gama de energéticos primarios disponibles, enfocándose en un creciente aprovechamiento de las energías renovables, una mayor inclusión social de los beneficios y un irrestricto respeto al medio ambiente.
2. Eficiencia energética y ambiental. La continua aplicación de las mejores prácticas disponibles en la producción y el consumo de energía. La eficiencia no sólo optimiza estos dos procesos, sino que también minimiza su impacto ambiental.

3. Seguridad energética. Capacidad para mantener un superávit energético que brinde la certidumbre para continuar con el desarrollo de actividades productivas, además debe de incrementar la accesibilidad a los mercados, internación de los productos y almacenamiento preventivo, principalmente enfocado en aquellos energéticos cuya dependencia de las importaciones pueda crecer a niveles que impliquen riesgos asociados a la continuidad del suministro.

En el *Cuadro 33* se presentan las medidas de política y líneas de acción que tienen concordancia con el Proyecto.

Cuadro 33. Políticas, estrategias y líneas de acción que se vinculan al Proyecto.

MEDIDAS DE POLÍTICA	LÍNEAS DE ACCIÓN	VINCULACIÓN CON EL PROYECTO
Transporte, almacenamiento y distribución. A pesar del crecimiento de la red de transmisión, existen situaciones operativas coyunturales que derivan en congestionamientos de la red troncal que impiden compartir plenamente los recursos de generación entre las diferentes regiones.	Establece líneas que permiten dar seguimiento a la evolución de la capacidad del sistema para satisfacer la necesidad de servicios energéticos de manera oportuna, con continuidad y calidad.	El Proyecto es vinculante a esta medida y acción, ya que permitirá compartir los recursos de generación entre las diferentes regiones. Existe la necesidad de ampliar la capacidad de transmisión para la interconexión al sistema eléctrico nacional. La capacidad de transmisión de electricidad en las principales regiones eólicas del país no es suficiente para que el desarrollo eólico pueda progresar de forma significativa, por lo que es necesario construir nuevas líneas eléctricas de transmisión y subestaciones.
Transición energética. En el marco de la transición energética, México debe canalizar esfuerzos para la consecución de las metas definidas en el marco normativo actual sobre el uso de las energías limpias. Es necesario fortalecer y explotar aquellos recursos renovables con los que se cuenta, a fin de aprovechar sus beneficios.	Busca lograr el correcto balance entre mantener al país económicamente competitivo, tecnológicamente innovador y diversificado, con su contribución al mejoramiento permanente de la calidad ambiental local y el cumplimiento de los compromisos ambientales.	La transición se enmarca en la necesidad de luchar contra el cambio climático, proteger la salud de las personas, reducir riesgos económicos, financieros y tecnológicos, favorecer la máxima eficiencia en el consumo, facilitar precios predecibles y asequibles y disminuir las tensiones geopolíticas propias de un modelo sustentado en la dependencia energética. Situaciones en las que el Proyecto podrá contribuir de manera positiva. El proyecto contribuirá en la producción de energía eléctrica a través de fuentes limpias que ayudan al combate contra el cambio climático.

III.4.13 PROGRAMA SECTORIAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2013-2018

El programa se basa en políticas públicas transversales, integrales y convergentes que garantizan la sustentabilidad ambiental del desarrollo de México. Las políticas y estrategias en

materia de sustentabilidad del desarrollo están estrechamente vinculadas con todos los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, así como con los cuatro ejes principales.

- 1. Objetivo 1.** Promover y facilitar el crecimiento sostenido y sustentable de bajo carbono con equidad y socialmente incluyente.
- 2. Objetivo 2.** Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero.
- 3. Objetivo 3.** Fortalecer la gestión integrada y sustentable del agua, garantizando su acceso a la población y a los ecosistemas.
- 4. Objetivo 4.** Recuperar la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable del patrimonio natural.
- 5. Objetivo 5.** Detener y revertir la pérdida de capital natural y la contaminación del agua, aire y suelo.
- 6. Objetivo 6.** Desarrollar, promover y aplicar instrumentos de política, información, investigación, educación, capacitación, participación y derechos humanos para fortalecer la gobernanza ambiental.

El desarrollo del Proyecto se vincula con los objetivos del PROMARNAT, de manera directa e indirecta. Principalmente está relacionado con la sustentabilidad ambiental, generando nuevas opciones de aprovechamiento de los recursos y disminuyendo las fuentes que aportan a la generación de gases de efecto invernadero.

También permite la recuperación y funcionalidad de los ecosistemas a través de la mejora en cuanto a las características técnicas de la infraestructura y el diseño o arreglo de cómo se dispone ésta en la superficie, lo que disminuye la afectación a la biodiversidad, además de considerar acciones de compensación en áreas desprovistas de cobertura vegetal.

III.4.14 PROSPECTIVA DEL SETOR ELÉCTRICO 2013-2027

La prospectiva del sector eléctrico es elaborada con base a las expectativas de crecimiento económico y evolución de los precios de combustible, presenta las estimaciones y evolución esperada de la demanda y el consumo de la energía para cierto periodo, por sector de consumo así como por área de control del SEN. Cabe señalar que los escenarios presentados, al estar calculados en función de las expectativas de crecimiento económico, pueden variar entre un año y otro.

Para el periodo 2013-2027, las adiciones de nueva capacidad (incluyendo proyectos de rehabilitación y modernización de centrales existentes) para el periodo 2013-2018 ascienden a 16,059 MW, mientras que para el periodo 2019-2027 la estimación de los requerimientos de

capacidad se ubicó en 30,855 MW, dando un total de 46,914 MW durante los 15 años de planeación que abarca la presente prospectiva.

En el capítulo seis se presentan los escenarios del aumento de generación eléctrica con base en fuentes de energías renovables, dando congruencia con lo establecido en el artículo 11 de la Ley de Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición energética el cual establece lo siguiente:

Artículo 11.- La Secretaría de Energía elaborará y coordinará la ejecución del Programa, para lo cual deberá:

- III. Establecer metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad, las cuales deberán aumentar gradualmente sobre bases de viabilidad económica y potencial técnico existente. Dichas metas deberán ser actualizadas y reportadas semestralmente, y se expresarán en términos de porcentajes mínimos de suministro eléctrico, e incluirán metas para los suministradores y los generadores.

Transitorio segundo. - Para efectos de la fracción III del artículo 11 de la LAERFTE, la SENER fijará como meta una participación máxima de 65% de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024, del 60% en 2035 y del 50% en el 2050.

Se establece que para lograr la cota de 65% con combustibles fósiles en 2024, se definirán dos centrales de nueva generación limpia como nucleares, combinando con varios conjuntos de proyectos eoloeléctrico.

Para los bloques de generación eólica adicionales se asume que las adiciones de este tipo de generación podrían producir energía eléctrica con un factor de planta de 30% y la capacidad firme asociada sería de 10% de la nominal, para su consideración en el margen de reserva. El escenario de planeación de generación bruta por fuente primaria que establece la prospectiva se presenta en la *Figura 28*.

Fuente Primaria	2024		2025		2026		2027	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Fósiles	339,716	78.0	357,978	78.5	375,022	78.7	389,391	78.2
Térmico Convencional	9,163	2.1	9,024	2.0	8,602	1.8	6,800	1.4
Ciclo Combinado	286,714	65.8	300,227	65.9	315,480	66.2	328,862	66.1
Turbogás	1,849	0.4	1,641	0.4	1,942	0.4	2,001	0.4
Combustión Interna Diésel	1,584	0.4	790	0.2	719	0.2	974	0.2
Carbón	27,321	6.3	27,477	6.0	28,275	5.9	29,124	5.9
Coque	6,390	1.5	6,367	1.4	6,372	1.3	6,296	1.3
Tecnología de Carbón Limpio (TCL)	6,696	1.5	12,452	2.7	13,633	2.9	15,334	3.1
Renovables	84,500	19.4	85,768	18.8	85,923	18.0	86,509	17.4
Hidroeléctrica	42,904	9.8	43,658	9.6	43,439	9.1	43,378	8.7
Solar	1,445	0.3	1,781	0.4	1,897	0.4	2,028	0.4
Geotérmica	8,170	1.9	7,856	1.7	7,806	1.6	8,077	1.6
Eololéctrica	31,981	7.3	32,472	7.1	32,781	6.9	33,026	6.6
No Fósiles	11,571	2.7	11,998	2.6	15,699	3.3	21,909	4.4
Nucleoléctrica	11,571	2.7	11,998	2.6	11,998	2.5	11,537	2.3
Nueva Generación Limpia (NGL Nuclear)					3,702	0.8	10,372	2.1
Total	435,787	100.0	455,743	100.0	476,644	100.0	497,809	100.0

Figura 28. Generación bruta por fuente primaria, escenario de planeación.

La planeación del aumento de la capacidad de generación eléctrica descrita en la prospectiva 2013-2027, plantea un aumento de la capacidad de fuentes renovables, dando prioridad a los proyectos de energía nuclear y eololéctricos, lo anterior para cumplir con la meta acordada en la LAERFTE que establece un límite de 65% en la participación de combustibles fósiles en la generación.

En general el programa presenta la generación eólica como una de las tecnologías que tienen mayor probabilidad para la realización de proyectos renovables y disminuir con esto la dependencia del uso de combustibles fósiles.

De acuerdo a lo anterior, el proyecto muestra congruencia con este instrumento de planeación al ser un proyecto eólico el cual contribuirá al cumplimiento de la meta establecida para el 2024.

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

El objetivo del presente Capítulo es dar cumplimiento a lo dispuesto en la Fracción IV del Artículo 13 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, que establece que las Manifestaciones de Impacto Ambiental modalidad Regional deberán contener la información siguiente: Descripción del Sistema Ambiental Regional (SAR) y Señalamiento de Tendencias de Desarrollo y Deterioro Regional.

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

El proyecto eoloeléctrico Chicxulub y su línea de transmisión anexa se ubica en los municipios de Motul, Ixil y Progreso en el estado de Yucatán; quedando comprendido entre las coordenadas geográficas extremas 21°16'46" al Norte y 21°12'7" al Sur en Latitud Norte y 89°24'47" al Este y 89°39'20" al Oeste en Longitud Oeste.

Tal como lo menciona la guía para la elaboración de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (SEMARNAT) la delimitación del SAR debe de estar basada en un sistema de referencia 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 sistema ambiental regional puede llevarse a cabo mediante la identificación, el reconocimiento y la caracterización de unidades espaciales buscando entre ellas una homogeneidad relativa.

Dicho de otra manera, la delimitación del 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. A su vez, tal delimitación puede ser definida por los límites naturales de los ecosistemas que rodean las instalaciones del proyecto; por lo cual el SAR para el proyecto Chicxulub y su línea de transmisión se realizó considerando la naturaleza del proyecto, sus dimensiones, el sitio donde se ubicará, así como también tomando en cuenta sus posibles interacciones con los procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos.

Para obtener las unidades espaciales que interactúan entre sí y mediante ello establecer los límites del SAR se decidió tomar como referencia el método paisajístico de la geografía, en donde

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 el 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).

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 esto, se toman como grandes unidades 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 el uso de suelo y vegetación existente, con lo cual se obtendrán las unidades del paisaje; y de esta manera, tener más fragmentada la superficie que se está analizando.

Por tales motivos, y con la finalidad de establecer los límites del SAR para el proyecto eoloelectrico Chicxulub y su línea de transmisión se decidió emplear el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.2.2, en donde fueron procesados datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 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, Vías de comunicación, microcuencas. Todos los datos antes mencionados fueron trabajados en proyección WGS84, zona UTM 16N.

Los pasos que se siguieron para llevar a cabo la delimitación del sistema ambiental regional fueron generar como primera instancia las unidades de paisaje (tanto superiores como inferiores) (*Figura 29 y Figura 30*).

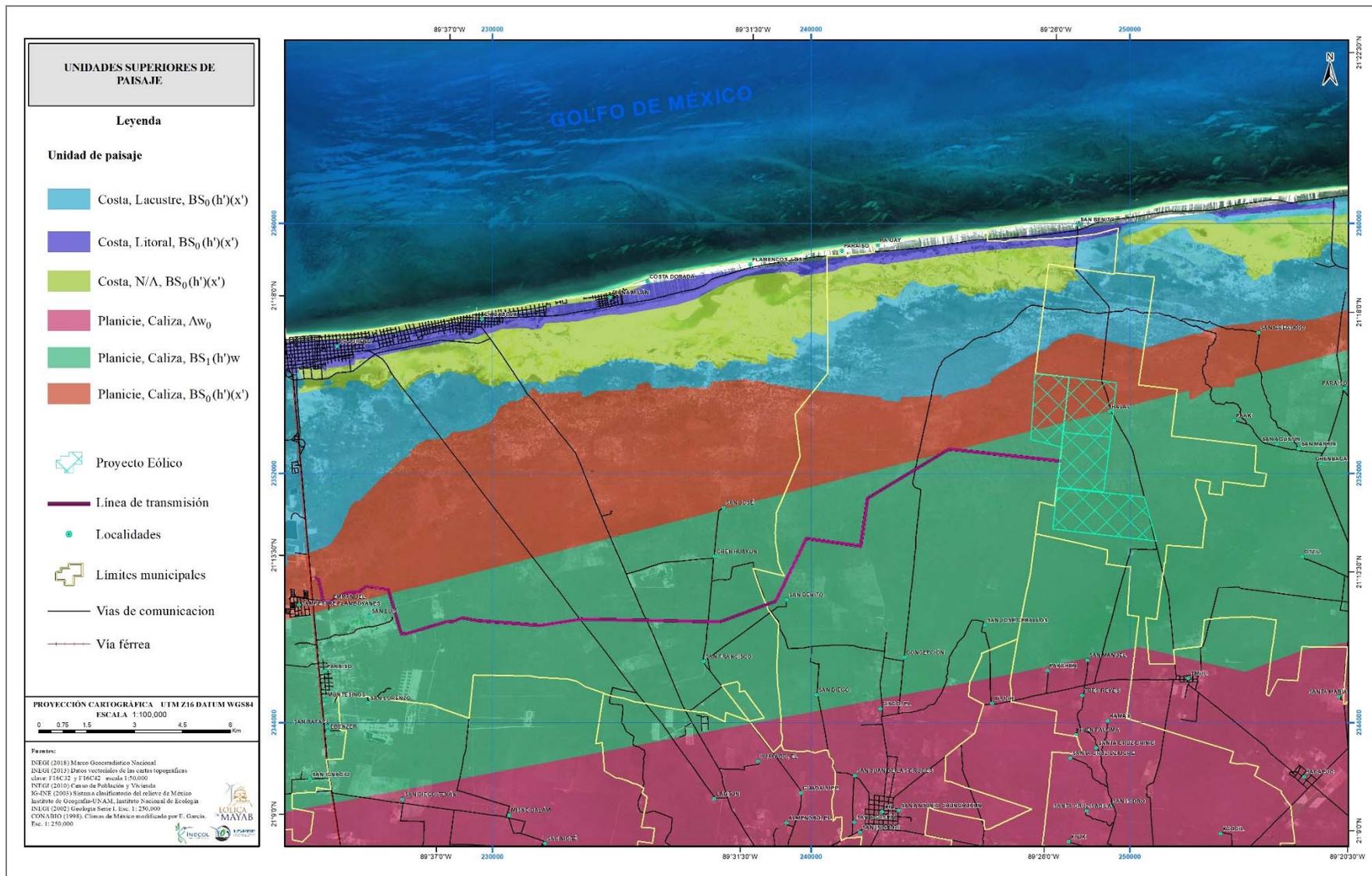


Figura 29. Unidades superiores de paisaje.

Todas las capas antes mencionadas se intersectaron y al resultado se le aplicó un área mínima cartografiable, excluyendo los polígonos que tuvieran una superficie menor a 1 km².

Posteriormente se seleccionaron las unidades de paisaje que se presentaban al interior y alrededor de la poligonal del proyecto y al trazo su línea de transmisión; procurando una homogeneidad constante a lo largo de la región que representara las características del predio y línea del proyecto. Dichas características pertenecen a la interrelación de las siguientes variables, ver *Cuadro 34*.

Cuadro 34. Características individuales de las unidades de paisaje que conforman la zona circundante al proyecto.

LITOLOGÍA	RELIEVE	CLIMA	EDAFOLOGÍA	USO SUELO Y VEGETACIÓN
Caliza	Planicie	Aw0	Leptsol	Agricultura
Suelo lacustre	Costa	BS1(h')w	Solonchak	Área desprovista de vegetación
-	-	BS0 (h')(x')	-	Manglar
-	-	-	-	Pastizal
-	-	-	-	Tular
-	-	-	-	Zona urbana
-	-	-	-	Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia
-	-	-	-	Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia
-	-	-	-	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia
-	-	-	-	Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia

De las características antes mencionadas resultó un polígono el cual fue catalogado como el SAR, sin embargo dicho polígono era muy extenso considerando que dicho límite estaba ubicado a una gran distancia del polígono del proyecto y su línea de transmisión, no existiendo una transferencia de flujos de materia y energía del proyecto a dichas zonas, por lo que se tomó la decisión de acotar dicho límite para la delimitación del SAR.

Posteriormente y para acotar concretamente el SAR al área del proyecto se integraron las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY); encontrando que en la mayor parte las UGA coinciden con los límites establecidos previamente por las unidades de paisaje, y al ser el Ordenamiento Ecológico un instrumento de regulación ambiental se tomó la decisión de emplear como base los límites de las UGA como referencia para delimitar el SAR, pues independientemente de que en la guía de la autoridad ambiental no se especifica claramente que este componente o instrumento de política ambiental sea necesario para la delimitación del SAR se puede observar que básicamente las UGA en sí mismas ya son un sistema de unidades con elementos antrópicos y naturales homogéneos (*Figura 31*).

De la misma manera, las UGA generaban un SAR muy amplio en algunas partes, con lo cual se emplearon las unidades de paisaje para recortar los sitios en donde se volvía muy extenso el SAR debido a la conformación de la UGA. Finalmente, en las porciones del SAR que tanto UGA y unidades de paisaje generaban límites muy grandes se emplearon microcuencas y vías de transporte para facilitar el trazo del SAR en zonas muy puntuales (*Figura 32*).

Cabe hacer la pertinente aclaración de que previamente las microcuencas fueron generadas mediante el Software ArcMap 10.2.2 con la extensión Watershed Delineation Tools. Para obtener las microcuencas fue necesario procesar un Modelo Digital de Elevación, el cual fue obtenido de INEGI con resolución espacial de 15 m por pixel.

Del análisis de sobreposición realizado se llegó a la siguiente delimitación del SAR del proyecto Eoloeléctrico Chicxulub: la parte Norte, está delimitada por UGA, unidades de paisaje y microcuencas; hacia el Sur se consideraron solamente UGA, la parte Este del SAR se conformó por unidades de paisaje, microcuencas y mínimamente UGA; finalmente, la porción Oeste del SAR se delimitó por infraestructura, en donde se consideró la carretera federal 261 Mérida-Progreso (*Figura 33*).

Como resultado del procedimiento descrito anteriormente, el Sistema Ambiental Regional del proyecto Eoloeléctrico Chicxulub quedó delimitado por los factores antes mencionados obteniéndose un polígono irregular cuya superficie es de 28,115.71 ha las cuales se distribuyen en los municipios de Baca, Dzemul, Motul, Ixil y Progreso (*Figura 34*). En la *Figura 35* y en el Anexo se pueden apreciar los vértices que conforman el SAR.

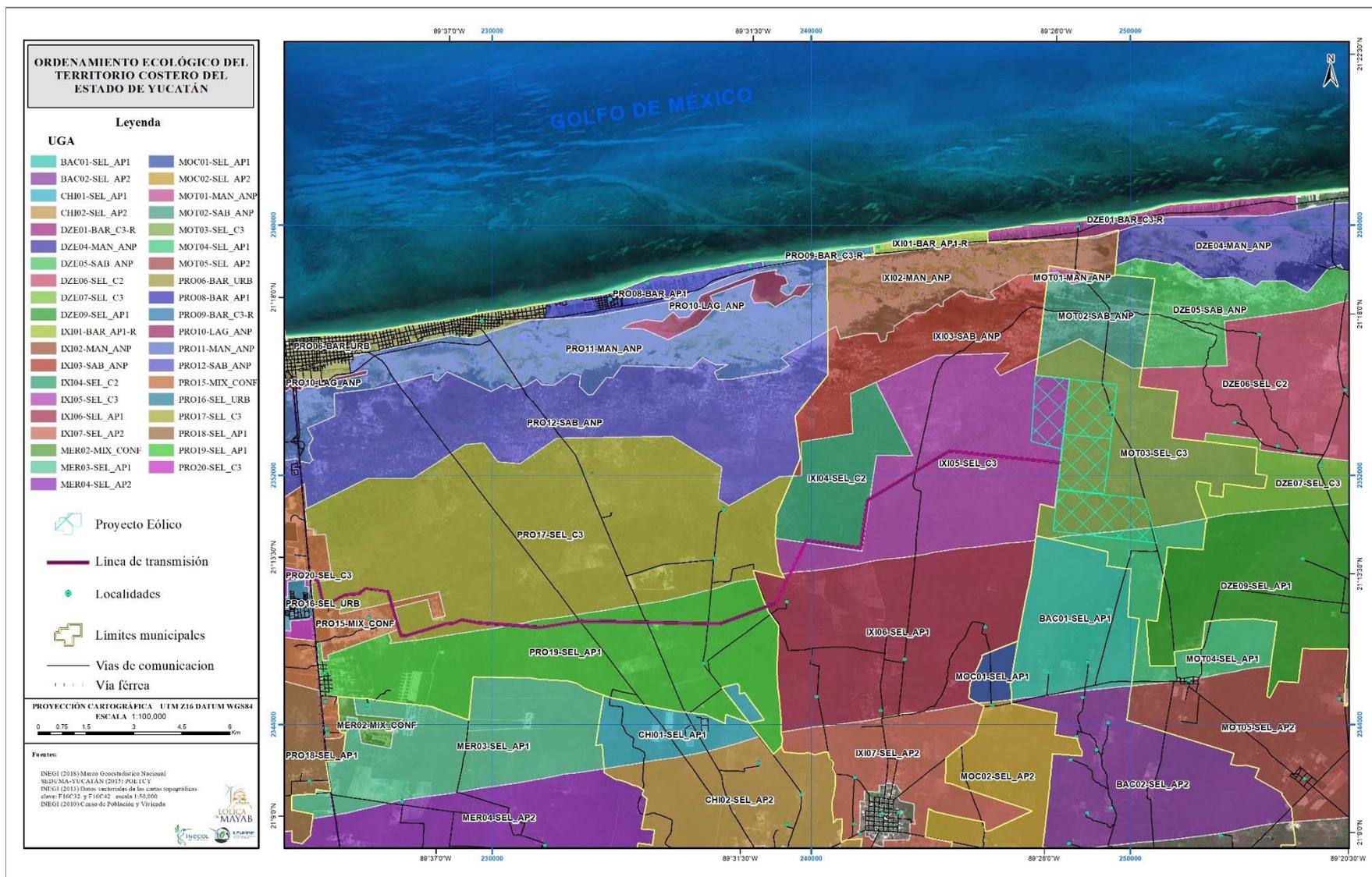


Figura 31. Unidades de Gestión Ambiental del POETCY cercanas al área del proyecto.

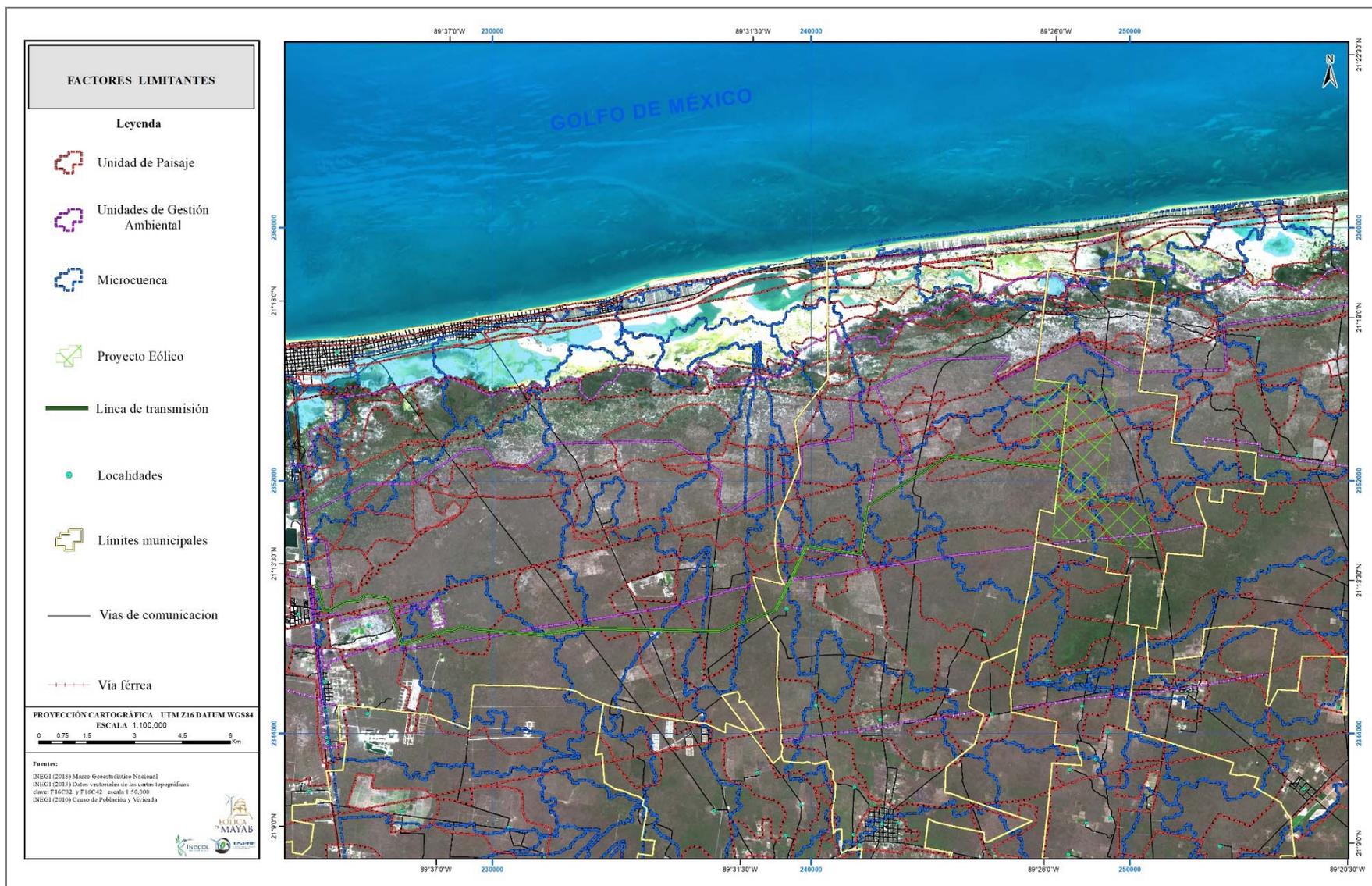


Figura 32. UGA, Unidades de Paisaje, Microcuencas e Infraestructura en los alrededores del proyecto eólico.

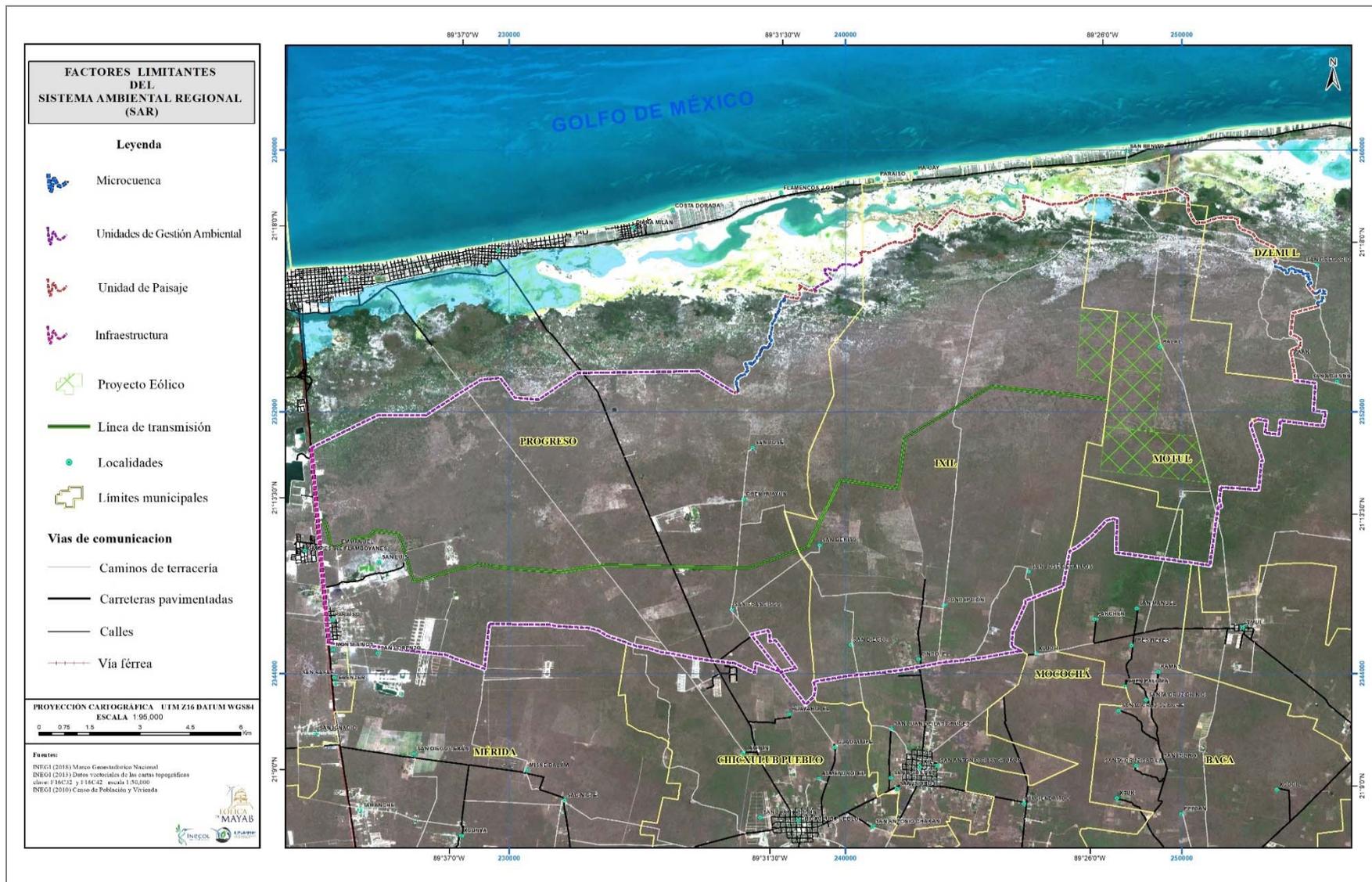


Figura 33. Factores que fueron empleados para delimitar el Sistema Ambiental Regional.

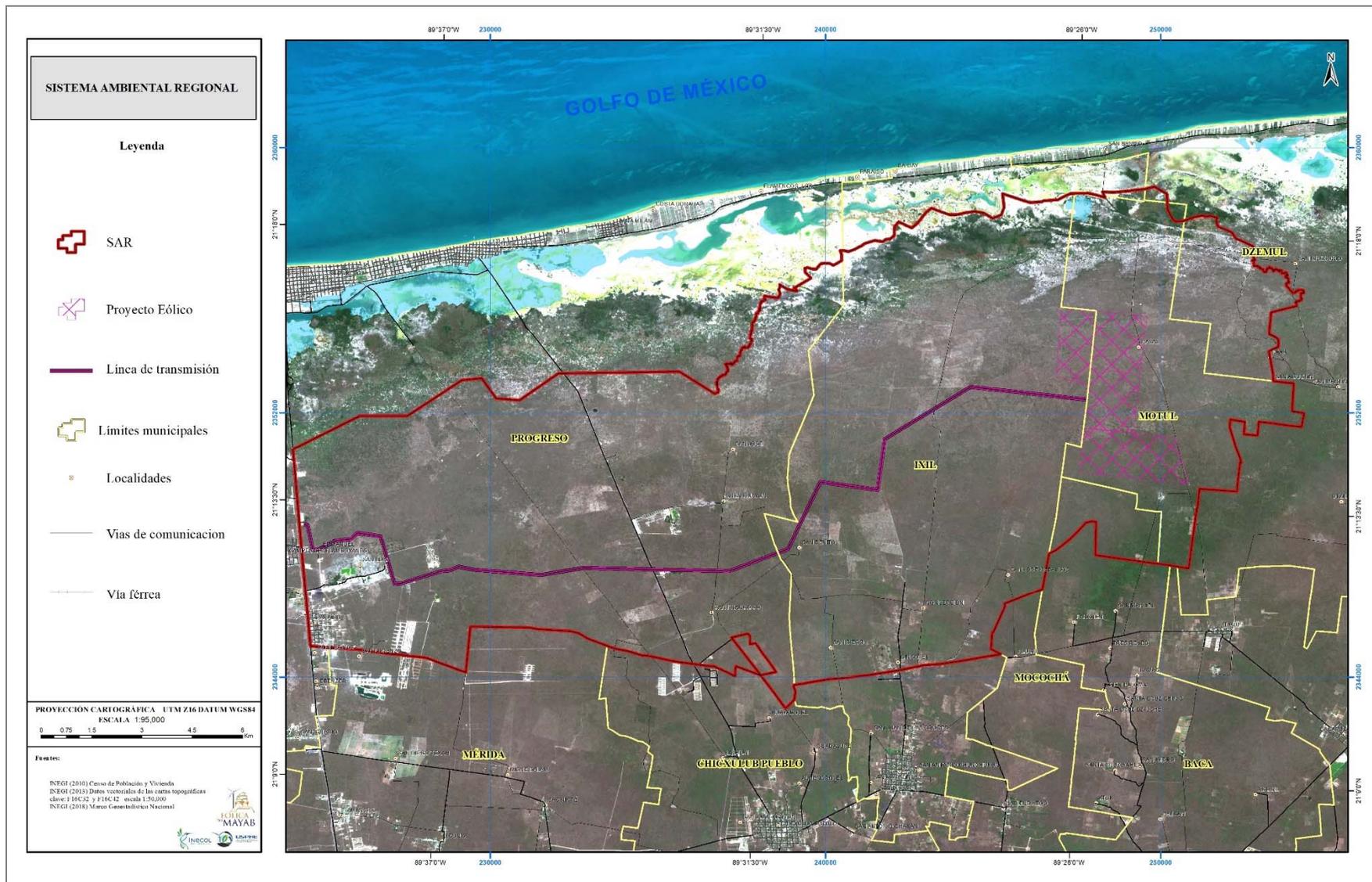


Figura 34. Sistema Ambiental Regional delimitado para el proyecto y su línea de transmisión.

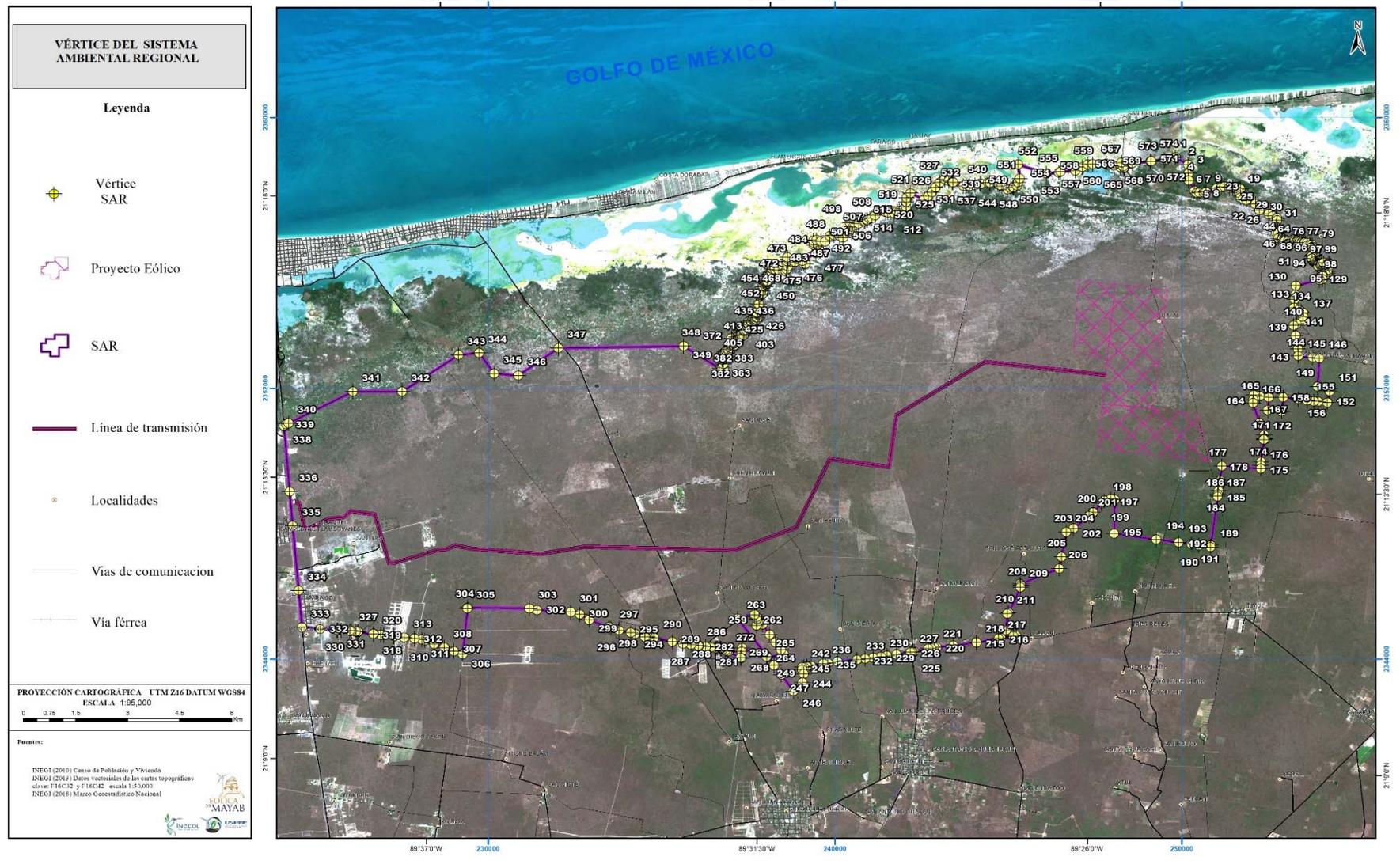


Figura 35. Vertices del polígono que conforma el SAR.

IV.2 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA AMBIENTAL

IV.2.1 MEDIO ABIÓTICO

IV.2.1.1 CLIMA

Se presenta una descripción del clima del Sistema Ambiental Regional (SAR) a partir de las normales climatológicas 1951-2010 (SMN, 2018) de una estación meteorológica: Chicxulub Puerto, ubicada en el municipio de Progreso, Yucatán (*Cuadro 35*). Las normales incluyen temperatura y precipitación media y máxima, número de días con precipitación, tormentas eléctricas, granizo y niebla, entre otros registros.

Aunque existen otras estaciones climatológicas en las inmediaciones del SAR, la estación Chicxulub Puerto cuenta con el registro continuo de datos más completo para la descripción del tipo de clima de la región.

Cuadro 35. Ubicación de estaciones climatológicas próximas al SAR.

NO.	ESTACIÓN	ESTACIÓN CONAGUA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
1	Progreso (Obs.)	31023	21° 16' 36" N	89° 39' 14" W	1.0 msnm
2	Chicxulub Puerto	31007	21° 17' 38" N	89° 36' 31" W	3.0 msnm
3	Carolina	31091	21° 08' 30" N	89° 27' 20" W	5.0 msnm

Una vez seleccionada la estación climatológica se obtuvieron las Normales Climatológicas actualizadas durante el periodo de 1951-2010 (*Cuadro 36*).

Cuadro 36. Normales Climatológicas 1951-2010 Chicxulub Puerto, Yucatán.

ELEMENTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temp. Máx. extrema	39.5	37.5	41	43	43	42.5	40	39	43	40	38	36	43
Promedio de máxima	26.9	28	30.3	32.1	32.5	32.2	31.6	31.7	31.6	30.3	28.9	27.4	30.3
Temperatura media	22.7	23.4	25.1	26.6	27.6	27.7	27.3	27.4	27.3	26.3	24.9	23.3	25.8
Promedio de mínima	18.5	18.8	20	21.2	22.6	23.3	23.1	23.1	23	22.4	20.9	19.1	21.3
Temp. Mín. extrema	8.5	9.5	10	11	15	16	15	14	15	13	12	10	8.5
Precipitación media	39.8	30.1	18.9	18.5	31.9	93	60.6	64	124.6	88.6	38.3	33.8	642.1
Precip. máx. mensual	329.5	184	196	120	127	315.8	193	230.8	537	430.1	172.5	141.5	537
Precip. máxima 24 hrs	182	65	180	70	69	127	80	141	320	160	85	112	320
Evaporación media	106.2	113.1	149.3	170.2	184.1	164.6	163.5	158.8	143.1	142.7	114.3	102.8	1712.7
Num. días con lluvia	3.3	2.7	1.5	1.2	2.5	6.2	5.5	5.4	7.8	6.6	3.8	3.4	49.9
Num. días con niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Num. días con granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Num. días torm. eléctrica	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.8	0.2	2.7

Tipo de clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), se presentan tres tipos de clima en el SAR: dos variantes de clima árido y semiárido cálido (BS0 y BS1) con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío de 18°C, así como una delgada franja al sur del SAR con clima cálido subhúmedo (Aw0) (*Cuadro 36 y Cuadro 37*).

Cuadro 37. Descripción de los tipos de clima presentes en el SAR.

TIPO	DESCRIPCIÓN
BS0(h')(x')	Árido cálido, (Cálido seco) temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual.
BS1(h')w	Semiárido cálido (Cálido semiseco), temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.
Aw0	Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

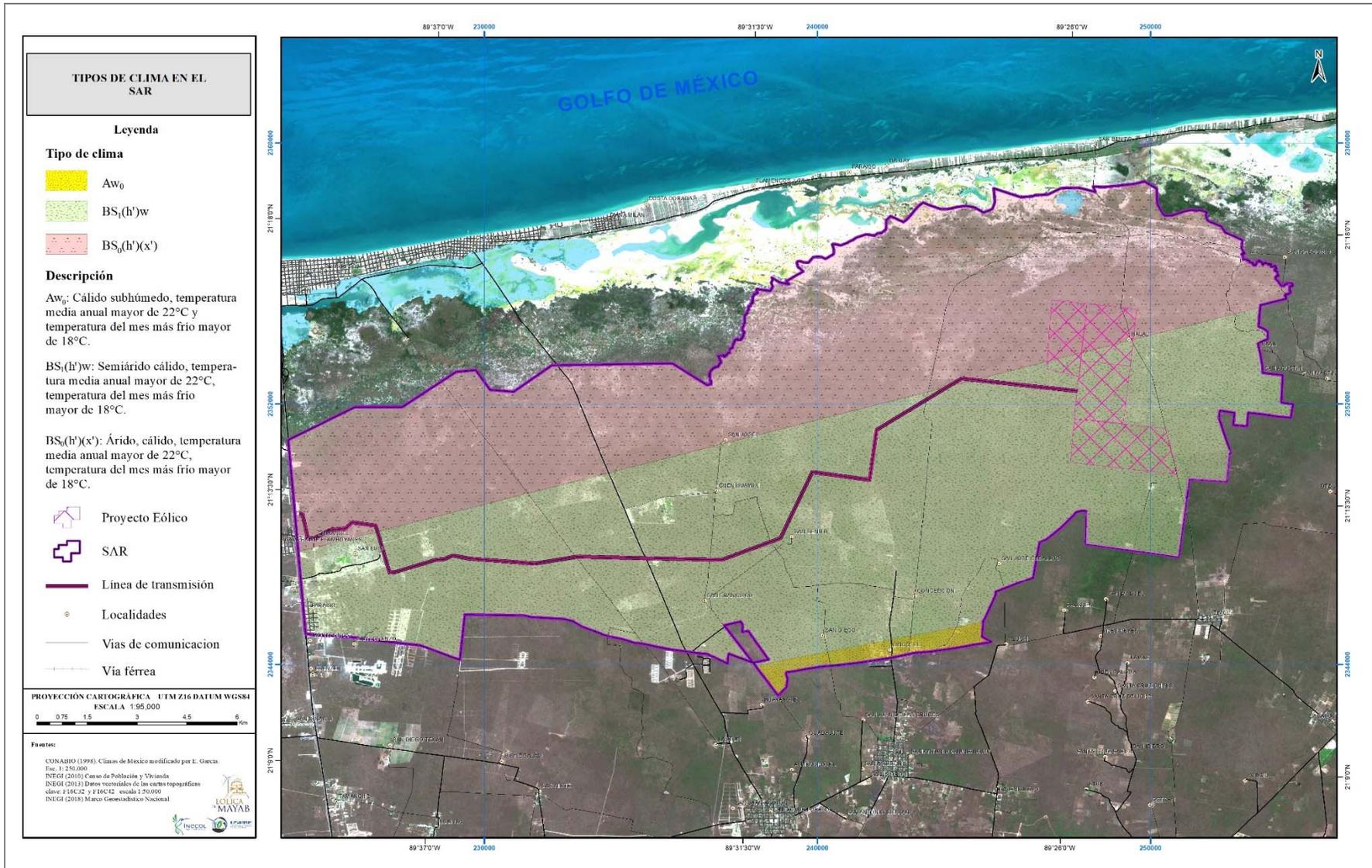


Figura 36. Tipo de clima en el SAR.

Temperatura

De acuerdo a las Normales Climatológicas 1951-2010, la temperatura media anual de la estación Chicxulub Puerto, ubicada en el municipio de Progreso, Yuc., es de 25.8°C. La temperatura media mensual más baja es de 22.7°C en el mes de enero, mientras que la más alta es 27.7°C en junio, por lo que con oscilación de 5°C, el sitio se puede considerar como isotermal o de muy poca oscilación térmica.

La temperatura máxima extrema más alta registrada es de 43°C en mayo, mientras que la temperatura mínima extrema más baja es de 8.5°C en enero.

El climograma o diagrama ombrotérmico de acuerdo al índice de Gausen de la estación de Chicxulub Puerto se presenta en la *Figura 37*.

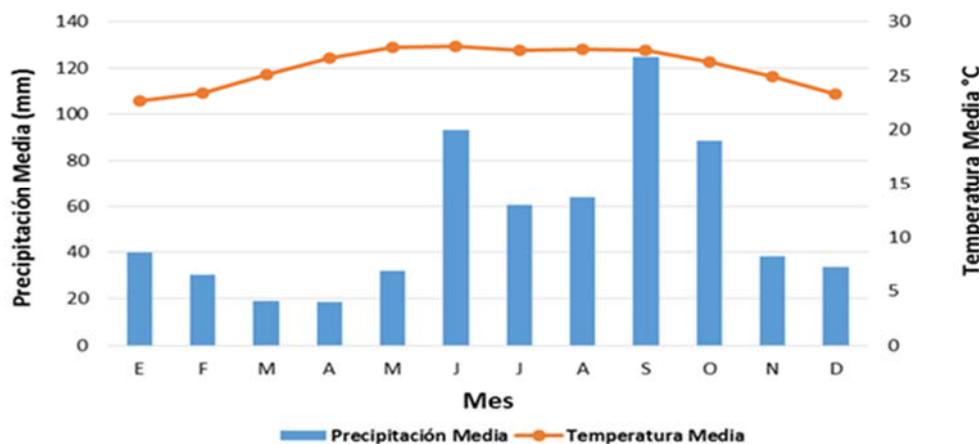


Figura 37. Diagrama ombrotérmico (índice Gausen) estación Chicxulub Puerto, Mpio. Progreso, Yuc. 1951-2010. SMN, 2018.

Precipitación

La región en general presenta dos franjas bien diferenciadas de clima árido y semiárido cálido (o cálido seco y cálido semiseco), reconocidas desde la publicación de la modificación al sistema de clasificación de Köppen por García (1988). La franja al norte del SAR, con clima cálido seco BS0(h')(x'), que varía de 5 a 8 km de ancho y es aproximadamente paralela a la línea costera, presenta condiciones notablemente más secas o áridas que la porción ubicada al sur, con clima BS1(h')w, dividiendo el SAR en dos partes de similar extensión. Finalmente, una pequeña superficie en el extremo sur tiene condiciones subhúmedas (Aw0).

La precipitación media anual de la estación Chicxulub Puerto del municipio de Progreso, Yucatán es de 642.1 mm, con una mínima mensual de 18.5 mm en abril, y una máxima de 124.6 mm en septiembre. Esto significa que, a diferencia de la escasa oscilación térmica, la precipitación si muestra una temporada de lluvias más marcada, principalmente en la línea costera, mientras que tierra adentro aparece un patrón que puede considerarse como de lluvias todo el año (Figura 38).

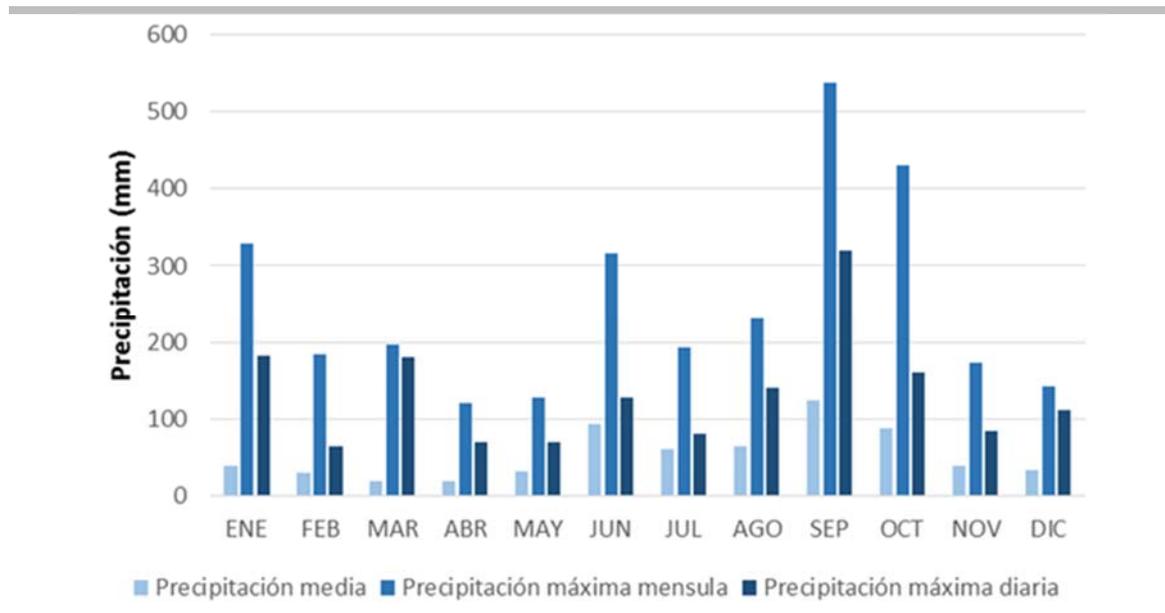


Figura 38. Precipitación media, máxima mensual y máxima diaria, estación Chicxulub Puerto, Mpio. Progreso, Yuc. 1951-2010. SMN, 2015.

Balance Hídrico

Se presenta un balance hídrico simple para la estación Chicxulub Puerto, graficando en una misma escala las cifras de precipitación y evaporación. En el municipio de Progreso, Yucatán donde se encuentra dicha estación, puede observarse que como promedio mensual no se presenta ningún mes en el que las precipitaciones lleguen a exceder la evaporación, por lo que puede considerarse que existe un déficit hídrico permanente (Figura 39).

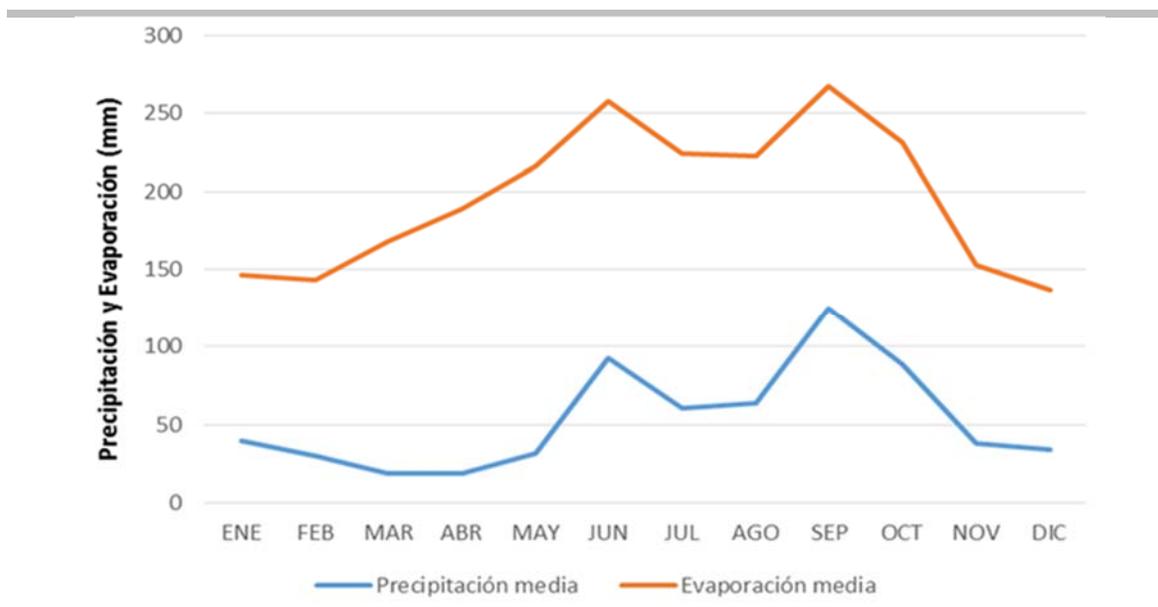


Figura 39. Balance hídrico, estación Chicxulub Puerto, Mpio. Progreso, Yuc. 1951-2010. SMN, 2015.

Vientos

El sistema de vientos dominante en la Península de Yucatán tiene dos componentes principales durante el año. La primera y más importante para la región se presenta durante la primavera y el verano, cuando dominan los vientos del sureste, con una fuerte influencia de vientos del este, producto del desplazamiento hacia el norte tanto de la Zona Intertropical de Convergencia como de la Zona Subtropical de Alta Presión causando lluvias en verano y en parte del otoño, en el que la influencia ciclónica se recibe con mayor intensidad reforzándose el movimiento y vigor de los vientos del sureste y del este. A fines del otoño y principios del invierno la componente principal de los vientos se invierte y tienen influencia las masas de aire frío del norte o nortes.

Los vientos del sureste predominan en primavera - verano (22.7 %), registrando velocidades medias más altas de 9.8 Km/h y los del este (20.9%) con velocidades medias de 8.5 Km/h. Los vientos del noreste predominan en parte del otoño y todo el invierno (40%) con velocidades medias de 3.2 Km/h. Los vientos del noroeste predominan durante la primavera (13.6), con velocidades medias de 7.9 Km/h. Se estima que se presentan más de 300 días con viento al año. La velocidad del viento a alturas de 50 m y 120 m se muestra en la *Figura 40* y la *Figura 41*.

Los vientos más importantes son los que se originan por la circulación ciclónica de junio a octubre, con mayor incidencia en septiembre y los nortes que abarcan de noviembre a marzo, haciendo descender la temperatura y aportando humedad en la época invernal, a veces se acompañan, con vientos de hasta 100 Km/h. (Flores, 1994).

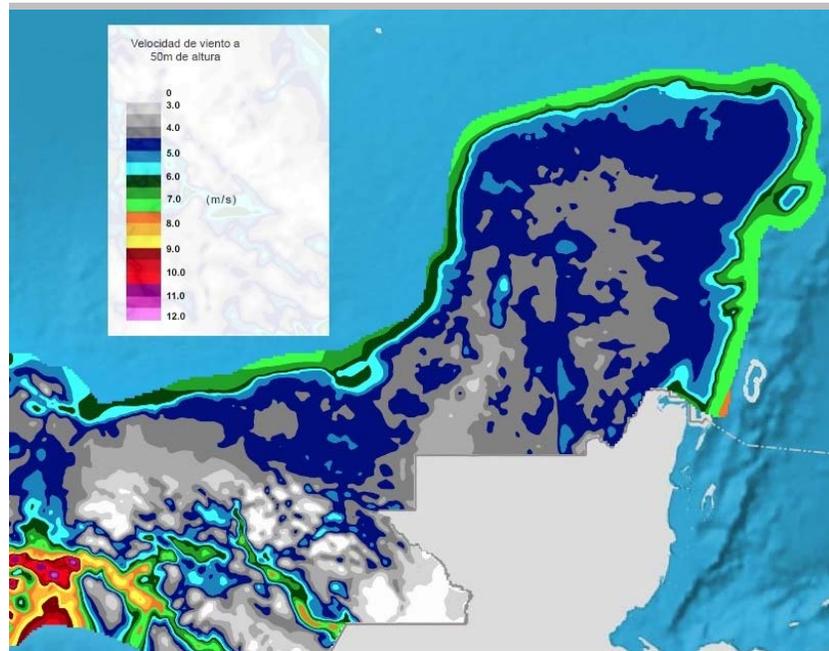


Figura 40. Velocidad del viento a 50 m de altura (<http://gaia.inegi.org.mx/>).

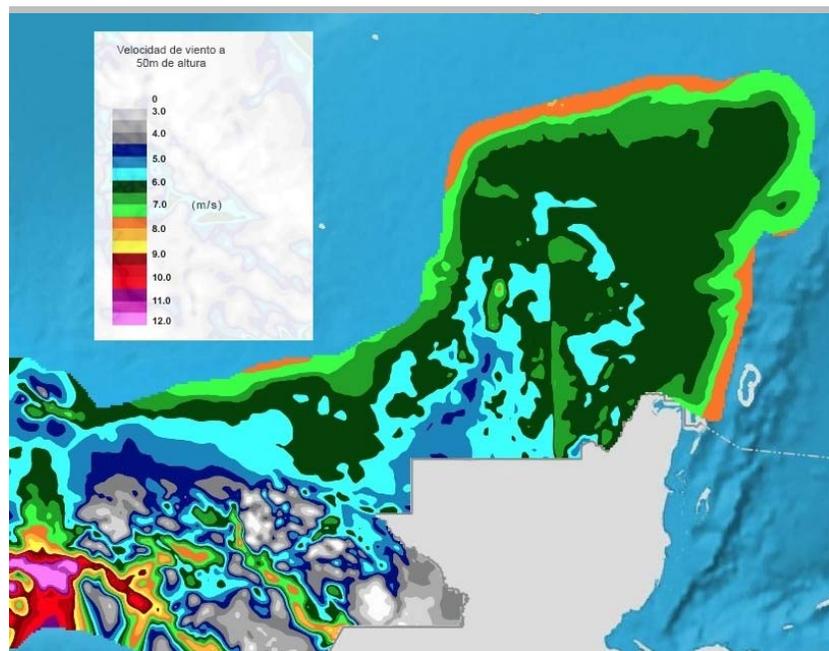


Figura 41. Velocidad del viento a 120 m de altura (<http://gaia.inegi.org.mx/>).

El patrón de vientos del estado de Yucatán durante las temporadas de ciclones y de nortes se muestra en la *Figura 42* y *Figura 43*.

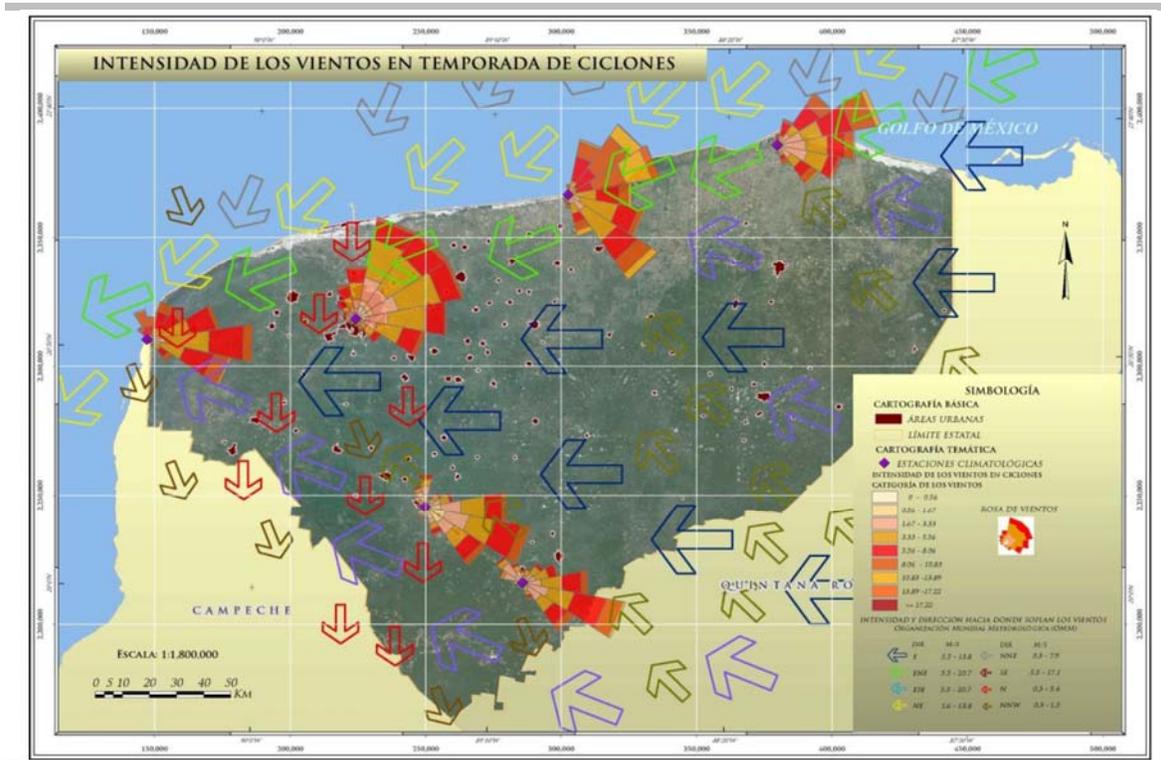


Figura 42. Flujo vectorial (predominante) del viento en temporada de ciclones (tomado de SGM, 2013).

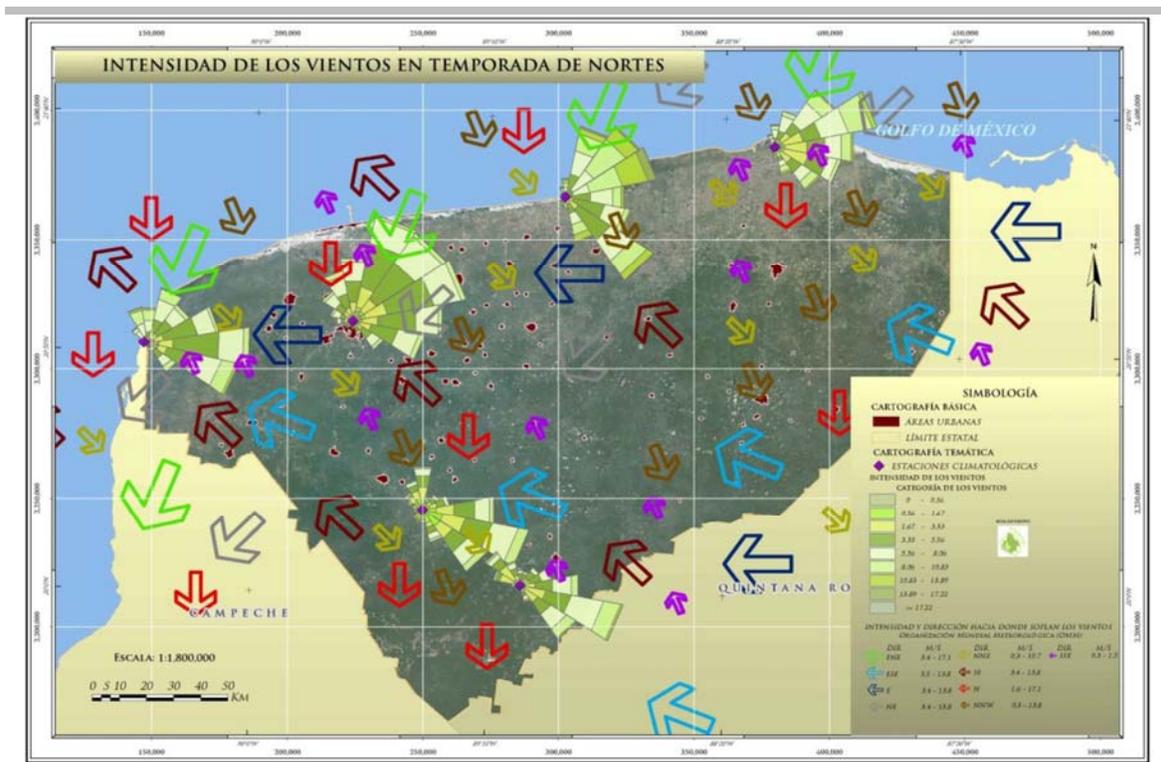


Figura 43. Flujo vectorial (predominante) del viento en temporada de nortes (tomado de SGM, 2013).

Fenómenos Especiales

La estación analizada y seleccionada dentro del SAR presenta frecuencias muy bajas de fenómenos especiales como granizo, neblina o tormentas eléctricas.

En la estación Chicxulub Puerto se llega a presentar menos de un día promedio al mes con presencia de tormentas eléctricas; con respecto a los fenómenos como granizo y niebla no hay registro debido a las características climáticas que presenta la zona, con respecto a los días con lluvia, puede presentarse hasta 8 días en un mes (*Figura 44*).

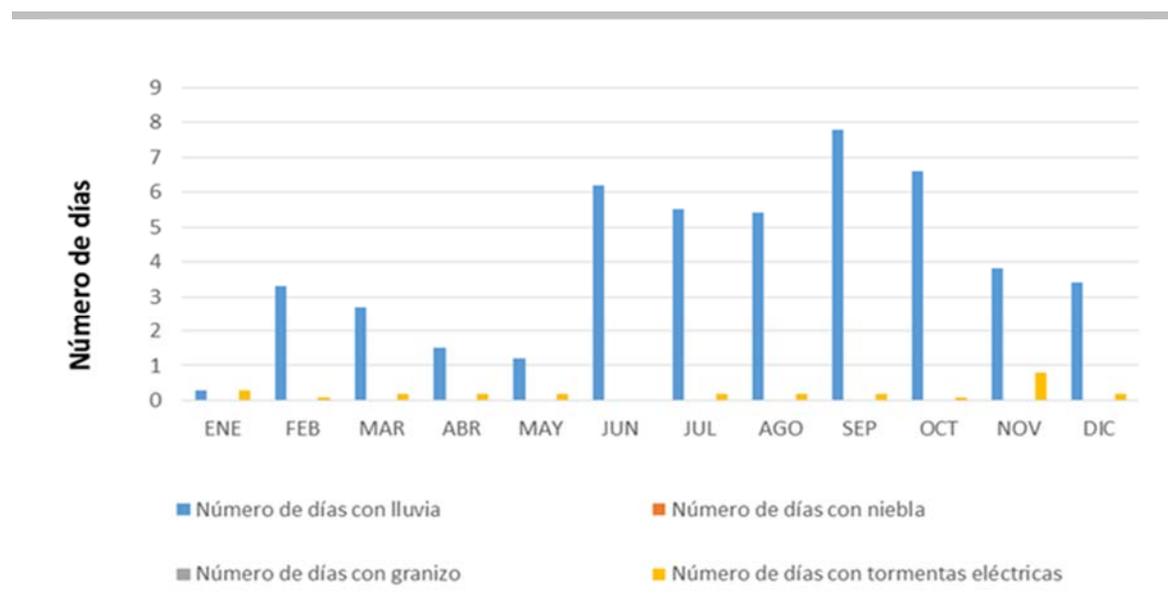


Figura 44. Fenómenos especiales, estación Chicxulub Puerto, Mpio. Progreso, Yuc. 1951-2010. SMN, 2015.

Ciclones Tropicales

Los ciclones son inestabilidades atmosféricas asociadas a áreas de baja presión, que propician vientos convergentes en superficie, que fluyen en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Se originan sobre aguas tropicales o subtropicales y se clasifican, por la intensidad de sus vientos en depresión tropical, tormenta tropical y huracán.

En septiembre de 2002 el huracán Isidore impactó las costas de la península de Yucatán. Alcanzó la categoría III en la escala Saffir-Simpson. El estado de Yucatán fue el más dañado, con vientos de más de 200 km/hora (rachas de 250 km/hora) afectó por más de 3 días la costa norte del estado y la zona centro sur. Toco tierra en Telchac Puerto con vientos de más de 205 kph, se mantuvo sobre la península de Yucatán aproximadamente 34 horas. El huracán “Isidoro” dejó en Yucatán un saldo de más de 500 mil damnificados, por lo menos 150 mil viviendas siniestradas, una situación dramática en el campo y el 50% de la infraestructura eléctrica dañada (*Figura 45*).

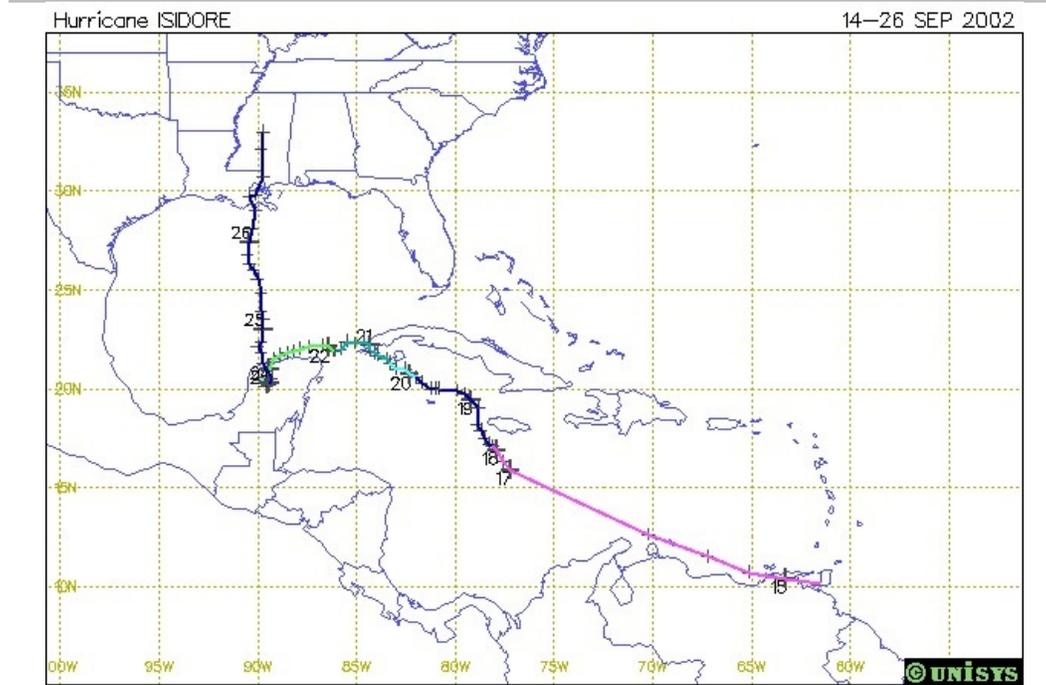


Figura 45. Trayectoria del Huracán Isidore (C3), 14-27 de septiembre de 2002. (Tomado de Unisys, 2016).

El día 22 de septiembre de 2002, a las 17 hrs (local), se detectó con las imágenes del radar meteorológico de Cancún, que la muralla que rodeaba al ojo del huracán golpeaba la costa norte de Yucatán. Posteriormente, el ojo del huracán Isidoro impactó sobre tierra firme, en Telchac Puerto, aproximadamente a 45 km al este de Progreso, e Ixil con vientos máximos sostenidos de 205 km/h y rachas de 250 km/h. Durante el resto de este día, el centro de Isidoro se desplazó sobre tierra con rumbo suroeste, afectando con fuerte intensidad a toda la península de Yucatán, con daños catastróficos sobre los estados de Yucatán y Campeche.

El día 23 por la mañana, en su avance sobre tierra hacia el Sur, cuando se encontraba sobre Muna entre los límites entre los Estados de Yucatán y Campeche, el huracán Isidoro se degradó a categoría 1 con vientos máximos sostenidos de 130 km/h y rachas de 155 km/h y más tarde a tormenta tropical. Durante el resto del día el meteoro mantuvo una trayectoria errática moviéndose sobre la parte occidental de Yucatán.

Después de describir un rizo en sentido contrario a las manecillas del reloj, sobre el Occidente del estado de Yucatán, el día 24 por la mañana, la tormenta tropical Isidoro retornó al mar, localizándose a 55 km al Norte de Puerto Progreso, con vientos máximos sostenidos de 85 km/h, rachas de 100 km/h y presión mínima de 987 hPa. Isidoro se mantuvo barriando los Estados de Yucatán y Campeche por cerca de 35 horas, 14 con fuerza de huracán y 21 horas como tormenta tropical, a esto se debe la gran devastación que causó debido a su lento y errático movimiento. En

Yucatán 70 de sus 106 municipios fueron decretados Zonas de Desastre, en el vecino Estado de Campeche 7 de sus 11 municipios fueron decretados Zonas de Desastre incluida la capital donde se reportó la Destrucción del Malecón y severas inundaciones en un tramo de la Carretera Federal México 180 a la altura entre Hampolól y Tenabo.

A la fecha se observan ecosistemas afectados por el paso del huracán, que no han terminado de recuperarse, particularmente el manglar ubicado al norte del área de estudio, cerca de la línea costera (*Figura 46*).



Figura 46. Afectación al manglar por el huracán Isidore, a casi 16 años del evento.

El 21 de octubre del 2005, Wilma tocó tierra en la península de Yucatán como un poderoso huracán categoría 4, con vientos por encima de las 150 millas por hora, dejando a su paso al menos ocho muertos, más de un millón de damnificados y cuantiosos daños en toda la costa del Caribe mexicano, daños en la infraestructura de carreteras, centros de trabajo (Zonas hoteleras), líneas de transmisión eléctrica y de telecomunicaciones. El ojo del huracán pasó primero sobre la isla de Cozumel, antes de tener su primer contacto "oficial" sobre la península cerca de Playa del Carmen, en el estado de Quintana Roo. El ojo se movió lentamente hacia el norte, pasando justo al oeste de Cancún. Diversas zonas de la península de Yucatán tuvieron vientos de huracán por más de 24 horas consecutivas (*Figura 47*).

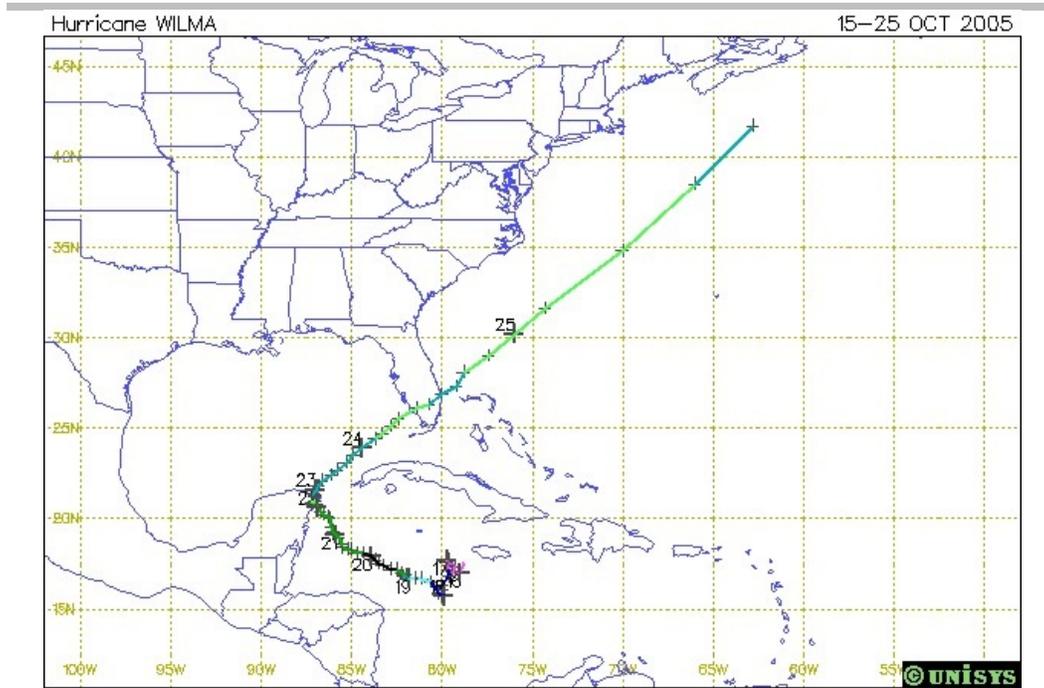


Figura 47. Trayectoria del Huracán Wilma (C4), 15-25 de octubre de 2005. (Tomado de Unisys, 2016).

Probabilidad de afectación por ciclones tropicales

En un estudio realizado para el CENAPRED, sobre la probabilidad de presentación de ciclones tropicales en la República Mexicana, Fuentes y Vázquez (1997) calcularon las probabilidades de presentación de los mismos, en cuadrantes de 2° x 2° de latitud y longitud. En el caso de la ubicación del SAR, el cuadrante que se sobrepone al proyecto abarca de los 88° a los 90° de longitud oeste y de los 20° a los 22° de latitud norte (Figura 48).

La probabilidad de que se presente un ciclón tropical de cualquier categoría en un año dado en esa región es de 0.154 (Figura 49), 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 1004 mb, y vientos entre 62,1 y 118 km/h) es de 0,102, y de 0,051 la 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).

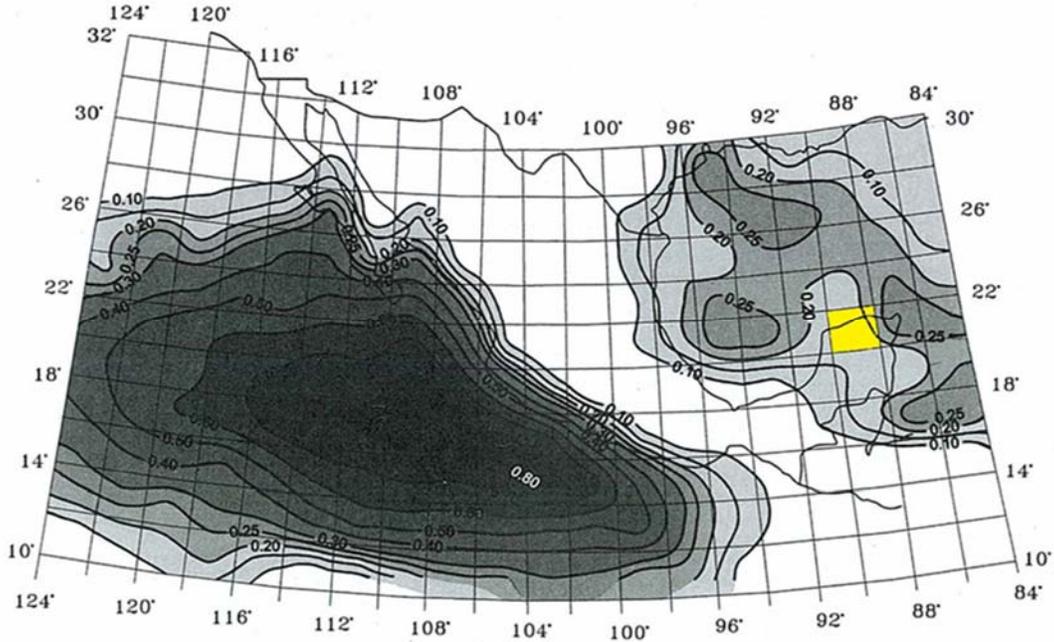


Figura 48. Isolíneas de probabilidad de presentación de uno o más ciclones en un año. El SAR se ubica en el cuadrante marcado (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997).

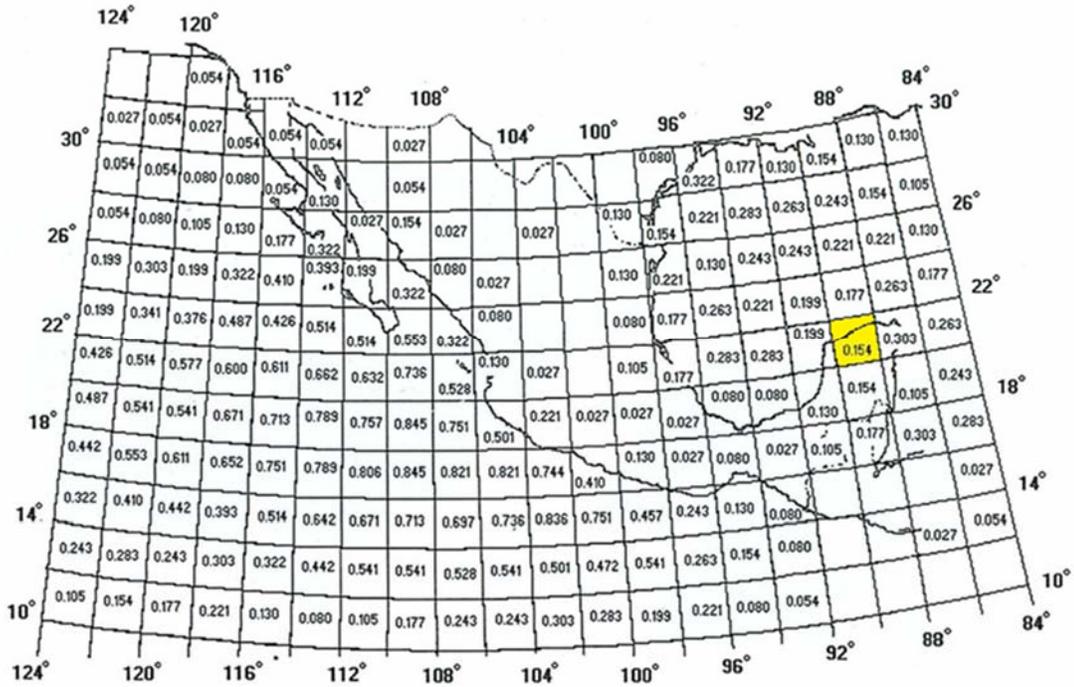


Figura 49. Probabilidades de presentación por cuadrante de uno o más ciclones en un año. El SAR se ubica en el cuadrante marcado (tomado de Fuentes y Vázquez, 1997).

Escenarios de cambio climático regionales

El Atlas de escenarios de Cambio Climático para la Península de Yucatán (Orellana *et al.*, 2012), que es un esfuerzo interinstitucional de investigadores del CICY y la UNAM con una serie de proyecciones sobre los posibles impactos que podrían sufrir los sistemas naturales y culturales frente a este fenómeno, señala que desde el punto de vista de los escenarios de cambio climático regionales, a consecuencia del incremento en emisiones de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles, existen diversas variables y factores, modelos y escenarios de desarrollo económico.

Las variables consideradas incluyen:

- Temperatura media anual
- Precipitación total anual
- P/T o Índice de humedad de Lang
- Porcentaje de lluvia invernal
- Sequía intraestival o Canícula
- Tipos de Climas

Adicionalmente se deben considerar factores como el posible incremento en el nivel de mar, como resultado del derretimiento de glaciares continentales y por la propia expansión térmica de los océanos; el cambio en la intensidad y frecuencia de tormentas tropicales y huracanes; y la posible variación en los patrones de viento regionales.

Se considera el modelo HADCM3, desarrollado por el laboratorio Hadley Centre, en Inglaterra, Reino Unido. En su desarrollo se consideraron 19 capas de la atmósfera y 19 capas en el océano. Tiene una resolución de 2.5° x 3.75° de latitud y longitud, respectivamente. Para simplificar el análisis que se presenta aquí, solo se consideran dos escenarios de desarrollo económico: el A1F1 y el B2, que representan los extremos de las posturas a nivel global.

A1F1. La línea A1F1 describe las siguientes condiciones mundiales: utilización mundial intensiva de combustibles fósiles con un rápido crecimiento económico; una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados de Siglo XXI y disminuye posteriormente, así como una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones, la creación de capacidades e interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante.

B2. La línea B2 describe condiciones con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, aunque con un aumento muy paulatino de CO₂. Se describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Es un mundo cuya población

aumenta progresivamente, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional y poco globalizado.

Los distintos modelos de cambio climático consultados muestran variaciones a corto plazo en términos de isotermas (*Figura 50 y Figura 51*) e isoyetas (*Figura 52 y Figura 53*), y también pueden reconocerse diferencias importantes en cuanto a los escenarios socioeconómicos, siendo más favorecedores en términos generales aquellos con bajas emisiones, sobre los de escenarios agresivos de emisiones atmosféricas.

En términos generales, las isotermas muestran incrementos de distinta magnitud prácticamente en toda la Península de Yucatán, mientras que las isoyetas muestran áreas con incremento y áreas aisladas con decremento o reducción de la precipitación.

Paradójicamente, los modelos muestran en las isolíneas de tipos climáticos según la clasificación de Köppen modificada por García (1988), un futuro potencialmente más adverso con emisiones relativamente contenidas que con uno de altas emisiones (*Figura 54 y Figura 55*).

Considerando dichos análisis, sería de esperarse a largo plazo la expansión o avance de las especies vegetales más adaptadas a condiciones de aridez relativa, pero esto sería en un plazo de alrededor de 2 a 3 décadas, hacia el año 2050, y dependiendo de que se estén alcanzando las emisiones y temperaturas pronosticadas, y de si esto se estaría dando en el escenario de altas o de bajas emisiones atmosféricas.

Otro factor importante a considerar es que las predicciones y las observaciones que se están dando en función de los ciclones tropicales es que si bien no hay una variación en la cifra total anual de eventos en todas las categorías (incluyendo desde depresiones tropicales hasta huracanes), lo que si se está incrementando es el número de aquellos huracanes que alcanzan las categorías máximas (4 y 5 en la escala de Saffir-Simpson), debido a la mayor temperatura media de los océanos, en éste caso del Atlántico.

Esto representa un mayor riesgo potencial de que se presenten eventos particularmente destructivos, como el ya mencionado huracán Isidore del año 2002, del que como también ya se señaló, aún se pueden observar alguno de sus secuelas.

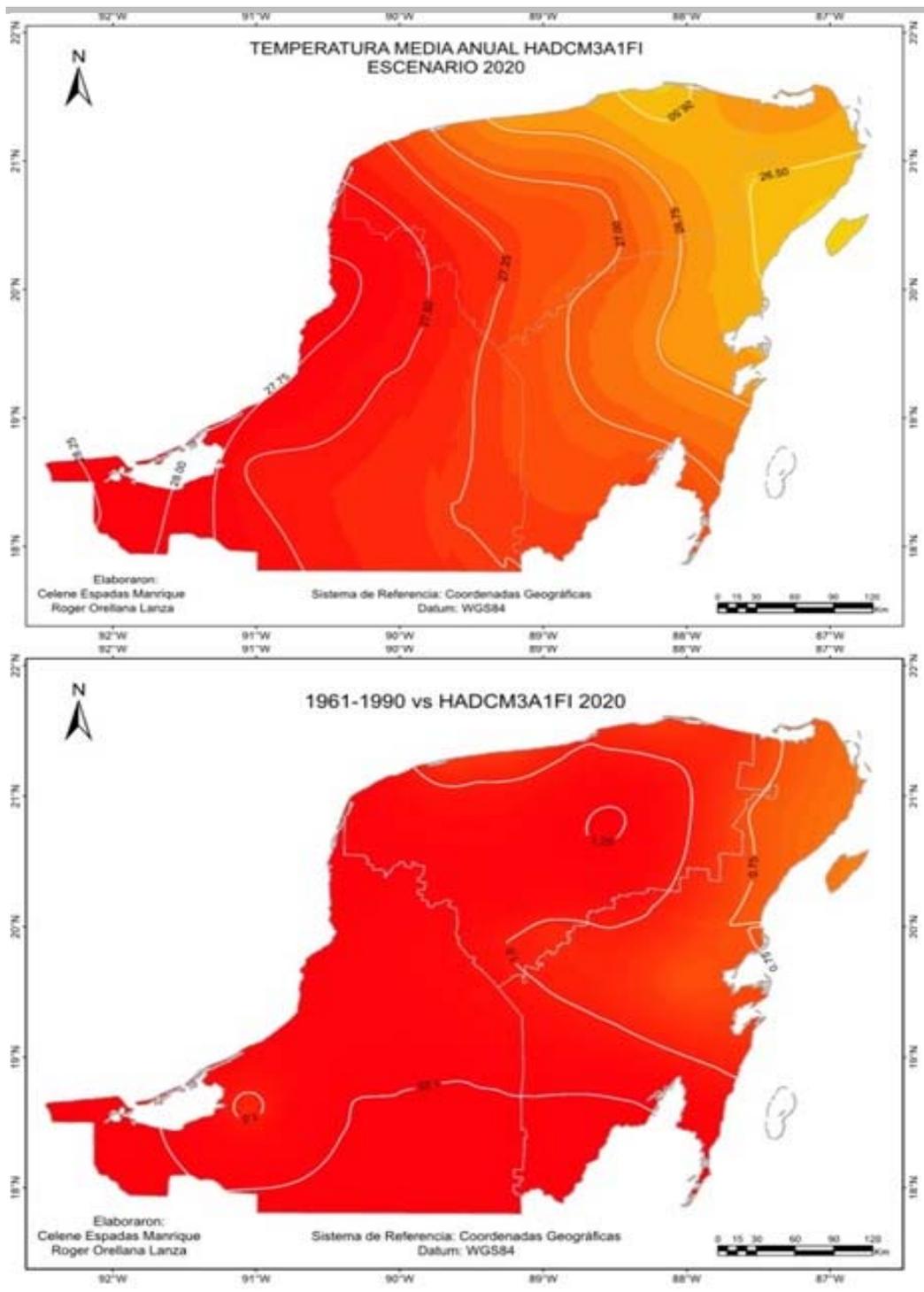


Figura 50. Temperatura media anual en escenario A1F1 2020 de altas emisiones atmosféricas (arriba) y variación (abajo) según modelo HADCM3.

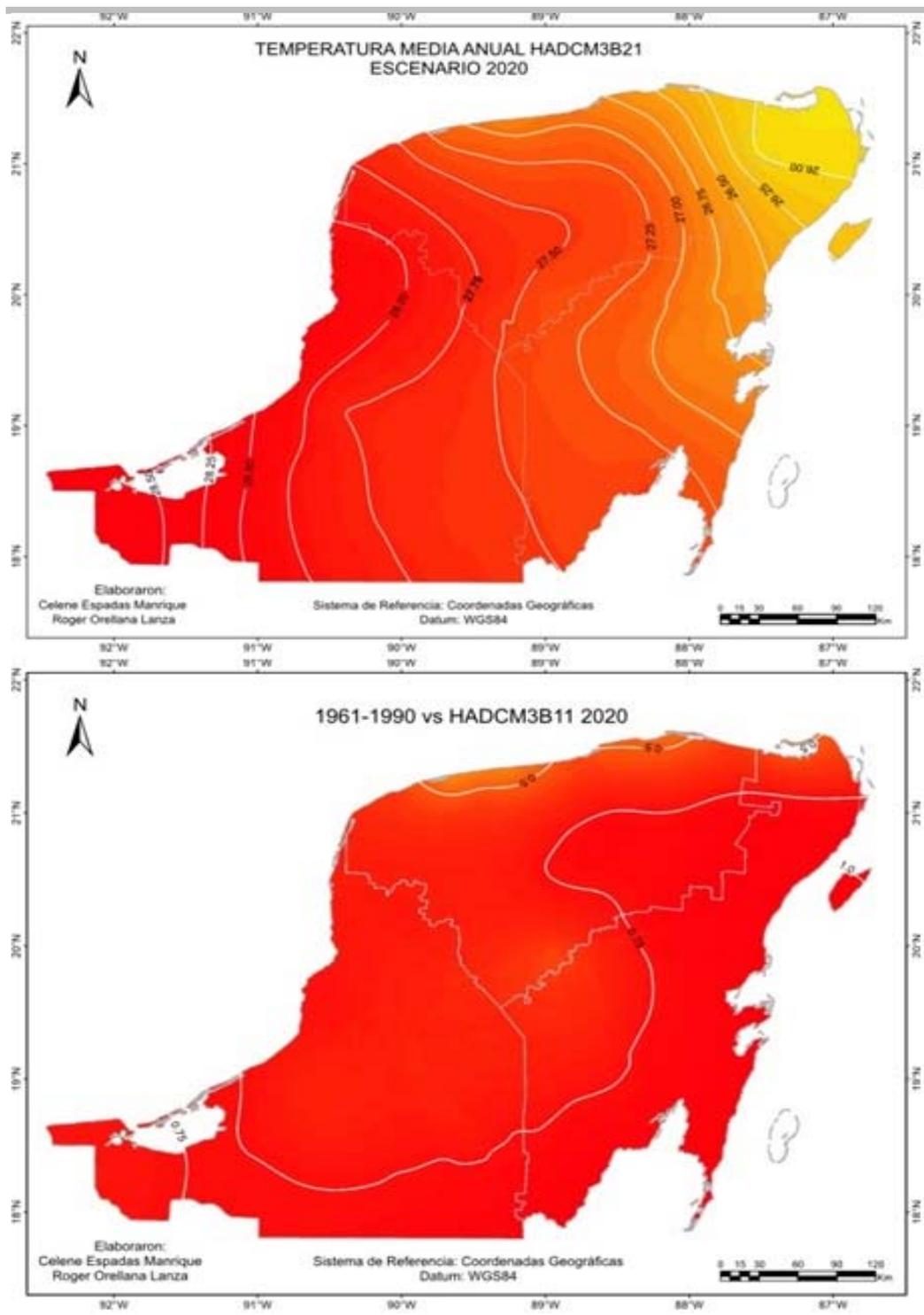


Figura 51. Temperatura media anual en escenario B2 2020 de bajas emisiones atmosféricas (arriba) y variación (abajo) según modelo HADCM3.

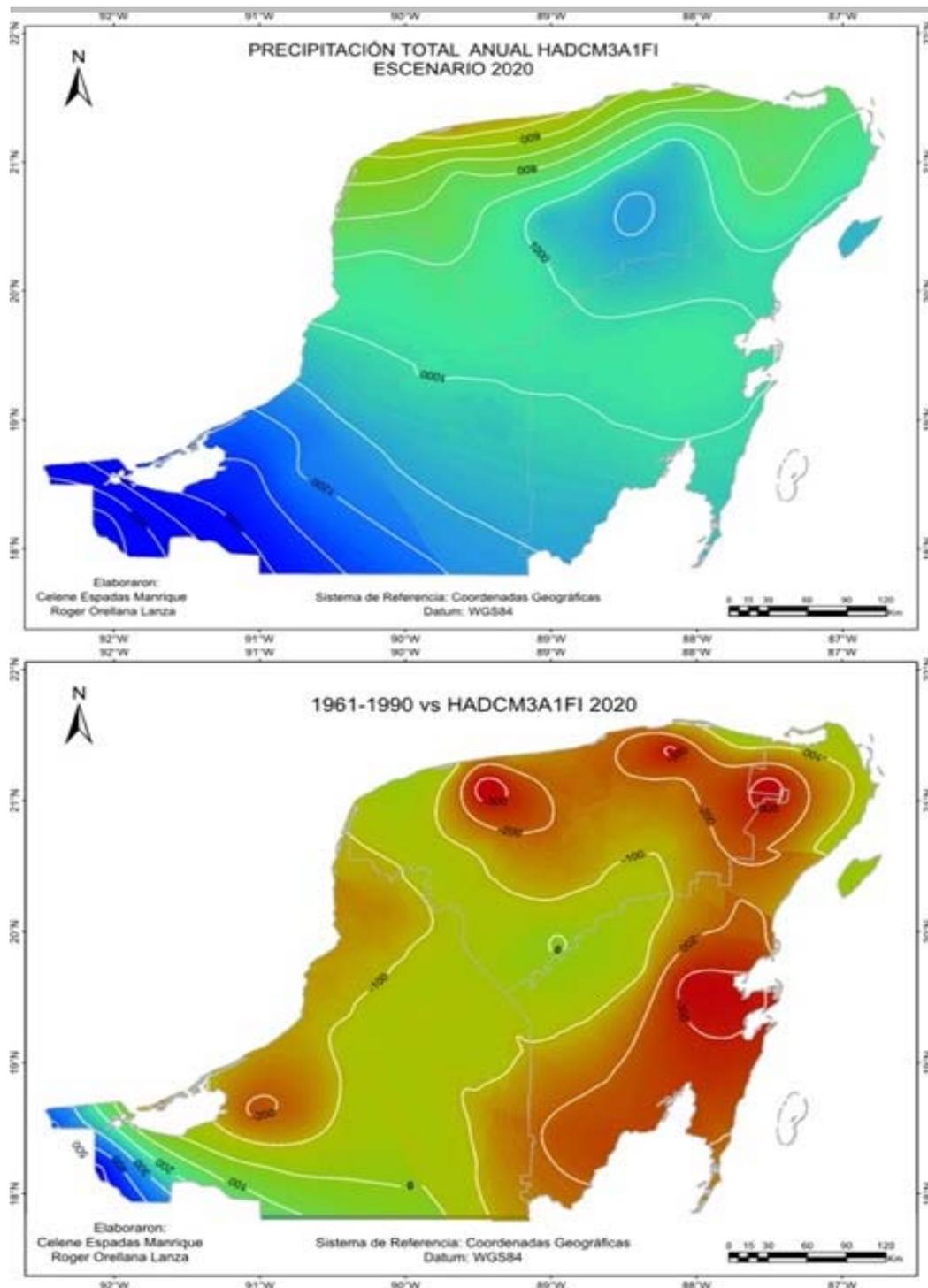


Figura 52. Precipitación total anual en escenario A1F1 2020 de altas emisiones atmosféricas (arriba) y variación (abajo) según modelo HADCM3.

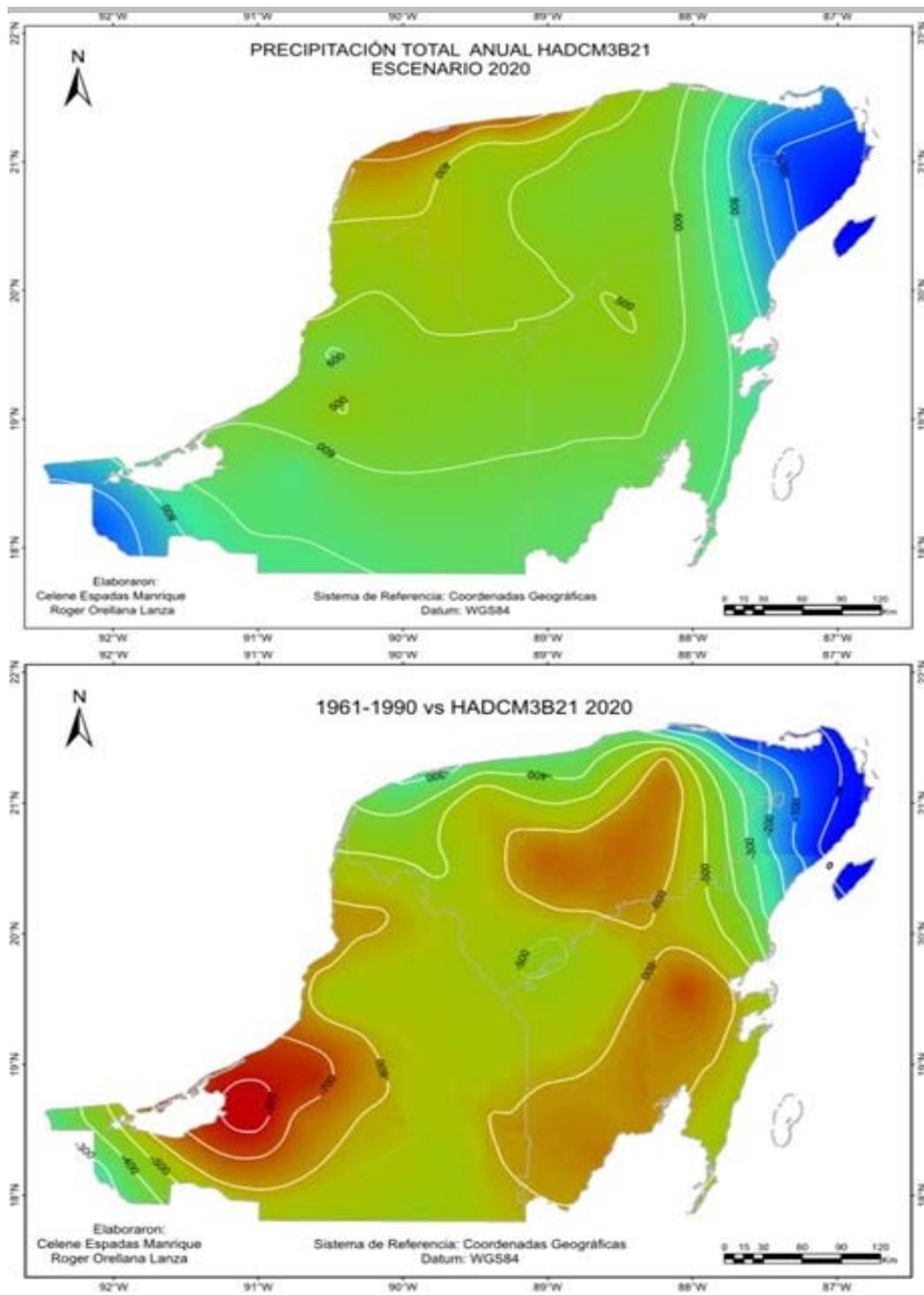


Figura 53. Precipitación total anual en escenario B2 2020 de bajas emisiones atmosféricas (arriba) y variación (abajo) según modelo HADCM3.

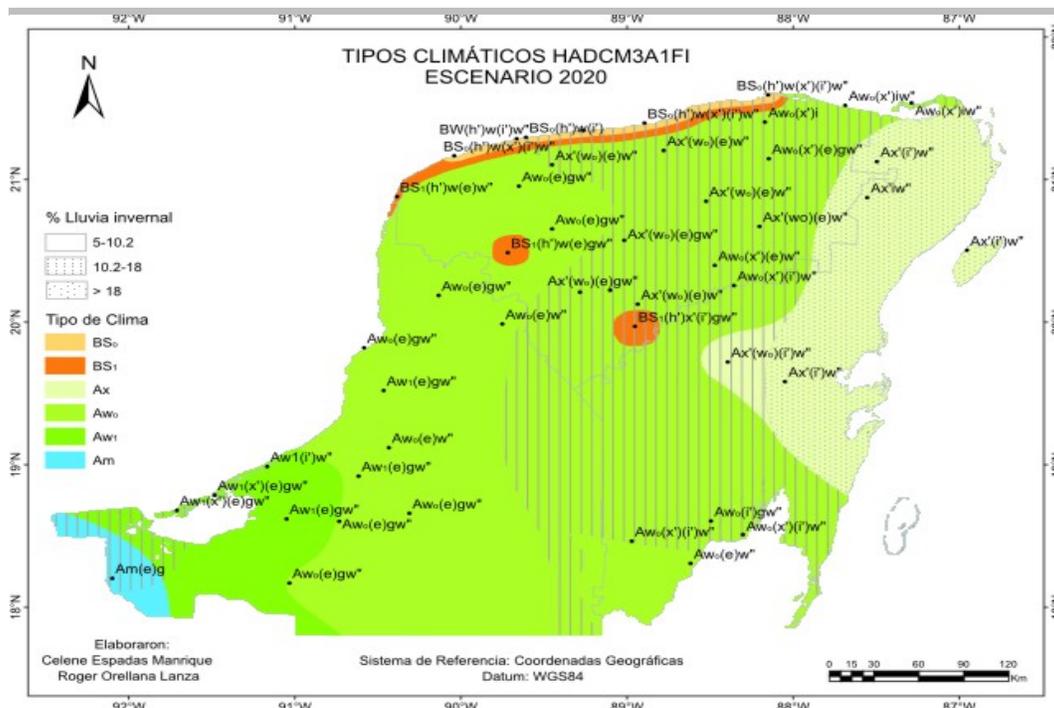


Figura 54. Tipos climáticos en escenario A1F1 2020 de altas emisiones atmosféricas con HADCM3.

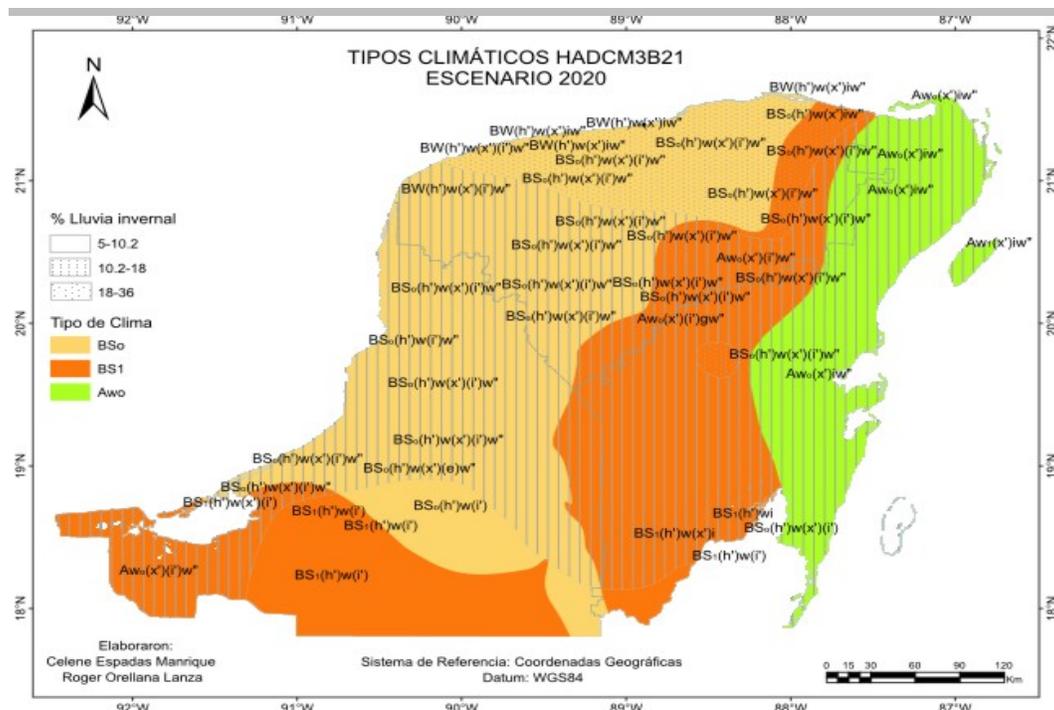


Figura 55. Tipos climáticos en escenario B2 2020 de altas emisiones atmosféricas con HADCM3.

De cualquier manera, en relación con el proyecto y con las condiciones ambientales en general de la región, la consecuencia potencial más importante del cambio climático tiene que ver con el incremento potencial del nivel del mar.

Una publicación de Kopp *et al.* (2014), presenta escenarios probabilísticos para dicho incremento, en proyecciones a los años 2030, 2050, 2100 y 2200, y con aumento de temperatura global que va de 2°C a 4°C, y muestra gran parte del área de estudio comprometida por dicho riesgo potencial, el cual no sería exclusivo de las actividades o la infraestructura del proyecto en evaluación, sino también de los asentamientos humanos, actividades productivas y todos los ecosistemas de la región, por lo que este tema no debe considerarse como un impedimento para su desarrollo, y más aún en cuanto que precisamente se trata de un proyecto para el desarrollo y la ampliación de la capacidad de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, no vinculadas al uso de combustibles fósiles (*Figura 56 y Figura 57*).

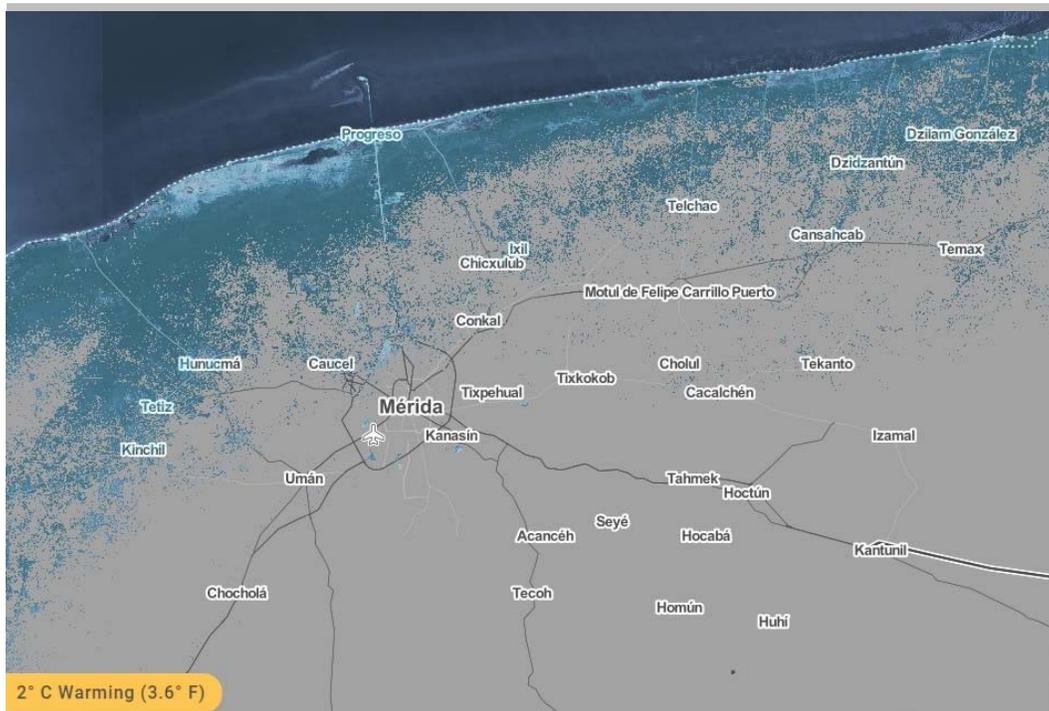


Figura 56. Modelo probabilístico elevación del nivel del mar, con aumento global de 2°C (tomado de Kopp *et al.*, (2014). <https://choices.climatecentral.org>).

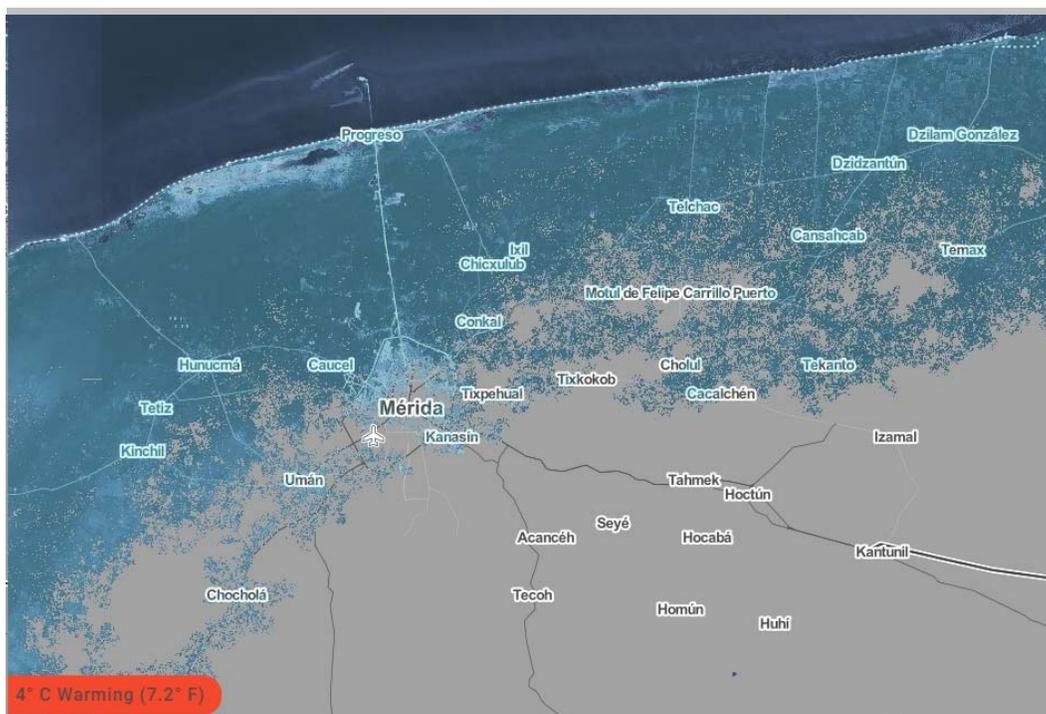


Figura 57. Modelo probabilístico elevación del nivel del mar, con aumento global de 4°C (tomado de Kopp et al, (2014). <https://choices.climatecentral.org>).

De acuerdo con Batlori et al (2006), en un análisis desde la perspectiva hidrogeológica y de la permeabilidad del terreno cárstico:

“...si el nivel del mar aumentara un metro, el agua de mar alcanzaría una penetración de 16 km tierra adentro, equivalente a más de 500 km², y el ascenso del mar podría acelerarse por la destrucción del manglar. La situación actual de la costa es de fuerte inestabilidad, donde los procesos erosivos en las playas dominan y donde se predice un incremento acelerado del nivel del mar por fenómenos, como el calentamiento global, además del fuerte impacto que la infraestructura habitacional y productiva, construida sobre la primera duna costera y frente a la playa, ha ocasionado, junto con la deforestación y la construcción de espolones y escolleras en la zona litoral.

En la península de Yucatán, el efecto combinado de la sequía con el incremento del mar traería como consecuencia, una obvia reducción de la recarga de agua al acuífero subterráneo por la disminución de la precipitación pluvial, elevando la interfase salina, aunado a lo anterior y debido al incremento del nivel del mar, la cuña marina subterránea se desplazaría hacia el sur por varios kilómetros, con una reducción drástica del espesor del manto freático aprovechable para el uso humano y para la vida silvestre, particularmente la flora, la cual tendería hacia un predominio de selva baja caducifolia espinosa y con cactáceas y otras xerófitas, con una pérdida gradual de fertilidad en el suelo y sujeto a la erosión, particularmente los litosoles y rendzinas extendidos en la región”.

IV.2.1.2 GEOLOGÍA

El proyecto se encuentra ubicado en la Provincia Morfotectónica de la Plataforma de Yucatán, que se encuentra entre los paralelos 17° 50'– 21° 30' de latitud Norte y los meridianos 87° 00' – 91° 00' de longitud Oeste; incluye los estados de Quintana Roo, Yucatán y la mayor parte de Campeche, así como Belice y el norte de Guatemala, con un área cercana a los 167 600 Km², casi 8.46% del territorio nacional (Ferrusquía, 1998).

Más de 95% de esta provincia yace por debajo de los 200 metros de altitud, haciéndola una vasta planicie. Mar adentro, su plataforma continental se extiende hacia el norte y el oeste, hasta el meridiano 92° 30' W y entre los paralelos 22° y 24° N, a lo largo de una línea oblicua, definida a grandes rasgos por las cercanamente espaciadas isobatas de 0 a 3000 m bajo el nivel del mar. En contraste, el margen oriental carece de plataforma continental.

En términos geológicos, el subsuelo del estado de Yucatán está constituido por una secuencia de sedimentos calcáreos de origen marino del Terciario Reciente, y ha estado bajo subsidencia lenta pero continua. El Cuaternario aflora hacia las zonas costeras y corresponde a depósitos calcáreos expuestos después de una ligera emersión de la península.

Los sedimentos terciarios se encuentran prácticamente en posición horizontal o con echados muy suaves. Aproximadamente los primeros 120 m corresponden a las calizas masivas recristalizadas, cavernosas de buena permeabilidad, las cuales se encuentran cubriendo margas y calizas prácticamente impermeables, cuyo espesor alcanza centenares de metros hacia la parte noroeste de la península (García y Graniel, 2010).

Desde el punto de vista geológico existen ciertas interacciones y movimientos de las placas tectónicas Norteamericana, del Caribe y de Cocos, que convergen en esta región desde el Oligoceno Tardío; la Placa Norteamericana tiene un movimiento relativo hacia el Oeste respecto a la del Caribe, mientras que la de Cocos se mueve hacia el Noroeste en dirección hacia las dos primeras. Las estructuras resultantes de esta actividad tectónica durante el Mesozoico y Cenozoico presentan tendencias estructurales diversas, así como también edades de deformación diferentes (Padilla y Sánchez, 2007).

El área donde se llevará a cabo el proyecto se encuentra localizada en la provincia morfotectónica de la Planicie Yucateca, que incluye los estados de Quintana Roo, Yucatán y la mayor parte de Campeche, con una superficie aproximada de 167 600 km² (Figura 58).

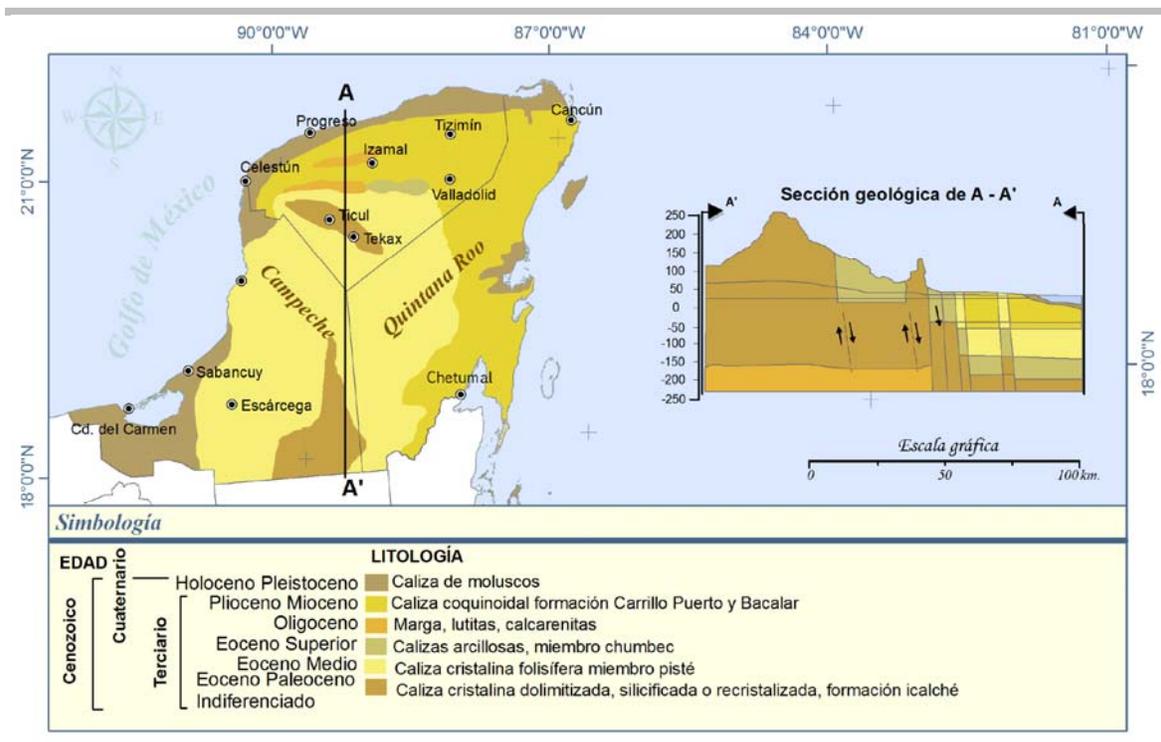


Figura 58. Provincias morfotectónica Plataforma de Yucatán.

Fisiografía

Debido a la naturaleza calcárea de la plataforma, solo se encuentran geomorfos de calizas, característicos del sistema cárstico. El sector norte se presenta un área de llanos foseados, provisto de numerosas depresiones y fosas (cenotes), que carecen de un drenaje superficial. Hacia el oriente, las zonas costeras son de marismas y tienen arrecifes de coral por el lado del mar. El resto de la plataforma es ligeramente más alto y tiene numerosas lomas bajas y colinas (es decir, la topografía cárstica sin desarrollarse totalmente) que los llanos foseados, de los que está separada por un escarpe con rumbo noroeste-sureste, la Sierrita de Ticul, en el sur el estado de Yucatán.

El proyecto se encontrará localizado dentro de la subprovincia Carso Yucateco. Ésta se despliega por el norte y centro del estado, desde los límites con el estado de Yucatán hasta el litoral del Mar Caribe en el oriente; se distingue por su condición de planicie calcárea a nivel, con muy ligeras ondulaciones y casi imperceptible, declive que desciende desde los cinco msnm hacia la costa caribeña.

Ocupa una superficie de 23,147.47 km², que corresponden a 54.3% de la extensión territorial del estado; hacia el norte coincide con la Región Hidrológica 32 y hacia el centro y sur forma parte de la Región Hidrológica 33 (Figura 59).

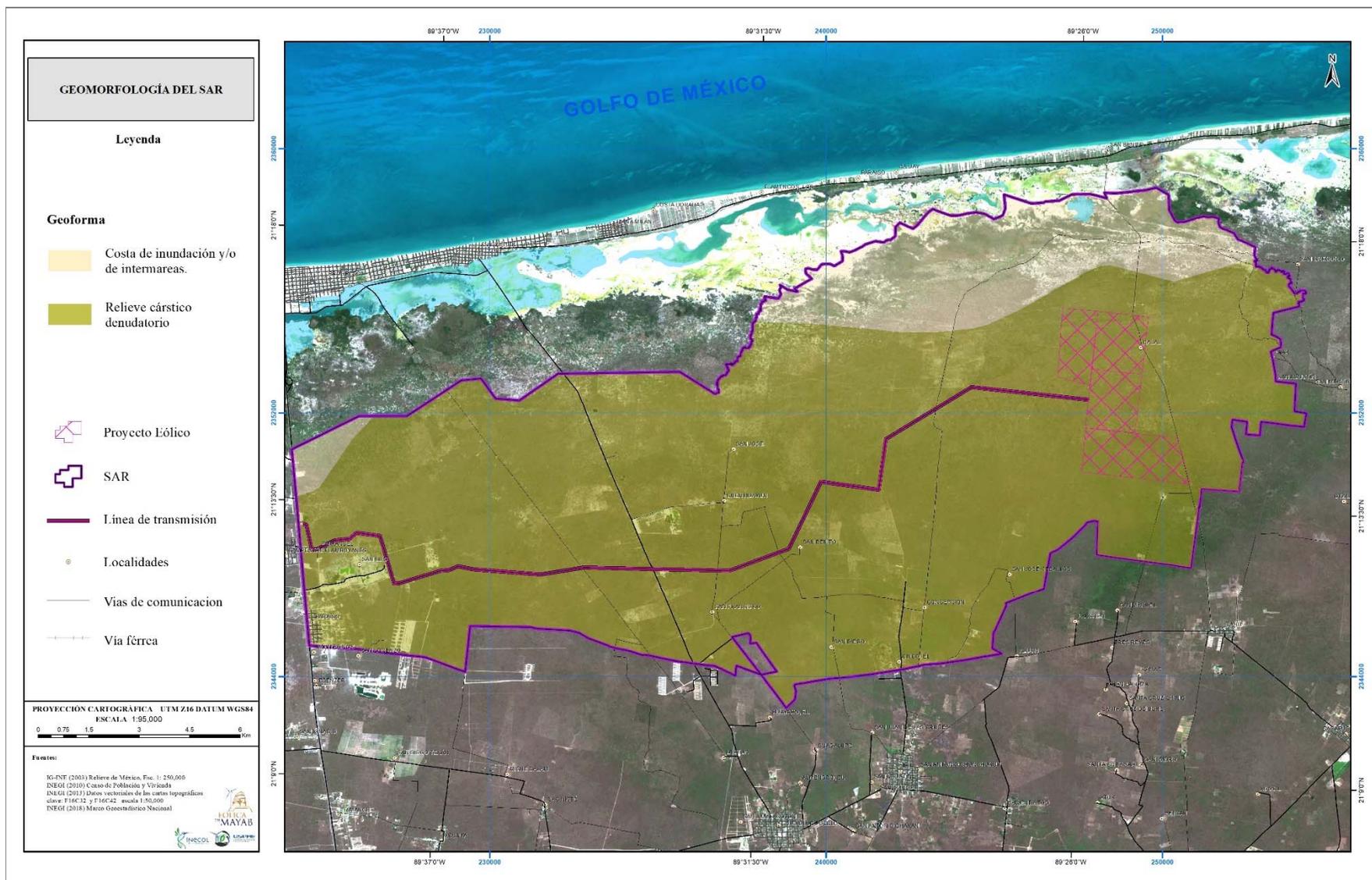


Figura 59. Geomorfología del SAR.

Características Litológicas

La geología superficial de la porción mexicana de la Carso Yucateco es relativamente simple, está constituida por cuerpos de caliza, dolomita y evaporitas, dispuestos horizontalmente, cuya edad abarca todo el Cenozoico. Las unidades paleocénicas afloran en una estrecha faja ubicada al sureste de Campeche. Los cuerpos oceánicos cubren en concordancia a los paleocénicos, y su área de afloramiento es mayor, pues cubre casi todo Campeche, Yucatán y el oriente de Quintana Roo. Sorprendentemente, los cuerpos oligocénicos solo forman dos angostas y cortas fajas rumbo este-oeste en el oriente de Yucatán (áreas de Mérida y Maxcanú). Los cuerpos del Mioceno y Plioceno forman una amplia zona que rodea al Eoceno, y aflora en Yucatán y gran parte de Quintana Roo. Por último, una estrecha banda de calizas y depósitos de playa cuaternarios flanquean la Península, especialmente en la porción norte (*Figura 60*).

Esta secuencia cenozoica indica sedimentación calcárea marina somera sobre un banco o plataforma continental en un escenario tropical. La posición casi horizontal de los estratos que componen estos cuerpos significa que no han sido afectados por la deformación después de su deposición, lo que a su vez sugiere estabilidad tectónica en esta región durante todo el Cenozoico.

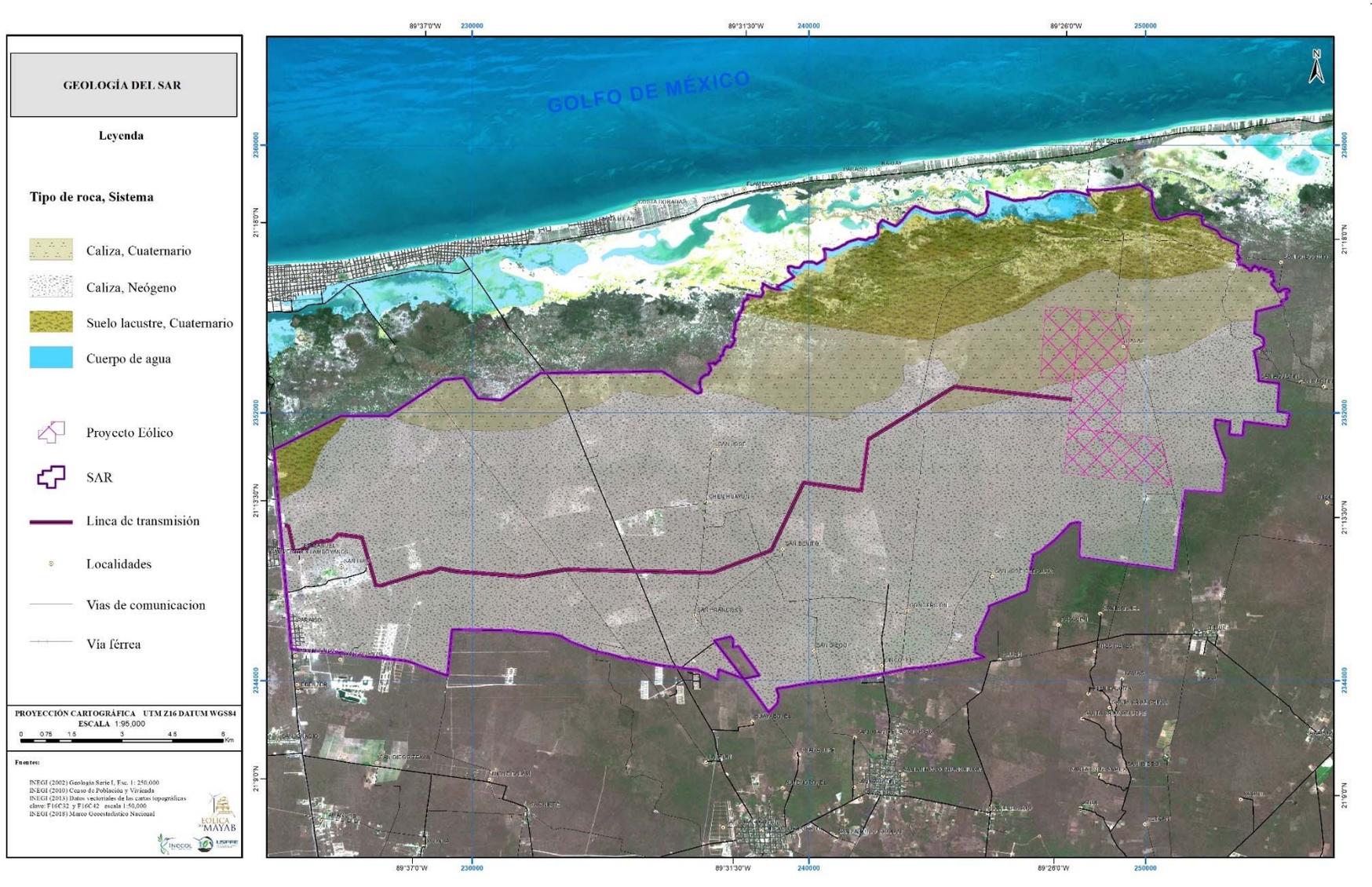


Figura 60. Geología del SAR.

Los pocos pozos que se han perforado en la plataforma han puesto al descubierto la siguiente información del subsuelo la secuencia cenozoica yace sobre calizas mesocretácicas y cretácico tardías, que a su vez yacen discordantemente sobre una secuencia de evaporitas y lechos rojos de edad mesozoica más antigua, que yacen sobre un basamento cristalino metamórfico y plutónico las edades isotópicas de los plutones, de 410 Ma, indican que el basamento, localmente por lo menos, es del Silúrico.

Estratigrafía

El área se encuentra en la provincia geológica de la Plataforma de Yucatán, localizada en el sureste de México, gran parte de esta provincia es marina, en la porción terrestre cubre los estados de Yucatán, Quintana Roo y parte de Campeche y Tabasco. La extensa plataforma carbonatada está limitada del Golfo Profundo por el denominado Escarpe de Campeche, que es un talud continental pronunciado que se extiende del oeste al norte a lo largo de la plataforma. En la margen oriental hacia el mar Caribe, la plataforma presenta fallamiento. En el suroeste limita con la provincia geológica Cinturón Plegado Perdido y las provincias geológicas Macuspana y el Pilar Reforma-Akal.

Su cubierta sedimentaria es predominante carbonatada y evaporítica representada por secuencias sedimentarias progradantes sobre una corteza transicional con tendencia a adelgazarse hacia aguas profundas (Figura 61).



Figura 61. Mapa Geológico – Minero de Tizimín, ubicando el área donde se llevará el proyecto con sus respectivas características geológicas.

La sedimentación carbonatada es de más de 4.5 km de espesor, con estructura profunda del basamento, corresponde a rasgos tectónicos sutiles asociados a zonas cratónicas poco deformadas, peor que pueden contener grandes acumulaciones de hidrocarburos típicamente comunes al nivel mundial.

La columna geológica ha sido reconocida por los pozos perforados en la Plataforma de Yucatán, ubicados al norte del Estado de Campeche y en el Estado de Yucatán y por pozos ubicados al sur de la frontera de Guatemala (Figura 62).

La columna sedimentaria inicia con un paquete de espesor variable de calizas y evaporitas de edad Jurásico Tardío de hasta 1000 metros de espesor. En este tiempo la plataforma estuvo parcialmente expuesta con depósitos continentales.

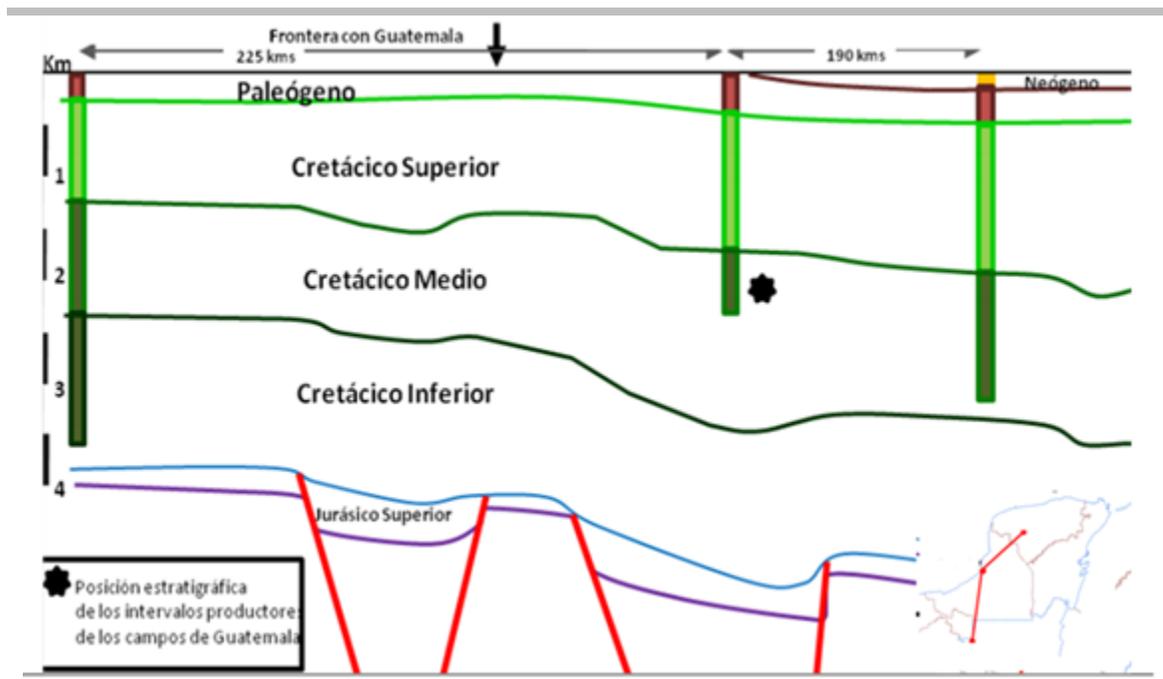


Figura 62. Sección geológica esquemática en la Plataforma de Yucatán (Provincia Petrolera Plataforma de Yucatán, PEMEX Exploración y Producción).

Sobre la secuencia anterior descansan rocas carbonatadas de plataforma y evaporitas de edad Cretácico Temprano-Oligoceno, con múltiples ciclos de facies transgresivas que se acuñan contra un borde de plataforma agradante. Las rocas sedimentarias se presentan de manera horizontal y localmente existen flexuras tenues que corresponden a la propagación vertical de fallas profundas que delimitan fosas tipo "rift" que controlaron la subsidencia diferencial, produciendo cambios en los espesores de la columna de las rocas carbonatadas. Hacia el norte de la Plataforma de Yucatán, la columna palógena conserva su espesor, pero la columna de Cretácico Superior se engrosa hacia

el norte y la del Cretácico Medio e inferior parece conservar su espesor. Estos ciclos de plataforma llegan a tener, según datos de los pozos que atravesaron parcialmente la columna entre 3 y 4 Km de espesor.

En el Barremiano al Aptiano inferior se presentan tres facies marinas:

1. Somera, con depósitos carbonatados y anhidrita de plataforma interna restringida (base de la formación Cobán)
2. Somera, con depósitos carbonatados de plataforma interna a externa
3. Depósitos de rocas carbonatadas de plataforma externa a borde de plataforma.

Para el Cretácico Medio se depositaron anhidritas con dolomías y calizas en un ambiente somero (formación Cobán). Localmente presenta parches arrecifales de rudistas desarrollados principalmente en la parte norte de la provincia geológica escarpe de Campeche en la posición del actual margen de plataforma.

El Cretácico Superior en el subsuelo de la plataforma consiste de intercalaciones entre calizas, dolomías y anhidritas (formación Cobán). Estos depósitos de ambientes marinos someros en el oeste cambian a conglomerados marinos y en el este a rocas carbonatadas marinas pelágicas profundas. Estos cambios a ambientes marinos profundos a lo largo de la margen oriental de la plataforma se atribuyen al inicio del fallamiento en bloques a lo largo de la zona Rio Hondo, que es provocado por el desplazamiento de la Placa del Caribe (Meneses *et al.*, 1980; Blair, 1990).

En la transición Cretácica Superior-Paleoceno hacia el talud occidental, en lo que corresponde a la cuenca del Sureste, se depositó una secuencia de brechas dolomitizadas (conocida como BTP-KS), donde se tiene el área más prolífica en producción de hidrocarburos. Estas brechas fueron cubiertas por lutitas de ambientes marinos profundos del Paleoceno, Eoceno, Oligoceno y Mioceno-Plioceno.

Para el Paleógeno (Paleoceno, Eoceno y Oligoceno) las rocas de las formaciones Icaiche y Chichen-Itza, consisten de calizas, dolomías y margas que contienen microfósiles de ambientes marinos someros. Estas unidades afloran en la Península de Yucatán.

Los depósitos del Oligoceno, son calizas cretosas, con nódulos de pedernal negro intercaladas con lutitas, margas y calcarenitas de plataforma. Los del Mioceno inferior, son intercalaciones de caliza de plataforma. Para el Mioceno medio-Pleistoceno (formación Carrillo Puerto) son calizas cretosas que afloran en la porción norte y este de la península.

En la Plataforma de Yucatán se localiza el cráter Chicxulub (Penfield y Camargo, 1981), que presenta un diámetro aproximado de 200 kilómetros y una profundidad estimada de 16 kilómetros (Urrutia,

2014). Su morfología está compuesta por una superficie sepultada de rocas carbonatadas por unos 800 a 100 m, sus rasgos marcados por una ligera depresión y un anillo de cenotes (Urrutia y Pérez, 2015). La mayor parte del estado de Yucatán se encuentra dentro de la mitad del cráter, teniendo como centro el puerto de Chicxulub en la línea de costa (Figura 63).

El cráter fue descubierto en 1978, por los geólogos Glen Penfield y Antonio Camargo realizando trabajo en campo para localizar posibles zonas de extracción de petróleo para la compañía Petróleo Mexicanos (PEMEX); durante la exploración encontraron un arco simétrico en la superficie del suelo con dimensiones cercanas a los 70 kilómetros de largo. De acuerdo con Urrutia (2014) el impacto de Chicxulub está relacionado con los cambios ambientales y climáticos que marcaron la frontera del Cretácico-Paleógeno, y las extinciones masivas hace 65 millones de años.

La deformación en la zona provocó el colapso del borde de la plataforma, produciendo las brechas de carbonatos en el sur del Golfo de México, las cuales contienen acumulaciones de hidrocarburos. La presencia del cráter en el subsuelo de la península es uno de los factores mayores en el flujo de agua subterránea en la península, a través de los patrones de fracturamiento y deformación en las secuencias carbonatadas (Urrutia y Pérez, 2008; Urrutia *et al.*, 2008).

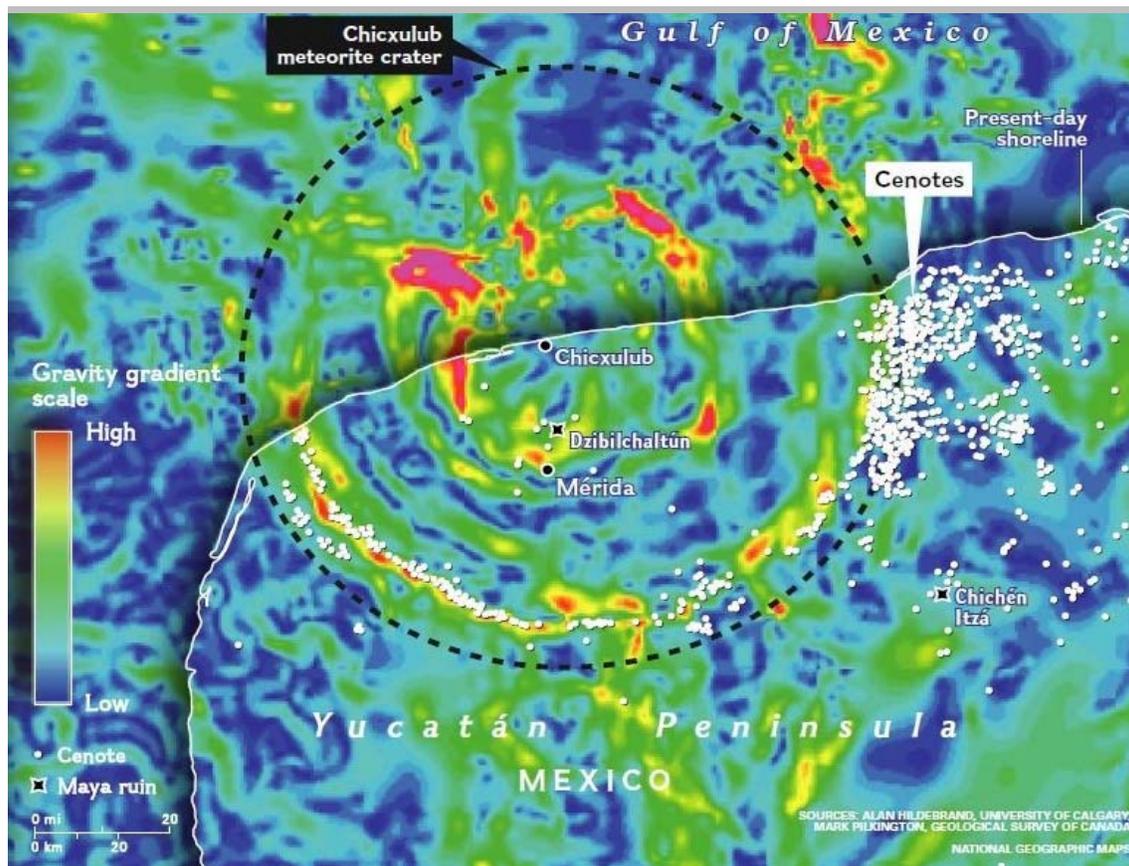


Figura 63. Cráter Chicxulub y el Anillo de Cenotes, Yucatán. Fuente: National Geographic.

Existe una relación entre el cráter Chicxulub con la formación de cenotes en la Península de Yucatán; de acuerdo con Perry y Velázquez (1993) el anillo semicircular de cenotes (Anillo de cenotes) es consecuencia del impacto de Chicxulub, formando una zona de alta permeabilidad en la cual el agua subterránea logró disolver la roca. Dicho sitio tiene aproximadamente 5 kilómetros de ancho con un radio de 90 km cuyo centro es la localidad de Chicxulub Puerto, cuyo flujo va del sureste al noroeste.

Presencia de fallas y fracturamientos

De acuerdo a INEGI, en el estado de Yucatán se pueden encontrar una abundancia de fracturas, pero se pudo observar que en el área donde se llevara a cabo el proyecto, no existe tal presencia de fracturas como de fallas (Figura 64). Esto se debe a la naturaleza de la plataforma carbonatada de Yucatán, y especialmente a su región costera.

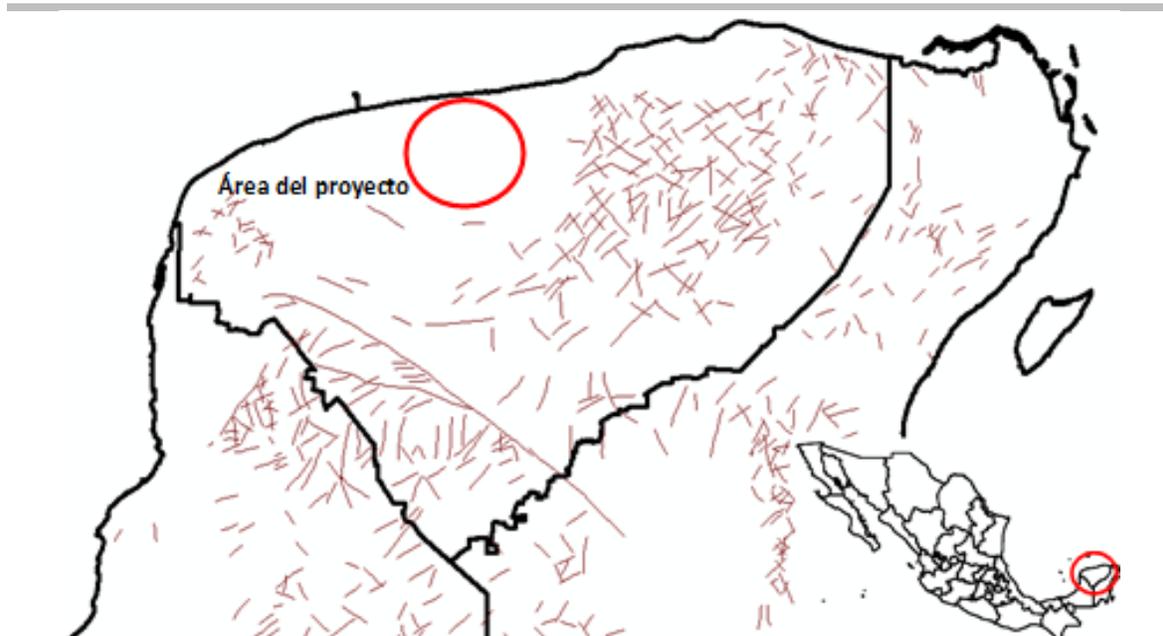


Figura 64. Presencia de fallas y fracturas en el estado de Yucatán (INEGI, 2000).

Susceptibilidad a eventos geológicos y geomorfológicos

En esta sección se describen los niveles de susceptibilidad a eventos geológicos y geomorfológicos, como sismos, deslizamientos de tierra o actividad volcánica. Utilizando fuentes como el “Diagnostico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres – Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana” del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Zepeda y González, 2001).

Sismicidad

En el área donde se llevará el proyecto se encuentra en la zona A de la Regionalización Sísmica de México (Zepeda y González, 2001), de acuerdo a esto, en esta zona es de baja susceptibilidad a eventos sísmicos ya que no se tienen registros históricos y no se han reportado sismos grandes en los últimos años y en caso de que se presenten, se espera a que las aceleraciones sean bajas (Figura 65 y Figura 66).

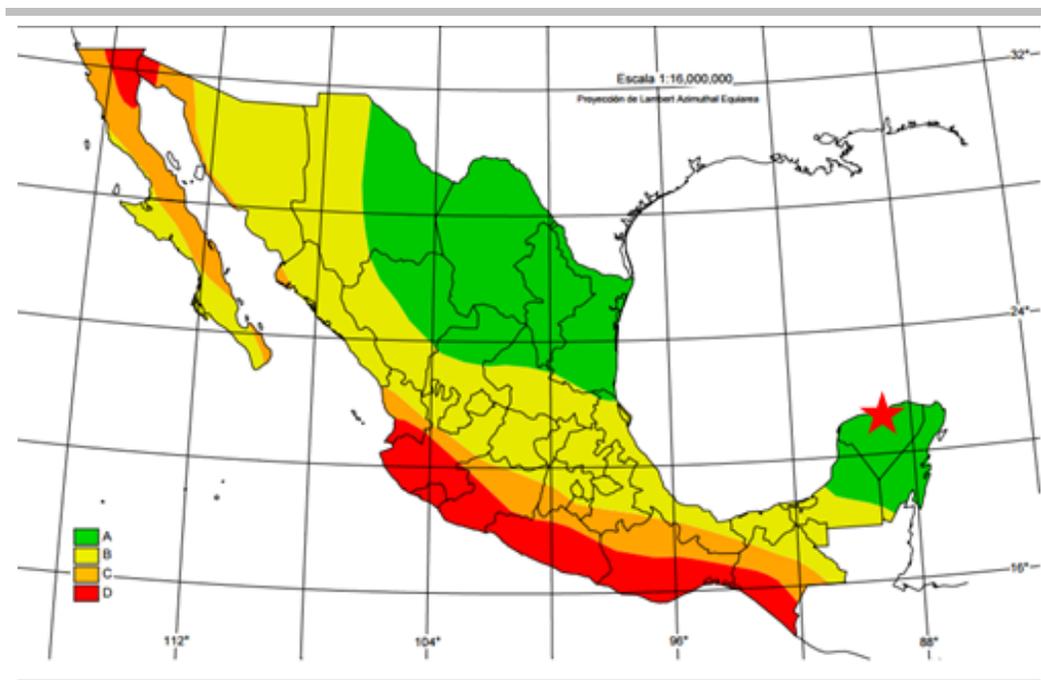


Figura 65. Regionalización sísmica de México (Diagnostico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres - Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, CENAPRED).



Figura 66. Epicentros cerca del estado de Yucatán, valores en escala Richter (tomado de SGM, 2013).

Deslizamientos de tierra, hundimientos y posible actividad volcánica

Tomando en cuenta las características de las diferentes provincias fisiográficas, la geomorfología, los estudios sobre los diferentes climas en todo el país, así como las condiciones ambientales que propician en distintos grados el intemperismo de las formaciones geológicas involucradas, la edafología y la distribución de vertientes, ríos y cuencas hidrológicas, Zepeda y González (2001), definen en forma general, las zonas con potencial importante para la ocurrencia de colapsos. De acuerdo a los criterios descritos anteriormente, está considerado que el área donde estará el proyecto, no se ubica entre las regiones que presentan riesgos importantes de derrumbes o deslizamientos de tierra (Figura 67).

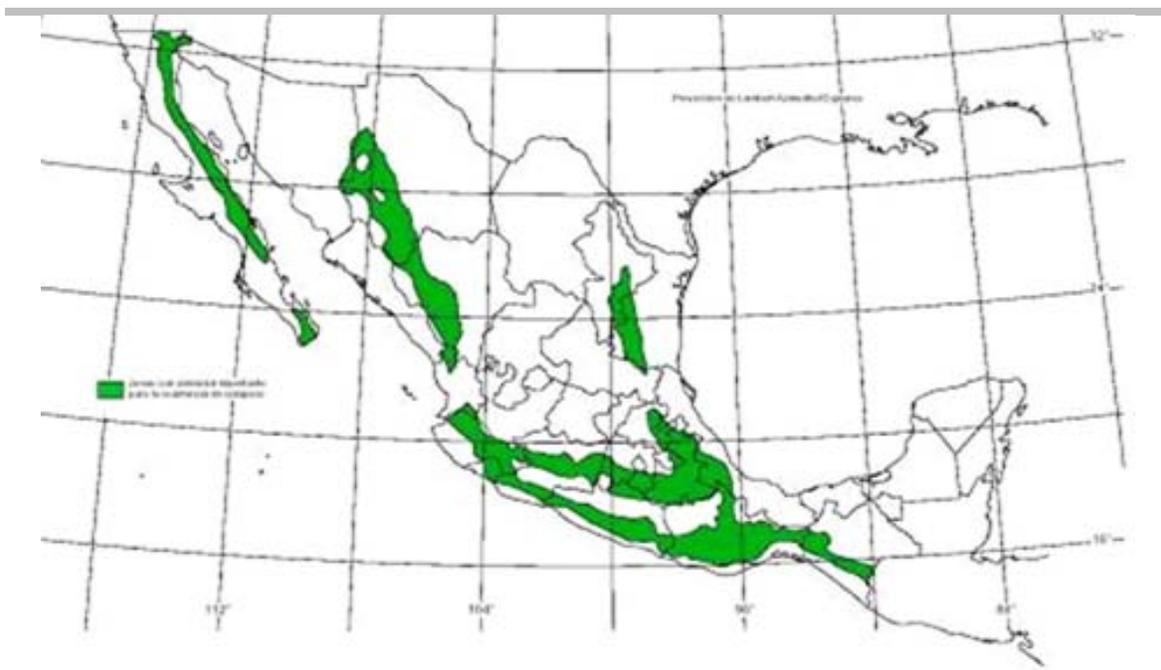


Figura 67. Inestabilidad de laderas naturales en México, de Zepeda y Gonzales (2001).

En la gran mayoría de la superficie del estado de Yucatán no se considera que exista la posibilidad de que se presenten derrumbes o movimientos en masa de laderas, debido precisamente a que no hay áreas con la topografía y pendiente necesaria para ello, sin embargo, por la naturaleza cárstica de gran parte del territorio, si se puede considerar que existe un riesgo de hundimiento en el terreno, del cual estaría exceptuada el área del proyecto (Figura 68).

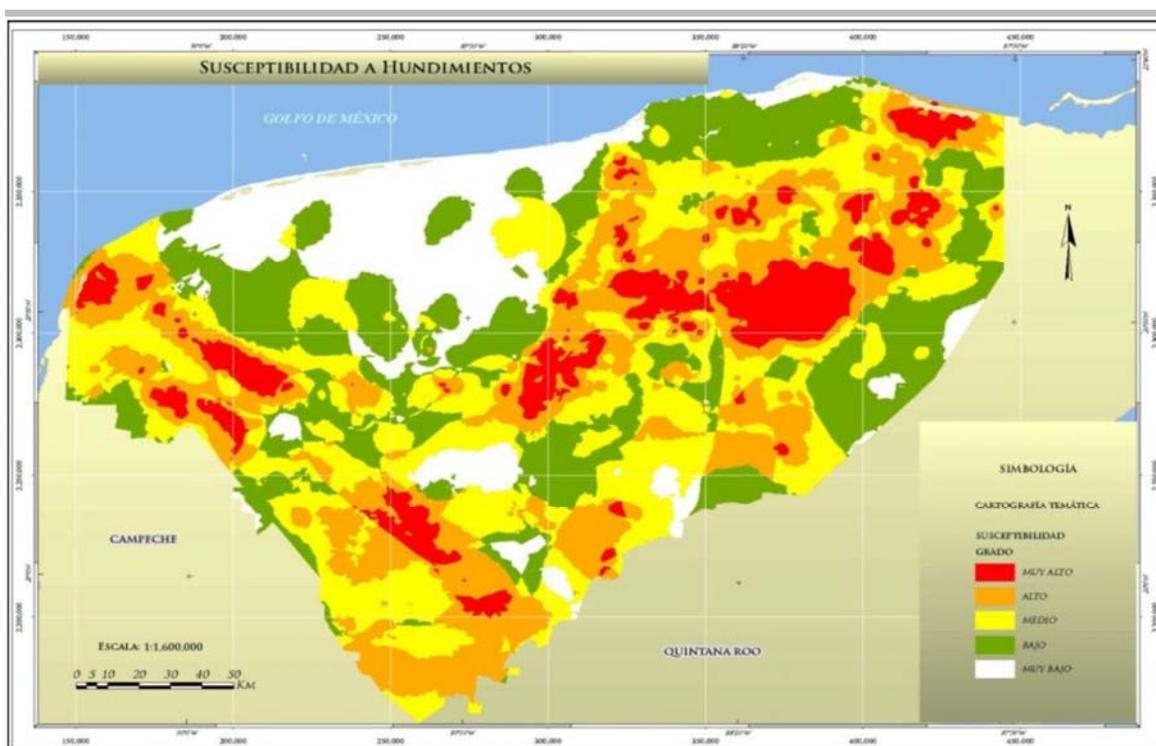


Figura 68. Susceptibilidad a hundimiento del terreno en el estado de Yucatán (tomado de SGM, 2013).

En el territorio del estado de Yucatán, no existen indicios de actividad volcánica ni productos volcánicos recientes que hayan afectado o puesto en riesgo a la población o a su infraestructura. Los registros indican que las estructuras volcánicas con actividad en los últimos 10,000 años, corresponden a los volcanes situados en el estado de Chiapas y en la república de Guatemala en los límites con México los cuales corresponden a los volcanes El Chichón y Tacaná localizados aproximadamente a 438 Km y 507 Km respectivamente (Figura 69).

En general, no se considera que existan eventos de naturaleza geofísica que puedan representar un riesgo para la infraestructura del proyecto, ni tampoco actividades relacionadas con un potencial incremento o con modificaciones en el balance entre el transporte de sedimentos hacia tierra y/o hacia el mar. Al no existir escurrimientos ni transporte hidrológico superficial, o arrastre de regolito como una cuenca hidrológica con aporte superficial, no se considera que puedan modificarse ese tipo de patrones con la existencia del proyecto.



Figura 69. Estructuras volcánicas más cercanas al estado de Yucatán, con actividad en los últimos 10,000 años (tomado de SGM, 2013).

IV.2.1.3 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

Se realizó una revisión de las fuentes de información hidrológica a nivel de SAR, incluyendo instrumentos de regionalización y planeación hidrológica, documentos de consejos de cuenca, bases de datos, sistemas de información geográfica, libros, artículos y otras publicaciones útiles para describir las características de la hidrología en el Sistema Ambiental Regional (SAR) del Proyecto.

Hidrología regional superficial

Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas (Figura 70), que a su vez se agrupan en las 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA). Entendiendo por Región Hidrológica al área territorial conformada en función de sus características morfológicas, orográficas e hidrológicas, en la cual se considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos, cuya finalidad es el agrupamiento y sistematización de la información, análisis, diagnósticos, programas y acciones en relación con la ocurrencia del agua en cantidad y calidad, así como su explotación, uso o aprovechamiento. Normalmente una región hidrológica está

integrada por una o varias cuencas hidrológicas. Por tanto, los límites de la región hidrológica son en general distintos en relación con la división política por estados y municipios (CONAGUA, 2012).

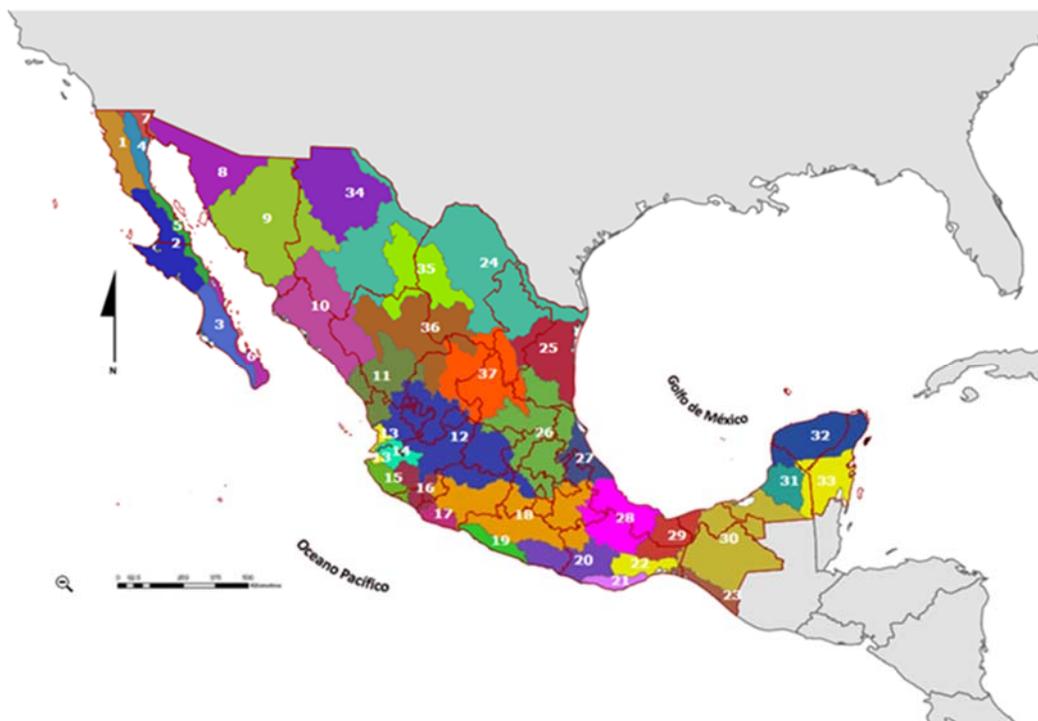


Figura 70. Regiones hidrológicas en México. Conagua 2012. Atlas Digital del Agua México. Sistema Nacional de Información del Agua.

El SAR se ubica en la Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán (RHA XII PY) comprende la totalidad de los estados de Quintana Roo, Yucatán y Campeche, la Región está hidrológicamente conformada por las regiones hidrológicas 30, 31, 32 y 33 en las cuales los parteaguas de sus microcuencas quedan incluidos en los límites políticos de los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche (Figura 71).

El SAR del Proyecto solo se sobrepone con la Región Hidrológica No. 32 Yucatán Norte (RH32), que a su vez se divide en dos cuencas: (A) Quintana Roo y (B) Yucatán. El nombre y número a la Región 32 se le da en función de que se ha identificado la presencia de un solo acuífero en toda la península; ya que el relieve de la Península de Yucatán es relativamente plano y existen escasos escurrimientos superficiales.

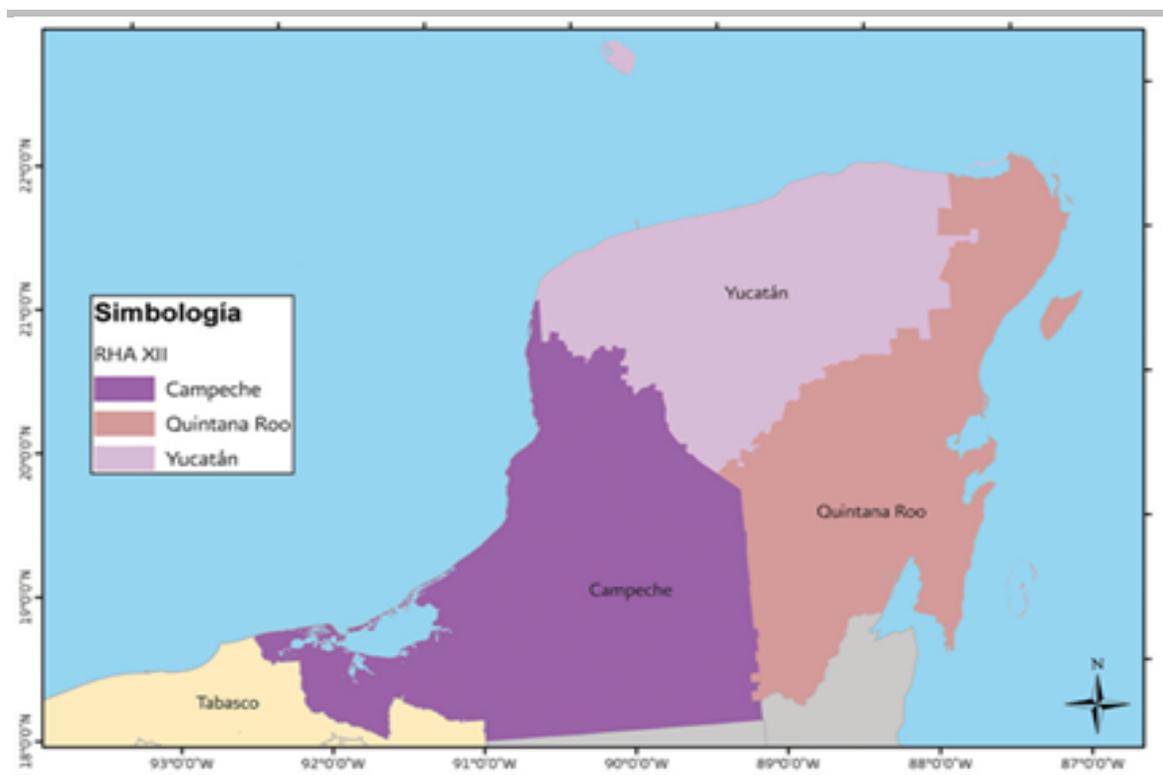


Figura 71. Localización de la RHA XII Península de Yucatán. (Tomado de Programa Hídrico Regional Visión 2030).

Las aguas superficiales de importancia que existen en la Región son los ríos Palizada, Candelaria y Champotón, en el estado de Campeche, y el Hondo, en el estado de Quintana Roo; otros escurrimientos son los ríos Chumpán y Mamantel en el estado de Campeche, y el arroyo Ucum o río Escondido, en Quintana Roo. En el resto de la Región los arroyos son intermitentes, funcionan cuando tienen suficiente carga hidráulica y normalmente descargan en sumideros.

Cuenca A Quintana Roo. Se ubica al sureste del estado, ocupa un área que equivale a 5.10% de la superficie estatal, limita al norte y oeste con la cuenca B de la RH32, al este con el estado de Quintana Roo donde continúa y al sur la cuenca B de la RH33.

Cuenca B Yucatán. La mayor parte de esta cuenca se encuentra dentro del estado, localizada en toda la parte centro y norte del mismo, ocupa una extensión que representa 89.57% de la superficie estatal; colinda al norte con el Golfo de México, al este con la cuenca A (RH32) y con Quintana Roo, al sur con la cuenca B de la (RH33) y al oeste con el estado de Campeche y con el Golfo de México. Los únicos cuerpos de agua superficiales son las lagunas que se encuentran junto al cordón litoral como la Rosada y Flamings; los esteros Celestún, Yucalpetén y Río Lagartos y algunas aguadas distribuidas en toda la cuenca (Figura 72).

En la costa existe una franja arenosa que separa el mar de la Ciénega, y en el resto del territorio municipal de Chicxulub Pueblo no existen corrientes superficiales de agua, las corrientes virtuales detectadas dentro y alrededor del SAR provienen del modelo de elevación generado por INEGI. Sin embargo, en el subsuelo se forman depósitos comúnmente conocidos como cenotes. En algunos casos los techos de éstos se desploman y forman las aguadas. Dentro de área del SAR se puede observar algunas corrientes virtuales detectadas a través del modelo.

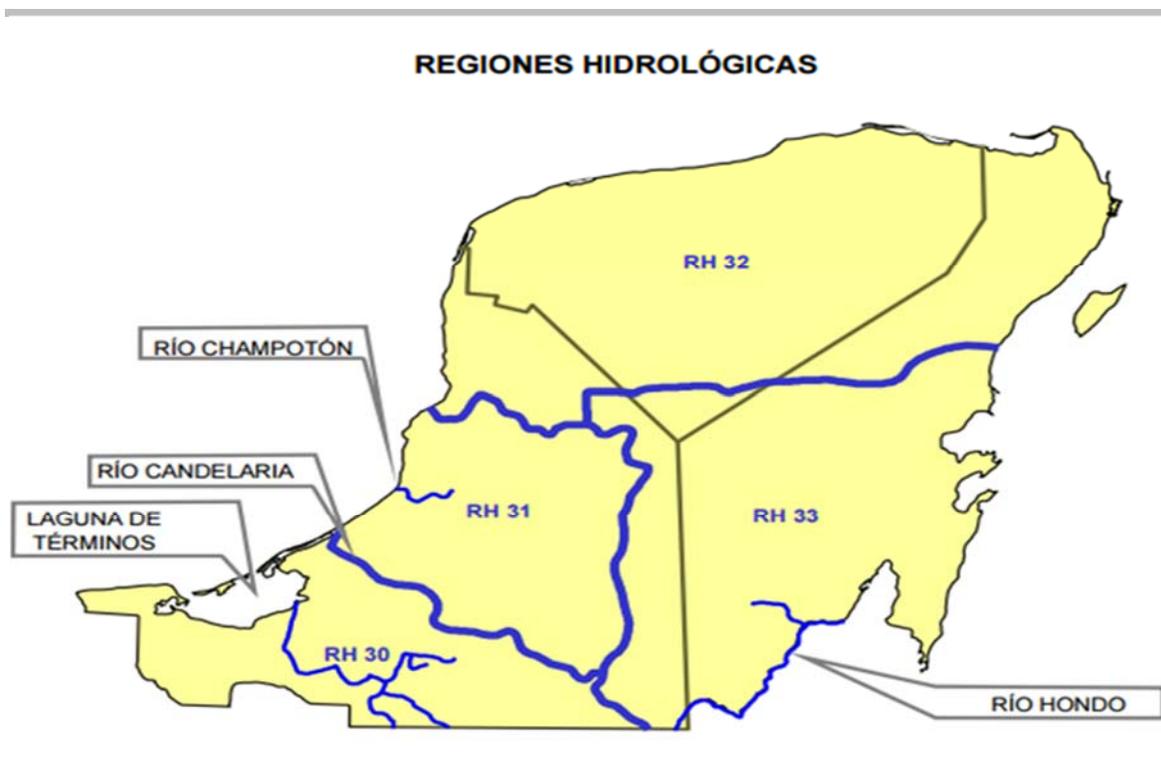


Figura 72. Localización de la Regiones Hidrológicas de la RHA XII Península de Yucatán. (Conagua 2015).

Recursos hidrológicos

Se estima que la demanda actual es de 1,370 hm³, de los cuales el sector agropecuario consume 39% de este volumen; el público-urbano, 36% y el industrial, 25%. Para satisfacer esta demanda se cuenta con una infraestructura hidráulica que proporciona una oferta sustentable proveniente de fuentes subterráneas de 1,344 hm³ (98%) y de fuentes superficiales 26 hm³ (2%) (Figura 73).

Dentro de la Región XII, Península de Yucatán, el uso agrícola representa el mayor porcentaje del volumen de agua utilizado con respecto al uso total; esto se debe a que existen dos distritos de riego, cuyas demandas son satisfechas con agua del acuífero regional a base de pozos profundos, apoyados con plantas de bombeo; también existen unidades de riego, las cuales se encuentran dispersas en toda la Región, manejando pequeñas áreas cuya operación, mantenimiento y

administración está a cargo de los propios productores. La mayor parte de estas unidades de riego, se encuentran agrupadas dentro de los dos distritos de riego existentes, así como dentro de los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de la Región (CONAGUA, 2011).

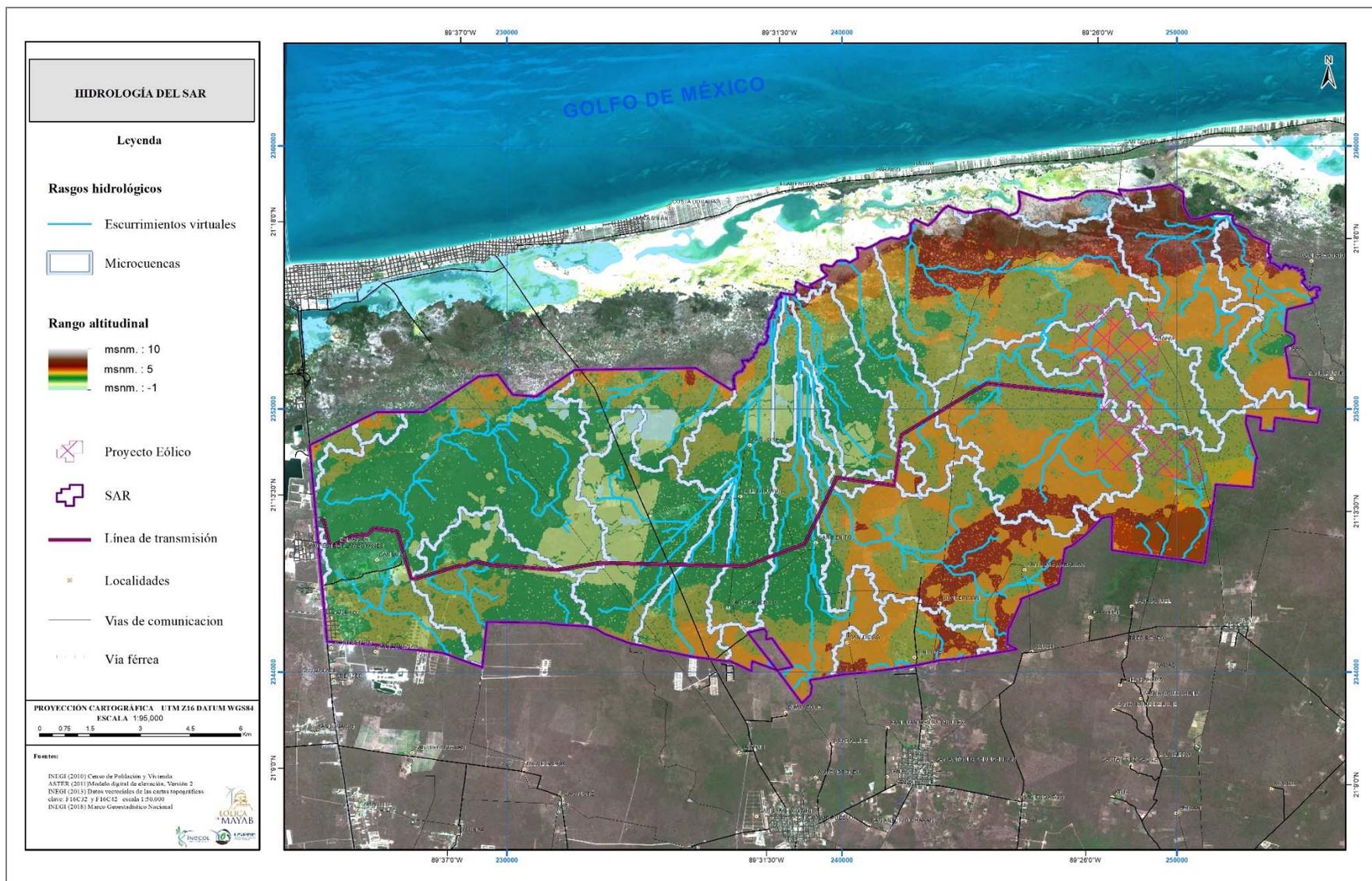


Figura 73. Hidrología del SAR.

Hidrología subterránea

La Península de Yucatán pertenece a la Provincia XI, que se caracteriza por ser una gran plataforma de rocas calcáreas marinas que ha venido emergiendo de los fondos marinos desde hace millones de años; la parte norte de la Península se considera resultado de un periodo más reciente.

Parte de la precipitación pluvial que cae sobre la Península de Yucatán se evapotranspira y el resto se infiltra al manto subterráneo gracias a su elevada permeabilidad, a través de fracturas, oquedades y conductos cársticos de las calizas almacenando grandes volúmenes de agua lo que favorece su recarga.

La totalidad del flujo hidrológico es subterráneo y presenta un acuífero formado de rocas calizas del Terciario y Cuaternario, con permeabilidad alta en la mayor parte del estado y permeabilidad baja en el área norte en la franja costera. Existen cuatro unidades hidrogeológicas (acuíferos) nombradas; Cerros y valles, Isla de Cozumel, Península de Yucatán y Xpuhil, las cuales funcionan como un acuífero regional con características hidráulicas muy diferentes. En esta cuenca hidrológica abierta, los niveles del agua se aproximan a los 120 m de profundidad en la región de lomeríos, 30 m en las planicies y hasta menos de 5 en una franja paralela a la costa de 5 km (IMTA-CONAGUA, 2014).

El SAR se encuentra ubicado dentro de la unidad hidrogeológica Península de Yucatán. La disponibilidad media anual del agua subterránea en estos acuíferos se presenta en el *Cuadro 38*.

Cuadro 38. Disponibilidad media anual del agua subterránea en la RHA XII (CONAGUA, 2015).

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA (ACUÍFERO)	RECARGA TOTAL *	DESCARGA NATURAL COMPROMETIDA *	VOLUMEN CONCESIONADO *	DISPONIBILIDAD *
Península de Yucatán	21 813.40	14 542.20	3 882.33	3 388.86
Cerros y valles	1 194.20	854.90	7.01	332.28
Xpuhil	2 099.40	1 784.10	2.58	312.71
Isla de Cozumel	208.70	160.4	16.89	31.40
Total	25 315.70	17 341.60	3 908.81	4 065.25

El agua subterránea descarga de forma natural hacia la costa, alimentando a su paso cuerpos de agua (IMTA, 2011). Debido al origen, la conformación fisiográfica y a la estructura litológica de la Península, la dirección general del flujo subterráneo es radial partiendo de las elevaciones topográficas más prominentes que se localizan en la parte centro-sur de la Península (*Figura 74*).

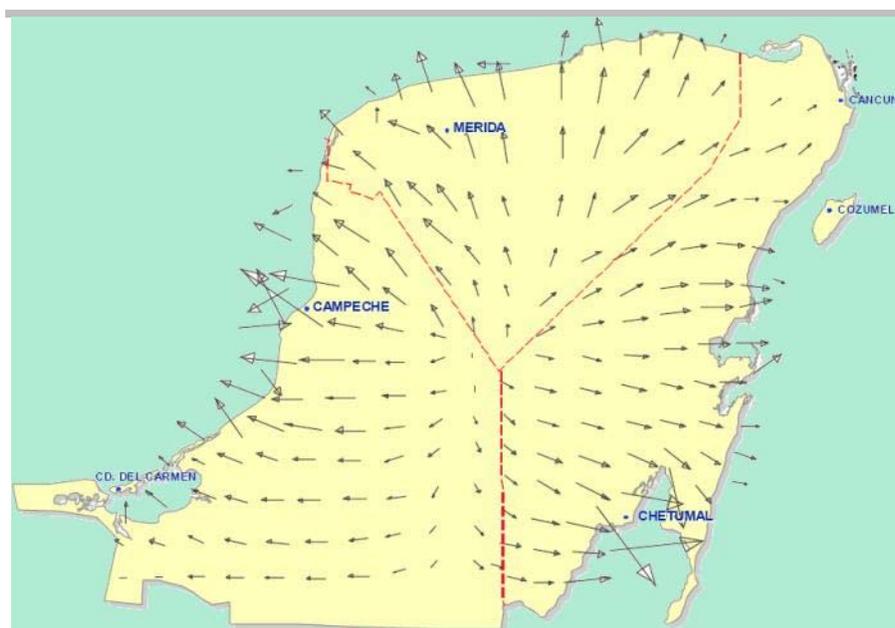


Figura 74. Dirección de flujo del agua subterránea en la Península de Yucatán. (Fuente: CONAGUA, 2008).

Toda el agua que escurre sobre la parte alta de la cuenca se infiltra en la porción media y baja pasando a formar parte del acuífero. Una vez que se integra al acuífero, el agua sigue diferentes trayectorias de flujo, controladas por el desarrollo o evolución del karst profundo moviéndose de zonas de alta precipitación hacia su descarga por medio de manantiales y en forma difusa al mar, alimentando a las ciénagas y lagunas costeras.

Con relación a la calidad del agua, en la inmediación del proyecto no existen puntos incluidos en la red de monitoreo de la calidad de agua de la CONAGUA, no obstante se incluyen los resultados publicado por la CONAGUA del año 2013 (*Cuadro 39*), de los sitios ubicados en los municipios cercanos al proyecto, de los cuales se observan que en general la calidad del agua tanto en aguas subterráneas como en la zona de la costa, no presentan problemas de contaminación, tal y como se observa en los siguientes resultados:

Cuadro 39. Calidad del agua en los municipios cercanos al proyecto (CONAGUA, 2013).

CLAVE	MUNICIPIO	REFERENCIA DEL PUNTO DE MONITOREO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MG/L	CALIDAD	COLIFORMES FECALES NMP/100 ML	CALIDAD
OCPYU4933	Mérida	Acuífero de la Península de Yucatán	5.0	Excelente	57	Excelente
OCPYU4936	Progreso	Golfo de México	14.0	Excelente	83	Excelente

CLAVE	MUNICIPIO	REFERENCIA DEL PUNTO DE MONITOREO	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES MG/L	CALIDAD	COLIFORMES FECALES NMP/100 ML	CALIDAD
OCPYU4937	Progreso	Golfo de México	19.5	Excelente	86	Excelente
OCPYU4938	Progreso	Golfo de México	27.9	Buena calidad	224	Aceptable
OCPYU4939	Progreso	Golfo de México	29.7	Buena calidad	341	Aceptable
OCPYU4935	Progreso	Puerto Abrigo Progreso	12.5	Excelente	42	Excelente
OCPYU4940	Telchac Puerto	Golfo de México	16.8	Excelente	110	Buena calidad

Desde el punto de vista hidrogeológico, en el área en estudio, se lograron diferenciar dos unidades geográficas funcionales de primer orden:

- I. Llanura kárstica, litoral marino acumulativa, muy baja ($H < 2$ msnm), de edad cuaternaria, con dos variantes: eólico-acumulativa (de edad holocénica, cordón litoral) y biogénico-acumulativa (de edad pleistocénica, pantanos costeros).
- II. Llanura kárstica, denudativa, baja ($H < 9$ msnm), de edad terciaria, con dos variantes: kárstica estacionalmente inundada (de edad pliocénicopleistocénico inferior) y kárstica seca (de edad miocénico-pliocénico).

Del mismo modo, en la zona en estudio se identificaron cinco unidades de segundo orden,

- A. La llanura kárstica, litoral, marino-eólico, acumulativa, representa la estructura geológica que protege a todo el sistema humedales costeros y es la que más impacto ha sufrido en playas, dunas y plataforma marina debido a las actividades humanas.
- B. La llanura kárstica, marino-biogénico, acumulativa, representa una zona de alta productividad biológica por los extensos manglares y ciénagas que se desarrollan y que ha sufrido los impactos secundarios derivados de la actividad humana.
- C. La llanura kárstica biogénico-acumulativa, con tulares y manglares, hábitat de una gran biodiversidad, donde sobresalen los petenes y manantiales.
- D. La llanura kárstica denudativa, baja, estacionalmente inundada con selva inundable y extensas sabanas.

E. La llanura kárstica denudativa seca, con selva baja caducifolia y principal zona de recarga del acuífero yucateco.

En el área pueden distinguirse dos localidades o zonas geológicas que presentan importantes diferencias en la dinámica hidrológica. Entre la llanura litoral marina y la llanura kárstica denudativa, el acuífero intercepta al nivel topográfico, vertiendo agua rica en sales y ocasionando, a través de la evaporación, la precipitación de carbonatos y la consolidación de los materiales, propiciando su endurecimiento y formando una estructura masiva tipo caliche, que cementa las fisuras y oquedades de la coraza superficial, dando lugar al acuitardo costero.

La Zona I (unidades de segundo orden A, B, y C): de sedimentación reciente (Pleistoceno inferior- Holoceno) representada por los depósitos conchíferos que forman las playas y las cuencas de sedimentación palustre y estuarino, en ciénagas y rías (paisaje litoral eólico-marino y biogénico), con un espesor variable de 1.5 a 3 m. sobre roca caliza compacta, fracturada y fisurada, la cual sobreyace el acuitardo costero. Esta zona comprende de 8 a 10 km de ancho promedio, permanentemente humedecida y presenta coeficientes de infiltración cercanos a cero, predominando el proceso de evaporación de superficie libre. Su zona freática y vadosa están poco diferenciadas por su cercanía al mar y donde la interfase salina es muy superficial.

La Zona II (unidades de segundo orden D y E), limita al norte con la anteriormente descrita y se extiende al sur; es de evolución kárstica incipiente, del Pleistoceno inferior Plioceno-Mioceno (unidades denudativas); representa una coraza calcárea que aflora, resquebrajada y fragmentada, con fisuras y conductos tubulares, por los que circula el agua infiltrada hacia la caliza blanda subsuperficial. Esto hace posible que domine el proceso de infiltración por fisura, como un componente importante del sistema de ecuación del balance hídrico y el cual se estima entre un 25 y 40% de la lluvia.

Las aguas subterráneas en la cuenca presentaron niveles hidrostáticos en el período húmedo, de 1987, de 1.25 msnm en el extremo SE (Mérida) hasta 0.55 msnm en la zona costera oriental (Progreso), con una pendiente hidráulica de 0.0233 m/km, evidenciándose las líneas de flujo en dirección norte. En el extremo noroccidental de 1.66 msnm (Kinchil) hasta 0.50 msnm (Celestún), con una pendiente hidráulica de 0.0258 m/km, donde las líneas de flujo van en sentido SE-NW. En el período húmedo de 1989, posterior al huracán Gilberto, las pendientes se mantienen muy similares, siendo para Mérida-Progreso de 0.0227 m/km y de Kinchil- Celestún de 0.0222 m/km.

Durante el período seco, cuando los niveles alcanzan sus mínimos valores, las diferencias en las pendientes con el período húmedo no son muy grandes. Mérida con 1.02 msnm y cerca de Progreso con 0.50 msnm, resultando una pendiente hidráulica de 0.0173 m/km; mientras que para Kinchil-Celestún es de 0.018 m/km. En el período seco y posterior al paso del huracán Gilberto (1989), la pendiente hidráulica en el transecto Mérida-Progreso es de 0.0252 m/km y de Kinchil a Celestún de 0.0247 m/km. Las oscilaciones anuales del nivel hidrostático varían de 0.20 a 0.40 m y las pendientes hidráulicas tienen poca variación, lo que demuestra la estabilidad en los cambios de niveles en la región. Aun en presencia de fuertes elevaciones piezométricas, cuando ocurren fenómenos meteorológicos severos –como huracanes– estas pendientes se mantienen muy estables. El espesor

de la lámina de agua dulce oscila desde los 15-18 m, en la costa, hasta los 45-66 m cercano a Mérida y Kinchil (relación Ghyben- Herzberg).

Los niveles del agua subterránea por debajo de la isolínea topográfica de los 2 msnm (cercano a la costa) presentan gradientes hidráulicos de 0.028 m/km en la generalidad del área, siendo de 0.046 m/km en septiembre (temporada húmeda), y de 0.016 m/km en abril (temporada seca; 1990-1996). Lo anterior muestra el efecto del acuitardo costero, que confina al acuífero en esa zona y lo somete a presión, particularmente en temporada de lluvias y cuya expresión superficial son fisuras muy pequeñas (como la mayoría de manantiales del centro del anillo de cenotes) y grandes cenotes de varios metros de diámetro (como los manantiales ubicados en las porciones costeras del anillo de cenotes de Celestún y Dzilám), como principales accidentes del acuitardo costero.

IV.2.1.4 SUELOS

El SAR se localiza en la zona norte de la península de Yucatán, en la subprovincia fisiográfica denominada “Llanuras Dolinas”. Esta subprovincia ocupa las porciones centro y norte de la entidad Yucateca. Desde el punto de vista geomorfológico es una planicie formada por una losa calcárea ligeramente inclinada hacia el norte con altura media de 15 msnm y relieve ondulado que alternan crestas y depresiones. Esta sub unidad fisiográfica se distingue por su topografía kárstica, originada por la acción disolvente del agua con numerosas cavidades de disolución cuyo tamaño varía desde pequeñas oquedades minúsculas hasta grandes depresiones, localmente llamadas “cenotes” en algunos de los cuales asoma la superficie freática, otra característica derivada de la anterior, es la ausencia de una red de drenaje superficial.

Para la descripción edafológica del Sistema Ambiental Regional (SAR) del proyecto eólico Chicxulub, se consultó la clasificación de suelos del conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000. Serie I del INEGI (2001), 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 realizaron salidas de campo para la identificar y reconocer el tipo de suelos en dicha área.

La cartografía consultada menciona que la gran mayoría de la superficie del SAR y por consiguiente el área del proyecto corresponden a la unidad edáfica Leptosol (*Figura 75*). En su gran mayoría se considera que estos leptosoles deben caer en la subclasificación de leptosoles líticos, ya que la existencia de matriz rocosa e incluso la roca parental son superficiales y el suelo propiamente dicho no alcanza en ocasiones ni siquiera los 5 cm de profundidad.

El uso del suelo en el SAR está dominado por zonas de vegetación secundaria de selva baja espinosa (arbórea y arbustiva) que representan el 84.26% de su área total, le sigue la sabana, con el 5.65%, el área con pastizal ocupa el 0.81% del y solo el 0.10% es utilizado para la agricultura principalmente el cultivo del henequén (*Cuadro 40*).

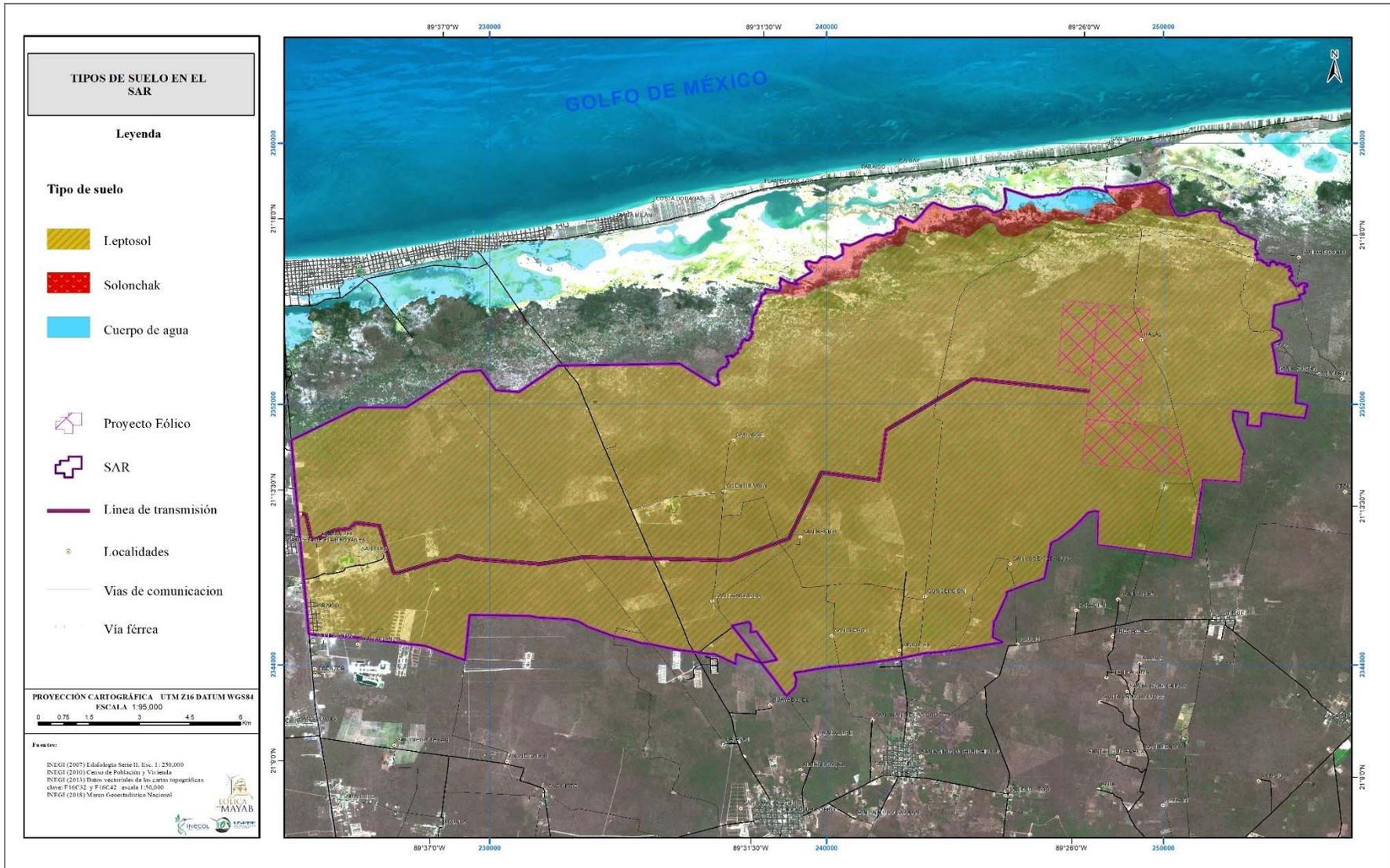


Figura 75. Tipo de suelo en el SAR (INEGI, 2001).

Cuadro 40. Tipo de cobertura vegetal en el SAR.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE (HA)	SUPERFICIE (KM ²)	PORCENTAJE %
Agrícola	48.25	0.48	0.17
Cuerpo de agua	91.76	0.92	0.33
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	360.58	3.61	1.28
Manglar	1040.52	10.41	3.70
Pastizal	222.67	2.23	0.79
Sabana	1560.20	15.60	5.55
Urbano/Infraestructura	214.11	2.14	0.76
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC)	9012.66	90.13	32.06
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC)	15564.97	155.65	55.36
Total	28115.22	281.17	100

Metodología

Para validar la información cartográfica se realizaron recorridos prospectivos por el SAR identificando y reconociendo las principales características edáficas, evidenciándolas con la toma de fotografías georreferenciadas donde se pudieran apreciar el uso del suelo, pendiente, pedregosidad y profundidad. Debido a la naturaleza del tipo de suelo presente en el SAR, resulto inviable la realización de perfiles edáficos (los Leptosoles líticos solo poseen un horizonte de suelo no mayor a 20 cm y una roca continua y dura posterior). Una vez determinada la uniformidad de la unidad edáfica para el SAR se tomó una muestra de suelo en el área del proyecto para su análisis en laboratorio, determinándose características fisicoquímicas como: textura, pH, color (Munsell), materia orgánica, carbono orgánico entre otras. Adicionalmente y con la finalidad de evidenciar el uso de suelo en ese punto, se tomó un registro fotográfico de las áreas circundantes (hacia los puntos cardinales, Norte, Sur, Este y Oeste). También se realizaron vistas edáficas en el SAR, que son fotografías panorámicas donde se observan detalles y usos del suelo dentro del SAR.



Figura 76. Zona rocosa y vegetación arbustiva de selva baja espinosa en la parte oeste del SAR.



Figura 77. Selva baja espinosa caducifolia en la parte central del SAR.



Figura 78. Suelo desnudo al oeste del SAR.



Figura 79. Piedra caliza blanca, cristalina de textura sacaroides, estratificación masiva que datan del Eoceno superior (43 – 36 millones de años), de color claro y abundante contenido de conchas.

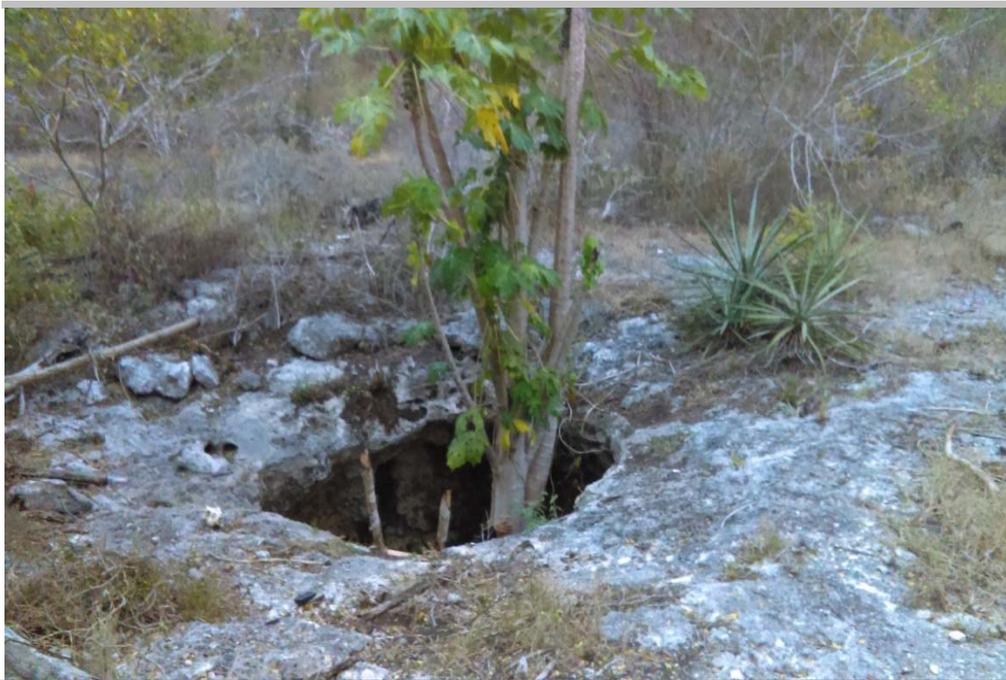


Figura 80. Cenote en la zona central del SAR.



Figura 81. Roca desnuda en la parte norte del SAR.



Figura 82. Ojo de agua dentro del área del proyecto.



Figura 83. Desarrollo radicular sobre la superficie del suelo, consecuencia de la extrema delgadez del suelo.



Figura 84. Plantación de henequén en la parte sur del SAR.



Figura 85. Imagen de afloramiento rocoso y con la formación de un incipiente suelo.



Figura 86. Zona rocosa y vegetación arbustiva de selva baja espinosa en la parte este del SAR.



Figura 87. Vista del camino central que atraviesa el SAR norte a sur.



Figura 88. Vista al interior del cenote en la parte central del SAR donde existe una corriente de agua subterránea.



Figura 89. Agujero kárstico en la parte central del SAR.

Leptosol lítico (litosol):

Del griego lithos piedra. Literalmente suelo de piedra. Este tipo de suelos son los más abundantes en el país, ocupan 22 de cada 100 hectáreas de suelo, se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor a 10 cm limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido, su fertilidad natural y su susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal, cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura. En especial al cultivo del maíz o el nopal, condicionando a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades y su símbolo es "l".

RESULTADOS

Toma de muestra de suelo

Tipo de suelo señalado en la carta edáfica: Leptosol

Ubicación geográfica del perfil edáfico (UTM) X: 250226, Y:2352088 (Figura 90).



Figura 90. Toma de muestra de suelo.

Con la finalidad de conocer las características del suelo en el área del proyecto se realizó una toma de muestra de suelo. Esta toma se hizo en un paraje limítrofe entre un pastizal y una zona de vegetación secundaria de selva baja espinosa (Figura 91) en este lugar como en casi todos los lugares que se recorrieron dentro del SAR se encontró una capa delgada de suelo de 12 cm de profundidad

sobre una placa de roca calcárea, solo se reconoció un horizonte, de 12 cm, cuyos resultados en laboratorio señalaron que posee 39.64% de arcilla, 16.36% de Limo y 44% de arena lo que le otorga una textura arcilla-arenosa, posee un color en seco 3/5 10 YR café y 3/2 10YR café grisáceo muy oscuro en húmedo, presentó un pH de 7.78, posee un 13.34 % de materia orgánica, 15.1 % de carbono, 0.94 % de nitrógeno, 12.03 mg/kg de fósforo, 0.91 cmol/kg de potasio, posee una capacidad de intercambio catiónico de 23.34, una relación carbono/nitrógeno de 16, estas características le otorgan al suelo del SAR una fertilidad buena, misma que da soporte a la vegetación secundaria de selva baja espinosa a pesar de tener menos de 20 cm de espesor.



Figura 91. Imágenes a los cuatro puntos cardinales de la toma de muestra de suelo.

Información General acerca del suelo

Uso de suelo: vegetación secundaria de selva baja espinosa

Horizontes edáficos: uno de 0 a 10 cm.

Drenaje natural: Buen drenaje.

Morfología general: Planicie

Pendiente: No

Condiciones de humedad: seco.

Presencia de rocas superficiales: Escasa no mayores a 5 cm de diámetro.

Evidencia de erosión: Ninguna.

Influencia humana: Pastoreo ocasional.

Profundidad del suelo: 10 a 20 cm

Tipo de suelo: Leptosol lítico

Tipo de suelo identificado: Leptosol Lítico

El suelo del SAR presenta un horizonte superficial muy delgado no mayor a 20 cm con evidente contenido de materia orgánica y poca presencia de piedras posteriormente se encuentra la roca caliza consolidada es de tipo Leptosol Lítico (Figura 92).

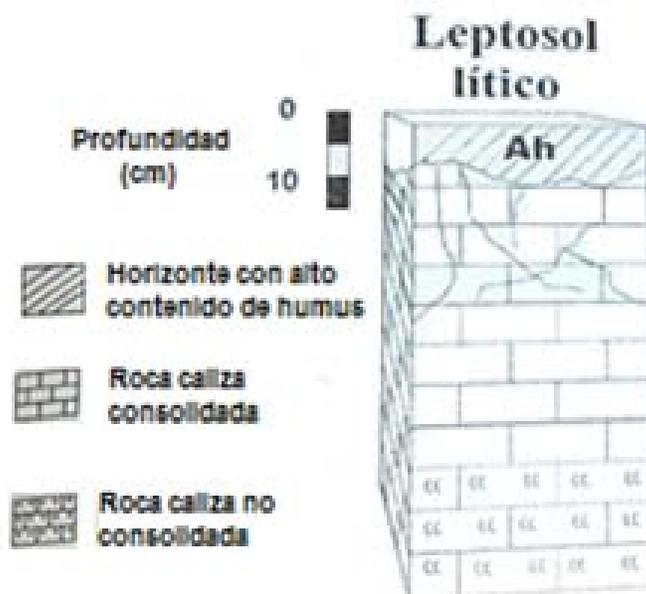


Figura 92. Diagrama Leptosol lítico (tomado de Huchin, 2003).

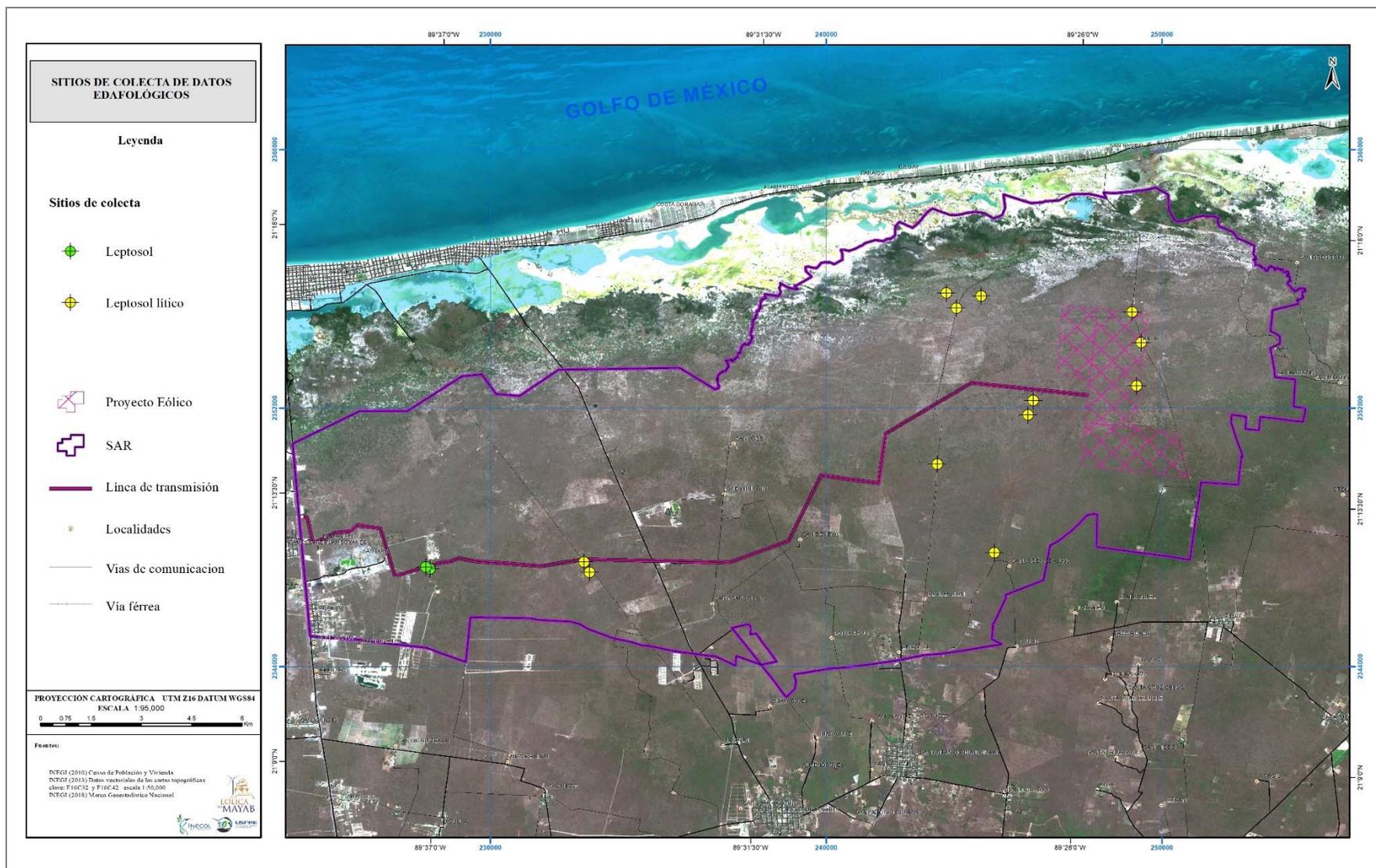


Figura 93. Sitios de colecta de datos edafológicos.

Infiltración

Se realizó el estudio de infiltración mediante el uso de un infiltrómetro portátil, con el objetivo de evaluar el potencial de infiltración en los diferentes tipos de cobertura identificados. En este caso se utilizó un infiltrómetro portátil tipo Turf-Tec (*Figura 94*), que permitió obtener un mayor número de puntos de medición, los cuales a su vez permitirán generar una cartografía de isóneas de infiltración de mayor precisión. Se realizaron un total de 15 muestreos de infiltración, cada uno debidamente georreferenciado (*Figura 95*), los cuales se podrán correlacionar con los valores de infiltración de INEGI.



Figura 94. Punto de medición de infiltración en el SAR.



Figura 95. Georreferenciación de punto de medición de infiltración en el SAR.

Cuadro 41. Puntos de medición y resultados de infiltración en el SAR y sus inmediaciones.

TIPO SUELO	NO. M.	FECHA	COORDENADA GEOCAM		COORDENADA NIKON		INFILTRAC IÓN
			(X) UTM 16Q	(Y) UTM 16Q	LATITUD	LONGITUD	mm/hr
Leptosol lítico	A	270418	249115	2354973	21° 16' 44.04"	89° 25' 4.44"	444
Leptosol lítico	B	280418	-	-	21° 16' 14.54"	89° 24' 54.82"	132
Leptosol lítico	C	10518	246013	2351784	21° 14' 59.99"	89° 26' 50.91"	720
Leptosol lítico	D	300418	249252	2352683	-	-	2250
Leptosol lítico	E	20518	243877	2355084	21° 16' 46.36	89° 28' 6.45"	240
Leptosol lítico	F	20518	243311	2350257	-	-	1590
Leptosol lítico	G	30518	244613	2355465	-	-	480
Leptosol lítico	H	30518	243581	2355564	21° 17' 1.60"	89° 28' 17.47"	1020
Leptosol lítico	I	40518	246171	2352232	21° 15' 14.61"	89° 26' 45.49"	3900
Leptosol lítico	J	40518	245009	2347521	21° 12' 40.36"	89° 27' 22.92"	3190
Leptosol lítico	K	50518	232790	2347230	-	-	5250
Leptosol lítico	L	50518	232956	2346906	-	-	5250
Solonchak hipersálico	M	50518	226784	2355288	-	-	90
Leptosol	N	80518	228199	2347018	21° 12' 15.88"	89° 37' 5.44"	4200
Leptosol	O	80518	228077	2347076	21° 12' 17.83"	89° 37' 7.33"	3900

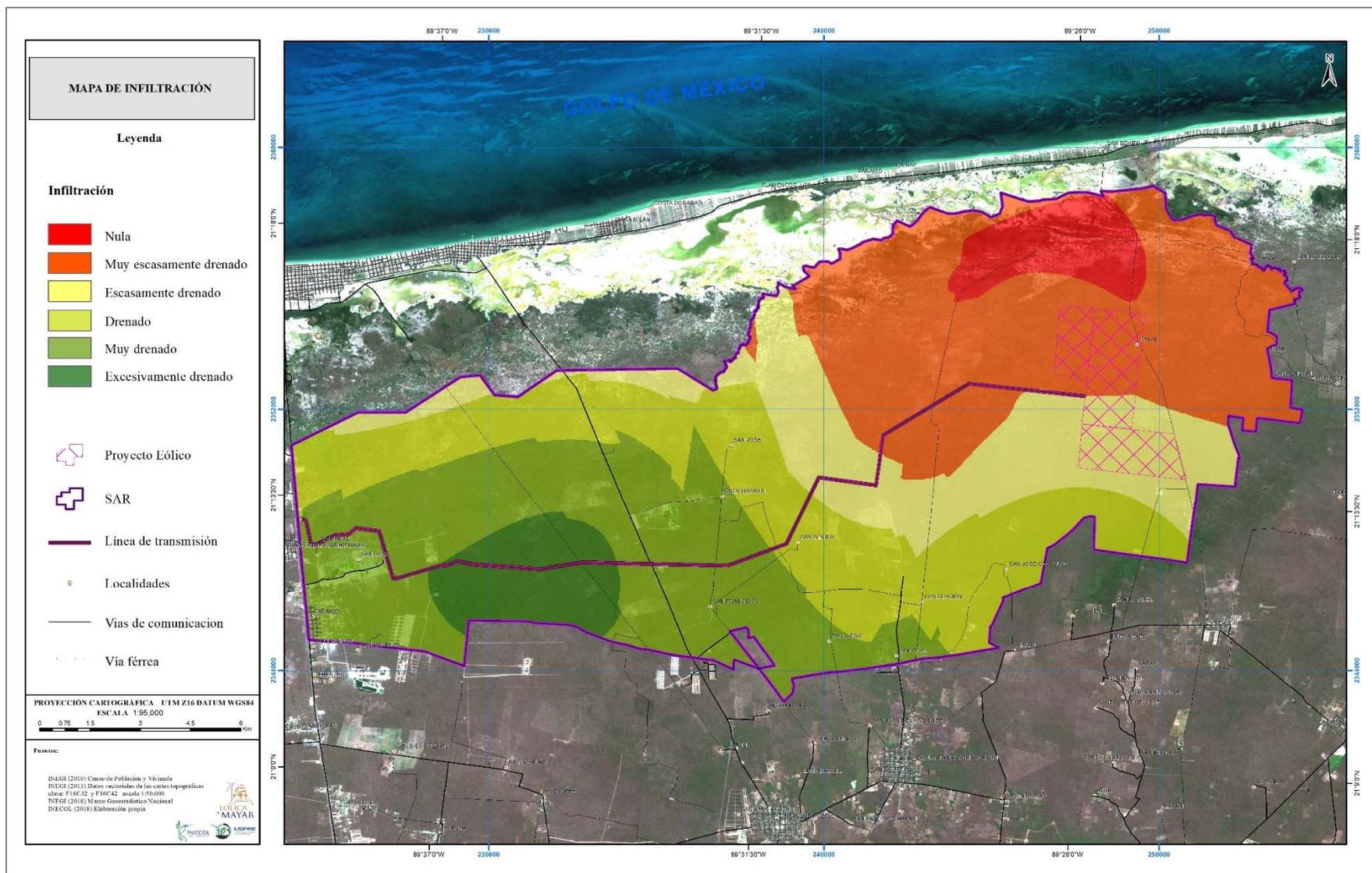


Figura 96. Mapa de infiltración en el SAR.

De acuerdo con los resultados de la medición de infiltración en campo, extrapolados en SIG con la adición de los registros de la cartografía edafológica de INEGI, se puede observar que la porción sur y suroeste del SAR y la porción del terreno más cercana a la línea de transmisión presentan las mejores tasas de infiltración, mientras que el extremo noreste de la misma presenta los menores valores de infiltración.

Cabe señalar que esto corresponde a la fracción del terreno en la que se cuenta con un suelo incipiente, es decir, de al menos 20 cm de profundidad, lo que limita el número de puntos en los que es posible hacer la inserción del infiltrómetro de campo. En ese sentido, la fracción del terreno al noreste del SAR corresponde con aquella fracción de suelo tipo solonchak, con un alto contenido de material fino, que generó una condición de “sello” a la infiltración (por ejemplo, en las inmediaciones del manglar).

Sin embargo esto no significa que dicha fracción del SAR tenga una baja infiltración generalizada, ya que hay que tomar en cuenta la presencia de leptosoles líticos y roca parental de tipo calcáreo, con diferentes grados de fracturamiento y con la presencia potencial de cavidades, las cuales por supuesto pueden generar una alta infiltración a escala de cuenca.

Conclusión

Tomando como evidencia los resultados de los análisis de las muestras de suelo del SAR se puede concluir que la información propuesta por INEGI para el área del SAR del proyecto eólico Chicxulub es acertada para la escala en la que se maneja. El relieve geográfico del SAR que es eminentemente plano, esto disminuye considerablemente el riesgo de erosión siempre y cuando se mantenga la cobertura vegetal. Por la naturaleza geológica del área del proyecto y del suelo presente que es el Leptosol lítico se deberá poner especial atención al estudio de mecánica de suelos para determinar los requerimientos de cimentación, las capacidades de carga de la obra, la necesidad usar maquinaria especializada para trabajar sobre la roca calcárea y el considerar que bajo la losa de roca calcárea existe una red subterránea de escurrimientos hidrológicos que necesariamente deben ser contemplados para el establecimiento de cada aerogenerador.

IV.2.2 MEDIO BIÓTICO

IV.2.2.1 VEGETACIÓN TERRESTRE

Introducción

La Península de Yucatán es una región distinta al resto de México y distinta a Centroamérica debido a su posición geográfica, a su fisiografía y a su litología. Alberga a una flora nativa muy particular, compuesta de elementos caribeños, centroamericanos, mexicanos y endémicos. Debido a esta singularidad es considerada una provincia florística de México, de entre 17 reconocidas (Rzedowski, 2006). La Península de Yucatán es una gran plataforma caliza de origen marino que es conocida biogeográficamente como Provincia Biótica Península de Yucatán (PBPY, *Figura 97*), la cual comprende a los estados mexicanos de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, el norte de Belice y (departamentos Belice, Corozal y Orange Walk) y el Departamento del Petén de Guatemala (Pérez-Sarabia y Duno-De Stefano, 2015). Posee un gradiente de humedad de sur a norte, a lo largo del cual se observan selvas húmedas, altas y medianas en el sur y selvas secas y bajas en el norte.

En el área de influencia el tipo de vegetación original era selva baja espinosa caducifolia (también nombrado bosque tropical caducifolio por Rzedowski, 2006). Es una comunidad arbórea de baja estatura caracterizada por la marcada diferencia entre la temporada de lluvias y la de sequía, durante la cual la mayoría de las plantas pierden las hojas.

Debido a las condiciones ambientales de aridez (suelo somero, sequía pronunciada) en el área de influencia se presenta la asociación más xerófila de las selvas bajas caducifolias de la Península de Yucatán (Rzedowski, 2006; Durán y Méndez, 2010). Esta comunidad está compuesta por árboles y arbustos pequeños (comúnmente entre 5 m y 6 m, rara vez más de 10 m y nunca más de 15 m de altura) que no forman un dosel continuo ya que existen afloramientos de roca caliza en los que el suelo es prácticamente inexistente y la vegetación herbácea y arbustiva es muy dispersa (Durán y Méndez, 2010). Hasta el 95% de las especies pierden su follaje durante la temporada de sequía (Méndez *et al.*, 2006). Muchas plantas presentan espinas y destaca la presencia de cactáceas candelabriformes (Rzedowski, 2006; Durán y Méndez, 2010). Las especies arbóreas más frecuentes son *Bursera simaruba*, *Caesalpinia vesicaria*, *Ceiba aesculifolia*, *Chlorophora tinctoria*, *Diospyros cuneata*, *Guaiacum sanctum*, *Hampea trilobata*, *Metopium brownei*, *Parmentiera aculeata* y *Piscidia piscipula* (Rzedowski, 2006).

En un estudio fitosociológico de la Península de Yucatán Barber *et al.* (2001) propusieron la existencia de dos asociaciones vegetales principales, de acuerdo con el Sistema de Clasificación Bioclimática de Rivas-Martínez (1997): la *Colubrino yucatanensis-Burseretum simarubae* y la *Mammillario gaumeri-Prosopetum juliflorae*. La primera se extiende sobre la mayor parte de la

península, en el área que definen como subsector yucatanico (Yucatanian Subsector, *Figura 97*) y la segunda en una relativamente pequeña franja al noroeste de la península, en el área que definen como subsector de Progreso (Progresian Subsector, *Figura 97*).

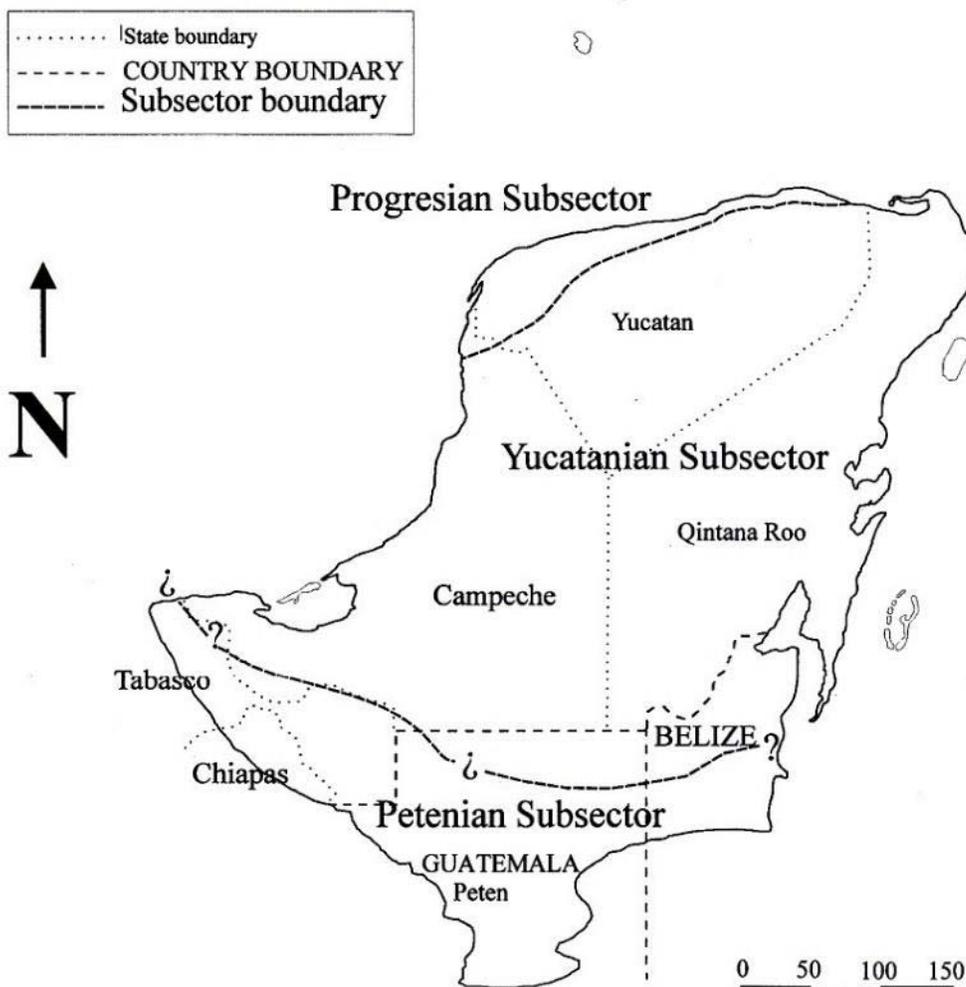


Figura 97. Subsectores biogeográficos de la península de Yucatán. Modificada de Barber *et al.* (2001).

La asociación *Colubrino yucatanensis-Burseretum simarubae* corresponde al bosque tropical deciduo o selva mediana subcaducifolia y caducifolia, que fisionómicamente es un bosque de 8 a 20 m de altura, estructurado principalmente por fanerófitas y lianofitas que en las áreas más secas de su distribución son ricos en especies caducifolias, especialmente leguminosas. Las especies características de esta asociación son: *Acacia collinsii*, *Alvaradoa amorphoides*, *Annona squamosa*, *Aphelandra deppeana*, *Ardisia escallonioides*, *Ceiba aesculifolia*, *Coccoloba acapulcensis*, *Lonchocarpus castilloi*, *Malmea depressa*, *Olyra yucatanana*, *Pseuobombax ellipticum*, *Randia*

gaumeri, *Scleria lithosperma*, *Serjania adiantoides* y *Vitex gaumeri* (Barber et al., 2001). El perfil de esta asociación se presenta en la *Figura 98*.



1. *Lysiloma latisiliquum*; 2. *Hampea trilobata*; 3. *Gymnopodium floribundum*; 4. *Lasciasis divaricata*; 5. *Vitex gaumeri*; 6. *Bromelia karatas*; 7. *Croton flavens*; 8. *Havardia albicans*; 9. *Randia longiloba*; 10. *Anthurium tetragonum*; 11. *Bursera simaruba*; 12. *Morinda yucatanensis*; 13. *Caesalpinia yucatanensis*; 14. *Neomillpaugia emarginata*; 15. *Piscidia piscipula*; 16. *Acacia gaumerii*

Figura 98. Perfil de la asociación *Colubrino yucatanensis-Burseretum simarubae*. Tomada de Barber et al. (2001).

La asociación *Mammillario gaumeri-Prosopetum juliflorae* corresponde al bosque tropical deciduo bajo o selva baja caducifolia, que fisionómicamente es un bosque de 4 a 7 m de altura, estructurados principalmente por fanerófitas adaptadas a condiciones de sequía, como son cactáceas y especies espinosas y caducifolias, principalmente leguminosas. Las especies características de esta asociación son: *Acanthocereus tetragonus*, *Agave fourcroydes*, *Caesalpinia vesicaria*, *Callisia repens*, *Pilosocerus gaumeri*, *Colubrina elliptica*, *Corchorus siliquosus*, *Cuphea gaumeri*, *Cyperus planifolius*, *Diphysa carthagenensis*, *Gliciridia sepium*, *Ipomoea carnea*, *Lantana involucrata*, *Phyllanthus tithymaloides*, *Portulaca halymoides* y *Psittacanthus americanus*; mencionan también a *Mimosa bahamensis*, *Acacia pennatula* y *Opuntia stricta* (Barber et al., 2001). El perfil de esta asociación se presenta en la *Figura 99*.

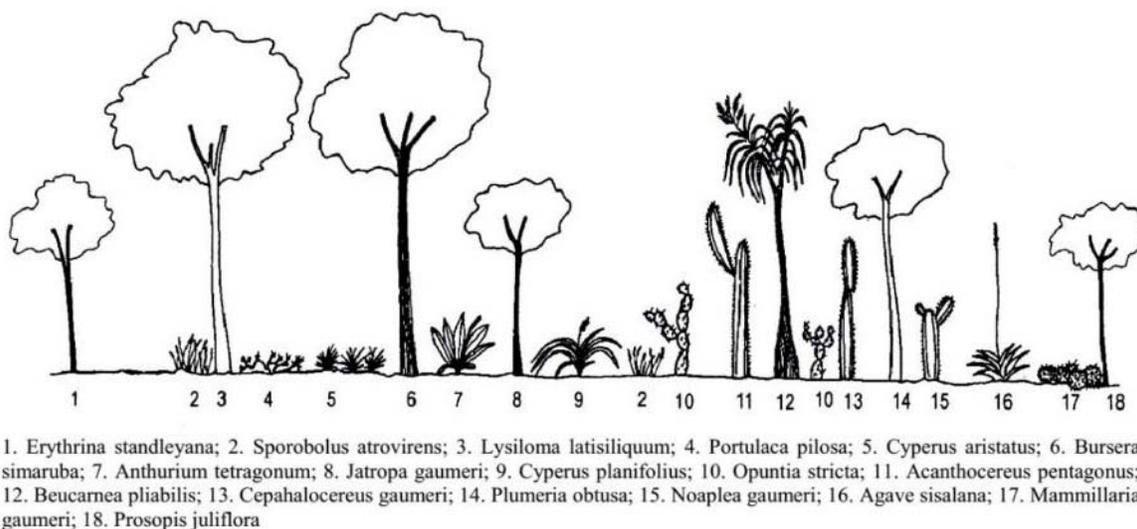


Figura 99. Perfil de la asociación *Mammillario gaumeri-Prosopetum juliflorae*. Tomada de Barber et al. (2001).

El Sistema Ambiental Regional (SAR) se ubica en la zona de transición de las dos asociaciones vegetales, la porción Norte y Noroeste el SAR es más afín a la asociación *Mammillario gaumeri-Prosopetum juliflorae*, mientras que la porción Sur y Sureste se asemeja a la asociación *Colubrino yucatanensis-Burseretum simaruba* en su faceta más seca y con predominio de leguminosas.

La zona donde se encuentra el SAR también es denominada “Zona seca de Yucatán” y tiene gran importancia biogeográfica por la concentración de especies endémicas y protegidas legalmente que contiene (Espadas et al., 2003). Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden considerablemente con lo indicado en la literatura acerca de la zona, sin embargo aportan información más detallada y puntual de la flora y vegetación del SAR.

Metodología

Para determinar el uso de suelo y vegetación actual del proyecto “Parque Eólico Chicxulub” se utilizó una imagen del satélite SENTINEL-2B con fecha 26 de marzo del 2018, con una resolución espacial de 10 m, misma que sirvió para realizar una clasificación supervisada de uso de suelo y vegetación. Se trató de que el porcentaje de nubosidad en la imagen fuera el mínimo para que permitiera aprovechar la imagen al máximo y no tener pérdida de datos.

Con el software ERDAS 2014 y con la ayuda de la herramienta *layer stack* se unieron las bandas espectrales 2, 3, 4 y 8 de la imagen Sentinel, para posteriormente realizarle un corte a la escena con la finalidad de excluir áreas que no interesan en el análisis.

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 (25 Abril – 7 Mayo 2018) para obtener mediante un GPS la localización geográfica de puntos de muestreo y verificación de los distintos tipos de uso de suelo y vegetación encontrados dentro del SAR y del área del proyecto, tales como Agrícola, Cuerpo de agua, Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente, Manglar, Pastizal, Sabana, Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia y Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia

De vuelta en el trabajo de gabinete se cargaron en el software ArcMap 10.2.2 los puntos recolectados en campo con el GPS para visualizar en conjunto con la imagen de satélite los sitios en los que se tomó la coordenada; y mediante ello apreciar visualmente las características de color y textura que muestra la imagen en el sitio que se visitó en campo y en cual se verificó la vegetación.

Tomando en cuenta las observaciones de los recorridos de campo y la interpretación visual de la imagen satelital se procedió a crear firmas espectrales en el SIG, las cuales reflejaron distintos patrones espectrales para cada tipo de uso de suelo y vegetación, mismos que sirvieron para realizar la clasificación supervisada. Las firmas espectrales estuvieron compuestas por 151 sitios (polígonos circulares) de entrenamiento, combinando los puntos de campo y los realizados visualmente tomando en cuenta las características de textura y color de la imagen.

Posteriormente se realizó la clasificación supervisada con el software ArcMap 10.2.2 empleando el algoritmo de máxima verosimilitud (*Maximum Likelihood*), usando la combinación de bandas RGB 3-2-1 (color real) y la firma espectral realizada. El resultado fue un archivo tipo *raster*, en donde se visualizan los tipos de uso de suelo y vegetación de acuerdo a los patrones de la firma espectral, sin embargo, el SIG tiende a confundir en ocasiones las firmas espectrales y hay que ayudarlo creando nuevos sitios de entrenamiento o eliminando los existentes.

Finalmente, después de haber generado varias clasificaciones se tomó la que más se asemejaba a la realidad y que no confundía distintos usos de suelo o de vegetación. Inmediatamente de ello y estando la clasificación aun en formato *raster* se le realizaron en el software ERDAS 2014 procesos de limpieza empleando filtros estadísticos y de mayoría, para más tarde convertirla en ArcMap 10.2.2 a formato vectorial (*shapefile*).

Posteriormente, se procedió a realizar una minuciosa limpieza visual-manual a toda la clasificación; corroborándola con la imagen de satélite de fondo, ello para constatar que no hubiera zonas que se confundieran con otro tipo de vegetación y si fuera así recodificar o editar la zona que tuviera algún error. La limpieza se llevó a cabo por tipo de vegetación y uso de suelo quedando solo 8 categorías, en las que se agregó uso urbano/Infraestructura; en este último se digitalizaron en pantalla las manchas urbanas que se apreciaron en la imagen satelital. Cabe hacer mención que se eliminaron

todas las superficies/polígonos menores a 5,000 m², ello con la finalidad de aplicarle un refinamiento cartográfico a los datos (mínimo cartografiable).

Para obtener la clasificación supervisada, algo que también fue de ayuda, es el empleo de distintas fuentes de información para comprobar la clasificación, como es el caso de otras clasificaciones de uso de suelo existentes INEGI Serie VI (2016), CONAFOR (2014) o incluso una sencilla aplicación que vincula al SIG ArcMap 10.2.2 con Google Earth y se puede visualizar la misma zona en ambos programas con fines de validación.

Como resultado de este proceso se obtuvo la cartografía de uso de suelo y vegetación para el SAR (*Figura 100*). Las categorías obtenidas son: agrícola (0.17%), cuerpo de agua (0.32%), desprovisto de vegetación (1.28%), manglar (3.70%), pastizal (0.79%), sabana (5.55%), urbano/infraestructura (0.76), vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) (32.07%) y vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC) (55.36). En el *Cuadro 42* se indica la superficie que ocupa cada categoría y el porcentaje que representa en el SAR.

En el área del proyecto únicamente se desarrollan dos tipos de vegetación: vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) y vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC). La VSA SBEC cubre 404.38 ha (34.96%), mientras que la VSAB SBEC ocupa 752.30 ha (65.04%). En el *Cuadro 43* se indica la superficie que ocupa cada categoría y el porcentaje que representa en el área del proyecto.

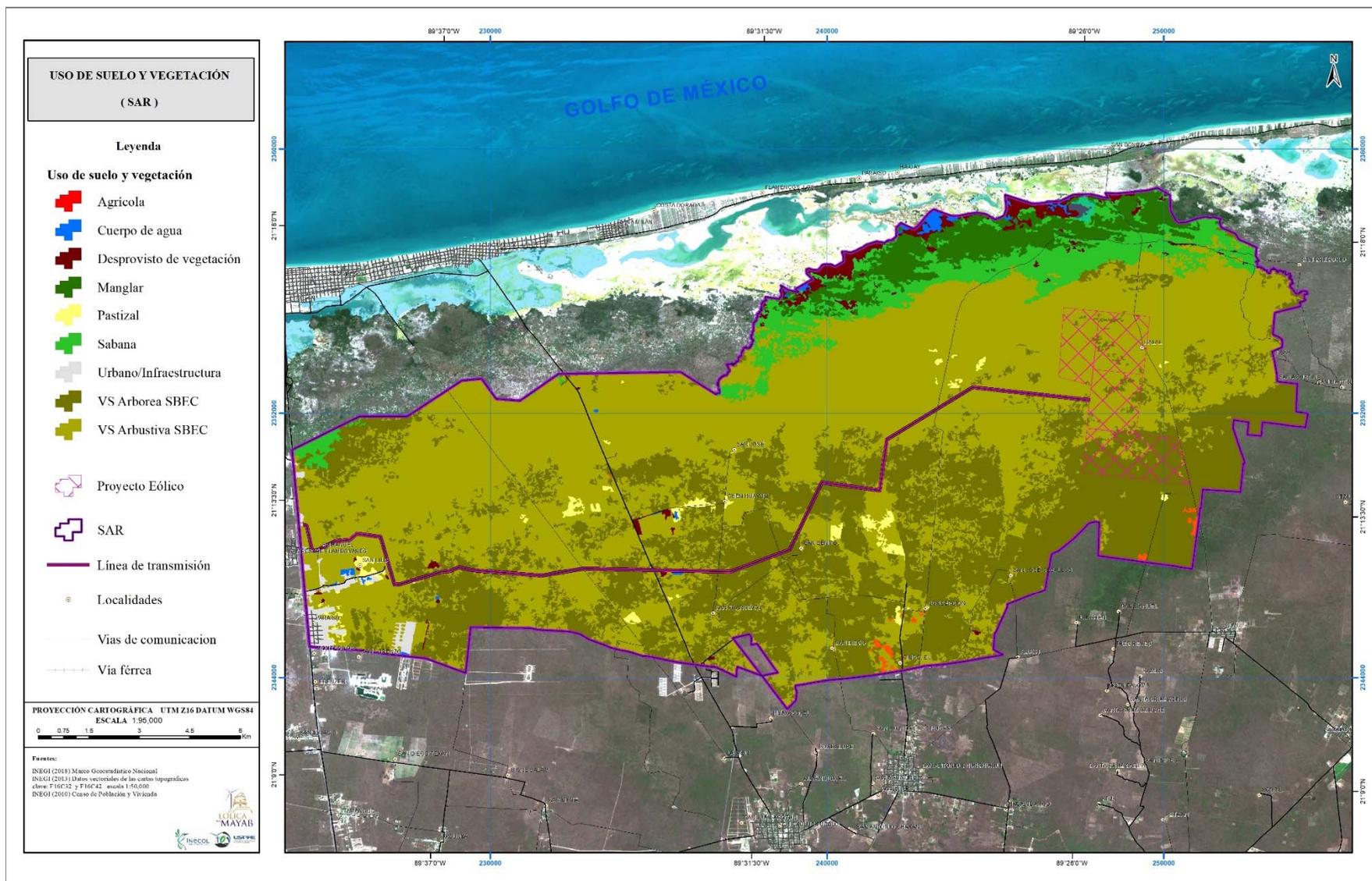


Figura 100. Mapa de uso de suelo y vegetación.

Cuadro 42. Superficie de los tipos de uso de suelo y vegetación (SAR).

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE (HA)	SUPERFICIE (KM ²)	PORCENTAJE %
Agrícola	48.25	0.48	0.17
Cuerpo de agua	91.76	0.92	0.33
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	360.58	3.61	1.28
Manglar	1040.52	10.41	3.70
Pastizal	222.67	2.23	0.79
Sabana	1560.20	15.60	5.55
Urbano/Infraestructura	214.11	2.14	0.76
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC)	9012.66	90.13	32.06
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC)	15564.97	155.65	55.36
Total	28115.22	281.17	100

Cuadro 43. Superficie de los tipos de uso de suelo y vegetación (área del proyecto).

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE (HA)	SUPERFICIE (KM ²)	PORCENTAJE %
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC)	404.38	4.04	34.96
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC)	752.30	7.52	65.04
Total	1156.68	11.57	100.00

Caracterización de la flora y vegetación

Para una adecuada cobertura del área del SAR se realizó un inventario biológico rápido, el cual es un método integrado y eficiente para identificar comunidades biológicas importantes en alguna región de interés y para determinar si estas comunidades son de calidad sobresaliente y de alta prioridad a nivel regional o global (The Field Museum, 2002).

Los inventarios biológicos rápidos se concentran en los grupos de organismos que sirven como indicadores del tipo y condición de hábitat y que pueden ser inventariados rápidamente y con precisión. Los organismos seleccionados para este fin fueron las especies leñosas y, en menor medida, las herbáceas.

Las comunidades biológicas en las que se realizó una caracterización detallada fueron la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC), la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC) y la sabana. En el caso del manglar, pastizales y cultivos agrícolas únicamente se realizaron recorridos para identificar las especies más relevantes, ya que se trata de ensamblajes estructuralmente simples con muy poca riqueza de

especies. Además, cubren superficies muy pequeñas y ninguna de ellas se encuentra en el área del Proyecto.

En la VSA SBEC, VSAB SBEC y en la sabana fueron trazados cuadrantes de 20 x 20 m (400 m²), con la finalidad de realizar la caracterización de la vegetación. Al interior de cada cuadrante se registraron los individuos de especies arbóreas con diámetro a la altura del pecho (D.A.P.) mayor o igual a 5 cm, así como los individuos de especies arbustivas con D.A.P. mayor o igual a 3 cm; en ambos casos se registró la especie, la forma biológica, la altura y el D.A.P. de cada individuo.

Para el estudio de las plantas herbáceas se trazaron 5 subcuadrantes de 2 x 2 m por cada cuadrante de 20 x 20 m realizado. Los subcuadrantes se ubicaron en cada una de las esquinas del cuadrante de 20 x 20 m y en el centro del mismo. Se registraron las especies presentes, el número de individuos por especie, la altura promedio y el porcentaje de cobertura foliar.

Cada tipo de vegetación fue caracterizado por su composición florística y por su estructura vertical y horizontal. La caracterización vertical se hizo por estratos, señalando en cada estrato la altura y especies representativas. La estructura horizontal se describió mediante la densidad de plantas leñosas y su cobertura de área basal; también se estimó el índice de valor de importancia (IVI), los cuales se generaron a partir de la densidad relativa, la cobertura relativa y la frecuencia relativa de cada una de las especies.

En el SAR se trazaron 23 cuadrantes de 400 m² cada uno (9,200 m² en total). En la VSAB SBEC fueron muestreados 13 cuadrantes, en la VSA SBEC se establecieron 8 cuadrantes y en la sabana se trazó 2 cuadrante. En el área del proyecto fueron muestreados 12 cuadrantes de los cuales 7 se establecieron en VSAB SBEC y 5 cuadrantes en VSA SBEC. Cabe señalar que los 7 cuadrantes utilizados para caracterizar el área del proyecto están incluidos en los 23 cuadrantes del SAR. En el *Cuadro 44* se indica las coordenadas, el tipo de vegetación de cada cuadrante y su pertenencia (SAR/área del proyecto). En la *Figura 101* se ilustra la distribución de los cuadrantes en el SAR y área del proyecto.

Cuadro 44. Cuadrantes del muestreo de vegetación, SAR y área del proyecto.

CUADRANTE	X	Y	TIPO DE VEGETACIÓN	SAR	ÁREA DEL PROYECTO
1	248106	2355063	VSAB SBEC	X	X
2	247607	2355119	VSAB SBEC	X	X
3	249187	2352662	VSAB SBEC	X	X
4	243303	2350234	VSA SBEC	X	-
5	244254	2356165	Sabana	X	-
6	243811	2355538	VSAB SBEC	X	-

CUADRANTE	X	Y	TIPO DE VEGETACIÓN	SAR	ÁREA DEL PROYECTO
7	246108	2352048	VSAB SBEC	X	-
8	232764	2347314	VSA SBEC	X	X
9	229187	2352964	VSAB SBEC	X	-
10	234797	2347251	VSA SBEC	X	X
11	228055	2347058	VSA SBEC	X	X
12	224980	2348994	VSAB SBEC	X	-
13	250478	2352048	VSA SBEC	X	-
14	249344	2354184	VSAB SBEC	X	X
15	250008	2351549	VSAB SBEC	X	-
16	243751	2352966	VSAB SBEC	X	-
17	243249	2352126	VSAB SBEC	X	x
18	241555	2349682	VSA SBEC	X	x
19	240121	2349865	VSA SBEC	X	x
20	248193	2353862	VSAB SBEC	X	x
21	247756	2353882	VSAB SBEC	X	x
22	249305	2356979	Sabana	X	-
23	250935	2349606	VSA SBEC	X	-

*VSA SBEC: Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia. VSAB SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.

Además de la caracterización de los parámetros estructurales, se efectuó una evaluación de la diversidad alfa y beta. La diversidad alfa es la riqueza de especies de una comunidad particular (S) y es la medida inicial y más sencilla de diversidad biológica. La diversidad beta es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Whittaker, 1972).

También se estimó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H), el cual refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes (Pla, 2006). Para determinar la diversidad beta se empleó el coeficiente de similitud de Sorensen, el cual relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en los cuadrantes (Magurran, 1988).



Figura 101. Sitios de muestreo de vegetación.

Resultados

Descripción de las comunidades vegetales

» Manglar

El manglar se encuentra en la porción más Norte dentro del SAR (fuera del área del proyecto) y constituye masas densas de árboles de *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y *Avicenia germinans* (mangle negro). Su distribución está restringida a sitios inundados o parcialmente inundados. El dosel de esta comunidad alcanza los 6 a 7 m de altura, el estrato arbustivo y herbáceo son prácticamente inexistentes (*Figura 102*). El mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) crece en el borde del manglar ya que prefiere suelos más secos que suelen inundarse en la temporada de lluvias; crece en manchones de tamaño variable y es frecuente encontrar individuos aislados. La distancia más próxima entre el manglar y el área del Proyecto es de 1.7 km.



Figura 102. Manglar dominado *Rhizophora mangle*.

» Sabana

La comunidad vegetal denominada sabana consiste en praderas de gramíneas y ciperáceas que se desarrollan en suelos someros. La diferencia con los pastizales radica en la presencia de arbustos y

palmeras que se distribuyen de forma errática, ya sea como individuos aislados o en manchones compactos (*Figura 103*). Entre las hierbas más frecuentes se encuentran *Distichlis spicata*, *Spartia spartinae*, *Eragrostis secundiflora* y *Buteloua spp.* Los árboles más comunes son *Crescentia cujete*, *Enriquebeltrania crenatifolia* y *Haematoxylum campechianum*.



Figura 103. Vegetación de sabana.

» Pastizal y cultivos agrícolas

La mayoría de los pastizales dentro del SAR son producto de la regeneración natural. Se desarrollan a partir del desmonte parcial o total de las plantas leñosas y no tienen finalidad pecuaria (*Figura 104*). No obstante, algunos ejidatarios siembran pasto de corte “taiwan”, el cual es un híbrido entre *Pennisetum purpureum* x *P. thyphoides*. Este pasto es sembrado en lotes pequeños y podados frecuentemente para alimentar ganado semi estabulado.

Los cultivos agrícolas en el SAR son tan escasos como el suelo, actualmente se cultivan hortalizas como cilantro, tomate, chile habanero, cebollitas y frijol. Anteriormente se cultivaba el henequén en grandes extensiones de terreno, pero ahora solo quedan pocas parcelas cercanas a las zonas urbanas (*Figura 105*).



Figura 104. Pastizal creciendo en una zona recién desmontada.



Figura 105. Cultivo de henequén.

» VSA SBEC

En este tipo de vegetación se observaron tres estratos verticales, arbóreo arbustivo y herbáceo. El estrato arbóreo mide entre 6 y 12 m de altura, las especies de mayor tamaño y que caracterizan este estrato son *Acacia gaumeri*, *Bursera simaruba*, *Colubrina elliptica*, *Diphysa carthagenensis*, *Leucaena leucocephala*, *Lysiloma latisiliquum* y *Piscidia piscipula*. El dosel no siempre está completamente cerrado y en la temporada de secas entra una importante cantidad de luz a los estratos inferiores, ya que la mayoría de los árboles pierden sus hojas en esa época. El estrato arbustivo fluctúa entre los 2 y 5 m de altura, las especies más comunes son *Acacia pringlei*, *Cnidoscopus aconitifolius*, *Gymnopodium floribundum*, *Opuntia inaperta*, *Pithecellobium keyense* y *Quadrella incana*. El estrato herbáceo está pobremente representado tanto en diversidad de especies como en abundancia de individuos, las especies más frecuentes son *Aphelandra scabra*, *Bromelia karatas*, *Croton spp.*, *Lasciasis divaricata* y *Tetramerium nervosum*. Hay presencia de plantas suculentas de las familias Agavaceae, Cactaceae y Euphorbiaceae, así como de plantas trepadoras de la familia Bignoniaceae (Figura 106, Figura 107, Figura 108).



Figura 106. Sotobosque de la VSA SBEC.



Figura 107. Vista del dosel de la VSA SBEC.

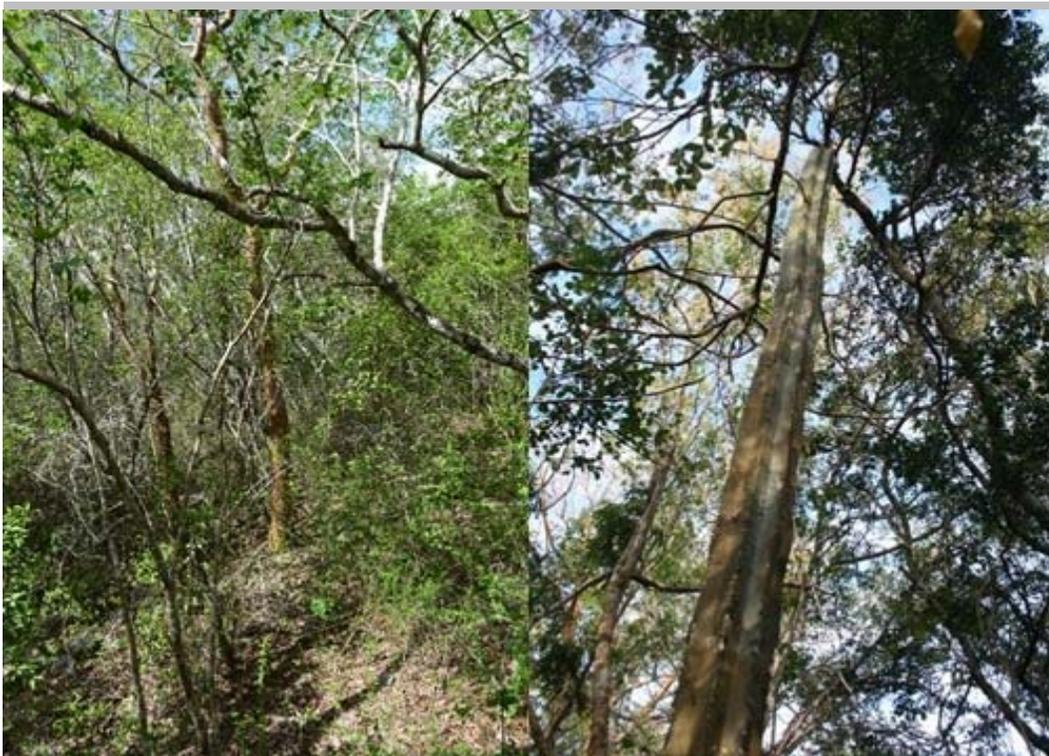


Figura 108. Vista vertical de la VSA SBEC.

» VSAB SBEC

En esta comunidad vegetal solo se observaron dos estratos bien definidos, el arbustivo y el herbáceo. Hubo presencia de árboles pero, debido a que la mayoría aún son juveniles, no sobrepasan el estrato arbustivo y los pocos que si lo hacen no llegan a conformar un estrato como tal; las especies arbóreas más comunes son *Acacia gaumeri*, *Diphysa carthagenensis*, *Havardia albicans*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Senna atomaria*. El estrato arbustivo oscila entre los 2 y 5 m de altura, las plantas más representativas son *Acacia pennatula*, *Bakeridesia yucatanica*, *Cnidioscolus aconitifolius*, *Croton* spp., *Gymnopodium floribundum*, *Jatropha gaumeri* *Pithecellobium* spp. y *Opuntia inaperta*. El estrato herbáceo es un poco más diverso con respecto al de la VSA SBEC, aunque igualmente pobre en abundancia de individuos; las especies más representativas son *Agave* spp., *Anthurium schlechtendalii*, *Blechnum pyramidatum*, *Croton* spp., *Dactyloctenium aegyptium* e *Ipomoea carnea*.

La VSAB SBEC presenta variaciones estructurales y fisonómicas dentro del SAR, las cuales derivan principalmente del tipo de sustrato en el que se desarrollan y de los disturbios generados por las actividades humanas. En Norte y Oeste de SAR el suelo es más delgado y hay más roca calcárea expuesta, lo que provoca que la vegetación sea más achaparrada y se distribuye en fragmentos pequeños y densos. En estas zonas son más abundantes las plantas suculentas y xerofíticas cabe destacar en la parte Norte del SAR es donde se observó mayor presencia de epífitas. En la porción centro y Este del SAR hay menor proporción de roca expuesta aunque el suelo es poco profundo, en estas secciones la vegetación se desarrolla un tanto más vigorosa, formando parches de mayor tamaño y con una menor proporción de suculentas y plantas xerofíticas (*Figura 109*, *Figura 110*, *Figura 111* y *Figura 112*).



Figura 109. VSAB SBEC en la porción Norte del SAR, nótese el porte achaparrado de los arbustos.



Figura 110. Bromelia epífita creciendo en la sección Norte del SAR.



Figura 111. VSAB SBEC en una zona árida al Noroeste del SAR.



Figura 112. VSAB SBEC creciendo es sustratos con menor afloramiento de roca.

» Composición florística

En el SAR se registraron 158 especies, 113 géneros y 45 familias botánicas (*Cuadro 45*); de las 158 especies registradas 137 fueron determinadas al menos hasta género, cinco a familia y 10 no fueron determinadas por la ausencia de flores, frutos e incluso hojas. Las familias que tienen mayor diversidad de especies son Fabaceae (30), Euphorbiaceae (15), Cactaceae (9) y Bromeliaceae (6), Malvaceae (6) y Poaceae (6); estas siete familias agrupan el 73.1% de las plantas identificadas. Los géneros más diversos son Croton (6), Acacia (5) y Caesalpinia (5). En el área del proyecto se registraron 103 especies, 79 géneros y 34 familias botánicas, lo que representa el 65.2% de la riqueza encontrada en SAR. Cabe señalar que todas las especies encontradas en el área del proyecto también están presentes en el SAR.

Las formas biológicas más frecuentes en el SAR son: arbusto con 70 especies, hierba con 51 (incluyendo en esta categoría a las hierbas trepadoras y las epífitas) y árbol con 37. En el SAR se detectaron 9 especies incluidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. En la categoría “amenazada” (A), se encuentran: *Avicenia germinans* (mangle rojo), *Beaucarnea pliabilis* (despeinada), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), *Guaicum sanctum* (guayacan), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Rizophora mangle* (mangle rojo) y *Thrinax radiata* (guano). Los cactus *Pterocereus gaumeri* (k'ulub) y *Mammillaria gaumeri* (pool miis) se encuentra en peligro de extinción (P). En el área del Proyecto únicamente se detectó la presencia de *Beaucarnea pliabilis*, *Guaicum sanctum*, *Mammillaria gaumeri*, *Pterocereus gaumeri* y *Thrinax radiata*.

Cuadro 45. Especies registradas en el SAR y área del Proyecto.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	SAR	ÁREA DEL PROYECTO	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC	MANGLAR	NOM-059 Y ENDÉMICAS
Acantacheae	<i>Aphelandra scabra</i>	-	H	X	X	-	X	-	-	-
Acantacheae	<i>Blechnum pyramidatum</i>	-	H	X	X	-	X	X	-	-
Acantacheae	<i>Tetramerium nervosum</i>	Olotillo	H	X	-	-	X	X	-	-
Acanthaceae	<i>Avicennia germinans**</i>	Mangle negro	A	X	-	-	-	-	X	A
Acanthaceae	<i>Dicliptera assurgens</i>	-	H	x	x	-	X	-	-	-
Acanthaceae	<i>Ruellia nudiflora</i>	-	H	x	X	-	-	X	-	-
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	-	H	x	-	X	-	-	-	-
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	Ciruela de monte	AB	X	X	-	X	X	-	-
Apocynaceae	<i>Plumeria obtusa</i>	Flor de mayo	AB	X	X	-	-	X	-	-
Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Lengua de vaca	H	X	X	-	X	X	-	-
Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>	Guano	A	X	-	X	-	X	-	-
Arecaceae	<i>Thrinax radiata**</i>	Guano	AB	X	X	-	X	X	-	A
Asparagaceae	<i>Agave angustifolia</i>	Espadín	H	X	X	-	-	X	-	-
Asparagaceae	<i>Agave fourcroydes</i>	Henequén	H	X	-	-	-	X	-	-
Asparagaceae	<i>Beaucarnea plabilis</i>	Despeinada	A	X	X	-	-	X	-	A, E
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>	Jicaro	AB	X	-	-	-	X	-	-
Bignoniaceae	<i>Macfadyena unguis-cati</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Boraginaceae	<i>Cordia gerascanthus</i>	Bojom	A	X	X	-	X	X	-	-

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	SAR	ÁREA DEL PROYECTO	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC	MANGLAR	NOM-059 Y ENDÉMICAS
Bromeliaceae	<i>Bromelia karatas</i>	Piñuela	H	X	X	-	-	X	-	-
Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i>	Cardo	H	X	-	-	X	-	-	-
Bromeliaceae	<i>Bromeliaceae</i>	-	H	X	X	-	-	X	-	-
Bromeliaceae	<i>Tillandsia dasyliiifolia</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Bromeliaceae	<i>Tillandsia festucoides</i>	-	H	X	X	-	-	X	-	-
Bromeliaceae	<i>Tillandsia utriculata</i>	-	H	X	-	-	X	-	-	-
Burseraceae	<i>Bursera schlechtendalii</i>	Sak chakaj	AB	X	X	-	X	-	-	-
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chaka	A	X	X	-	X	X	-	-
Burseraceae	<i>Bursera sp.</i>	-	A	x	-	-	-	-	-	-
Cactaceae	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	Tsakam	H	X	X	-	X	X	-	-
Cactaceae	<i>Mammillaria gaumeri**</i>	Pool miis	H	X	X	-	X	X	-	P, E
Cactaceae	<i>Opuntia gaumeri</i>	-	AB	X	X	-	-	X	-	E
Cactaceae	<i>Opuntia inaperta</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	E
Cactaceae	<i>Opuntia stricta</i>	Nopal serrano	H	X	-	-	-	X	-	-
Cactaceae	<i>Parmentiera millspaughiana</i>	Pepino de monte	AB	X	X	-	-	X	-	-
Cactaceae	<i>Pilosocereus gaumeri</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	E
Cactaceae	<i>Pterocereus gaumeri</i>	K'ulub	AB	X	X	-	X	X	-	P, E
Cactaceae	<i>Stenocereus laevigatus</i>	-	AB	X	X	-	-	X	-	-
Capparidaceae	<i>Quadrella incana</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	SAR	ÁREA DEL PROYECTO	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC	MANGLAR	NOM-059 Y ENDÉMICAS
celastraceae	<i>Celastraceae</i>	-	AB	x	x	-	X	-	-	-
celastraceae	<i>Crossopetalum gaumeri</i>	-	H	x	-	-	X	-	-	-
Combretaceae	<i>Conocarpus erectus**</i>	Mangle botoncillo	A	X	-	-	-	-	X	A
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa**</i>	Mangle blanco	A	X	-	-	-	-	X	A
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i>	-	H	X	x	-	-	X	-	-
Convolvulaceae	<i>Ipomoea carnea</i>	Campanilla	H	X	-	-	-	X	-	-
Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Cyperaceae	<i>Cyperus aristatus</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Cyperaceae	<i>Cyperus sp.</i>	-	H	X	-	X	-	X	-	-
Ebenaceae	<i>Dyospyros sp.</i>	-	AB	x	-	-	X	-	-	-
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Acalypha leptopoda</i>	-	H	X	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Astrocasia aff. tremula</i>	Trompillo	AB	X	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Bernardia aff. dichotoma</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i>	Chaya de monte	AB	X	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton flavens</i>	-	H	X	X	-	X	X	-	-

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	SAR	ÁREA DEL PROYECTO	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC	MANGLAR	NOM-059 Y ENDÉMICAS
Euphorbiaceae	<i>Croton glabellus</i>	-	AB	X	X	-	-	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton humilis</i>	-	H	X	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton niveus</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton sp.</i>	-	H	X	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Croton sp. 2</i>		AB		x			X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Enriquebeltrania crenatifolia</i>	-	AB	X	-	-	-	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Hippomane mancinella</i>	-	AB	x	X	-	X	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomol che'	AB	X	X	-	X	X	-	E
Euphorbiaceae	<i>Pedilanthus tithymaloides</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i>	-	A	X	-	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Acacia cornigera</i>	Cornizuelo	AB	X	-	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Acacia dolichostachya</i>	-	AB	X	X	-	-	X	-	E
Fabacea	<i>Acacia gaumeri</i>	Katzin	A	X	X	-	X	X	-	E
Fabacea	<i>Acacia pennatula</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Acacia pringlei</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Caesalpinia gaumeri</i>	Kitim che	A	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Caesalpinia mollis</i>	Brazileto	A	X	X	-	-	X	-	-

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	SAR	ÁREA DEL PROYECTO	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC	MANGLAR	NOM-059 Y ENDÉMICAS
Fabacea	<i>Caesalpinia sp.</i>	-	AB	X	-	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Caesalpinia vesicaria</i>	Mareña	AB	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Caesalpinia velutina</i>	-	A	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Chloroleucon mangense</i>	Ya' ax eek	AB	X	X	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Diphysa carthagenensis</i>	Cholul	A	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Erythrina standleyana</i>	Chak mo'ol che'	AB	X	X	-	X	-	-	-
Fabacea	<i>Haematoxylum sp.</i>	-	A	X	-	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Havardia albicans</i>	Chukum	A	X	X	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Leucaena leucocephala</i>	Guaje	A	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Xalam	A	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Mariosousa centralis</i>	-	A	X	-	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Mimosa bahamensis</i>	Sak káatsim	AB	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Mimosa sp.</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Piscidia piscipula</i>	Jabim	A	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Pithecellobium dulce</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Pithecellobium keyense</i>	Ya'ax k'aax	AB	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Pithecellobium seleri</i>	-	AB	X	-	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Prosopis juliflora</i>	Mezquite	AB	X	-	-	-	X	-	-
Fabacea	<i>Senna atomaria</i>	-	A	X	X	-	X	X	-	-
Fabacea	<i>Senna racemosa</i>	Kan jabim	AB	X	X	-	X	X	-	-

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	SAR	ÁREA DEL PROYECTO	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC	MANGLAR	NOM-059 Y ENDÉMICAS
Lamiaceae	<i>Salvia sp.</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	-	A	X	X	-	-	X	-	-
Lythraceae	<i>Cuphea sp.</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i>	-	AB	x	X	-	-	X	-	-
Malpighiaceae	<i>Malpighia lundellii</i>	Wayate	AB	X	-	-	X	-	-	-
Malpighiaceae	<i>Malpighia sp.</i>	-	AB	X	X	-	X	-	-	-
Malvaceae	<i>Abutilon permolle</i>	-	H	X	X	-	X	X	-	-
Malvaceae	<i>Bakeridesia yucatanana</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Malvaceae	<i>Helicteres baruensis</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Malvaceae	<i>Hibiscus poeppigii</i>	-	H	X	X	-	X	X	-	-
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	-	AB	x	-	-	X	-	-	-
Malvaceae	<i>Melochia sp.</i>	-	H	X	-	-	-	X	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia foetida</i>	-	AB	X	-	-	X	-	-	-
Myrtaceae	<i>Eugenia sp.</i>	-	AB	X	X	-	-	X	-	-
Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i>	Uña de gato	AB	X	X	-	-	X	-	-
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Pasto egipcio	H	X	X	-	-	X	-	-
Poaceae	<i>Distichlis spicata</i>	Pasto salado	H	X	-	X	-	X	-	-
Poaceae	<i>Lasciasis divaricata</i>	Carricillo	H	X	-	-	X	-	-	-
Poaceae	<i>Lasiacis ruscifolia</i>	-	H	X	X	-	-	X	-	-
Poaceae	<i>Setaria geniculata</i>	-	H	x	X	X	-	-	-	-

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	SAR	ÁREA DEL PROYECTO	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC	MANGLAR	NOM-059 Y ENDÉMICAS
Poaceae	<i>Spartina spartinae</i>	-	H	X	-	X	-	X	-	-
Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Dzidzilche	AB	X	X	-	X	X	-	-
Polygonaceae	<i>Neomillspaughia emarginata</i>	Sak iitsa	AB	X	X	-	X	X	-	E
Polygonaceae	<i>Podopterus mexicanus</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	-	H	x	-	X	-	-	-	-
Primulaceae	<i>Bonellia flammea</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Primulaceae	<i>Bonellia macrocarpa</i>	Lengua de gallo	AB	X	-	-	-	X	-	-
Rhamnaceae	<i>Colubrina elliptica</i>	-	A	X	X	-	X	X	-	-
Rhamnaceae	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	-	AB	X	X	-	x	X	-	-
Rhamnaceae	<i>Ziziphus yucatanensis</i>	-	A	X	X	-	X	X	-	-
Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle**</i>	Mangle rojo	A	X	-	-	-	-	X	A
Rubiaceae	<i>Morinda yucatanensis</i>	-	H	X	X	-	-	X	-	-
Rubiaceae	<i>Randia sp.</i>	-	AB	X	X	-	X	X	-	-
Rutaceae	<i>Amyris sp.</i>	-	AB	X	X	-	-	X	-	-
Rutaceae	<i>Esenbeckia berlandieri</i>	-	A	X	-	-	X	-	-	-
Rutaceae	<i>Esenbeckia pentaphylla</i>	-	A	X	-	-	-	X	-	-
Salicaceae	<i>Casearia sp.</i>	-	AB	X	-	-	-	X	-	-
Sapindaceae	<i>Melicoccus oliviformis</i>	Guaya	A	X	-	-	-	X	-	-

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	FORMA BIOLÓGICA	SAR	ÁREA DEL PROYECTO	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC	MANGLAR	NOM-059 Y ENDÉMICAS
Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	-	A	X	X	-	X	X	-	E
Sapotaceae	<i>Sideroxylon sp.</i>	-	A	X	-	-	X	X	-	-
Sapotaceae	<i>Sideroxylon celastrinum</i>	Lu'uchum che'	AB	X	X	-	-	X	-	-
Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	-	AB	X	-	-	X	-	-	-
Smilacaceae	<i>Smilax sp.</i>	-	H	X	-	-	X	-	-	-
Solanaceae	<i>Solanum torvum</i>	-	H	x	X	-	-	X	-	-
Solanaceae	<i>Solanum tridynamum</i>	-	H	X	X	-	-	X	-	-
Verbenaceae	<i>Lippia graveolens</i>	-	H	x	X	-	-	X	-	-
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum sanctum</i>	Guayacan	AB	X	X	-	X	X	-	A

*A: amenazada, P: en peligro de extinción, E: endémica. **Especies registradas fuera de los cuadrantes.
 Nota: en el listado solo se incluyen los ejemplares identificados a nivel de género y especie.

» Riqueza, abundancia y diversidad alfa

En el SAR la VSA SBEC fue donde se registró una riqueza de 82 especies, una abundancia de 772 individuos y un índice de diversidad de Shannon – Wiener de 3.642. En los cuadrantes de VSAB SBEC hubo una riqueza de 126 especies, una abundancia de 1,301 individuos y un índice de diversidad de Shannon – Wiener de 3.983 (*Cuadro 46*). En la sabana la riqueza es de ocho especies, con una abundancia de 1,100 individuos y un índice de Shannon-Wiener de 0.377. La VSAB SBEC es el tipo de vegetación en el que se registró mayor riqueza y diversidad. Cabe señalar que los tres tipos de vegetación comparten especies, principalmente la VSA SBEC y la VSAB SBEC.

Cuadro 46. Valores de abundancia, riqueza, diversidad y equidad (SAR).

PARÁMETRO	VSA SBEC	VSAB SBEC	SABANA
Riqueza	83	126	8
Abundancia	772	1,301	1,100
Índice de Shannon	3.642	3.983	0.784
Equidad	0.8243	0.8237	0.377
Cuadrantes muestreados	8	13	2
*VSA SBEC: Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia. VSAB SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.			

En el área del proyecto la VSA SBEC fue donde se registró una riqueza de 57 especies, una abundancia de 452 individuos y un índice de diversidad de Shannon – Wiener de 3.378. En la VSAB SBEC la riqueza registrada es de 86 especies, con una abundancia de 740 individuos y un índice de diversidad de Shannon-Wiener de 0.8328 (*Cuadro 47*).

Cuadro 47. Valores de abundancia, riqueza, diversidad y equidad (área del Proyecto).

PARÁMETRO	VSA SBEC	VSAB SBEC
Riqueza	57	86
Abundancia	452	740
Índice de Shannon	3.378	3.71
Equidad	0.8356	0.8328
Cuadrantes muestreados	5	7
*VSA SBEC: Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia. VSAB SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.		

» Cobertura y Densidad de plantas leñosas

En el SAR la VSA SBEC tiene los mayores valores de densidad y cobertura tanto para árboles (1,081.2 ind./ha y 7.5096 m²/ha) como arbustos (962.5 ind./ha y 2.2527 m²/ha). De acuerdo con los datos obtenidos, la VSAB SBEC tiene una densidad arbórea 50.9% menor que la VSA SBEC y una cobertura

54.2 % menor. En el caso de los arbustos la diferencia es menor ya que la VSAB SBEC tiene una densidad 878.8 ind./m² y una cobertura de 2.2052 m²/ha. En la sabana solo se registraron arbustos en una densidad de 12.5 ind./ha y con una cobertura de 0.1869 m²/ha. En el *Cuadro 48* se detallan los valores de densidad y cobertura para cada tipo de vegetación.

Cuadro 48. Cobertura de área basal y densidad promedio de plantas leñosas (SAR).

TIPO DE VEGETACIÓN	ÁRBOLES		ARBUSTOS		ÁRBOLES + ARBUSTOS	
	Densidad (ind./ha)	Cobertura de área basal (m ² /ha)	Densidad (ind./ha)	Cobertura de área basal (m ² /ha)	Densidad (ind./ha)	Cobertura de área basal (m ² /ha)
VSA SBEC	1081.2	7.5096	962.5	2.2527	2,043.7	9.7623
VSAB SBEC	530.7	3.4391	878.8	2.2052	1,409.5	5.6443
Sabana	-	-	12.5	0.1869	12.5	0.1869

En el área del proyecto la VSA SBEC tiene los valores más altos de densidad y área basal para árboles (1,130 ind./ha y 8.7871 m²/ha respectivamente), mientras que en el estrato arbustivo la VSAB SBEC es la que obtuvo los valores más altos (1,214.2 ind./ha y 2.3974 m²/ha). En el *Cuadro 49* se indican los valores de densidad y cobertura para cada tipo de vegetación.

Cuadro 49. Cobertura de área basal y densidad promedio de plantas leñosas (área del proyecto).

TIPO DE VEGETACIÓN	ÁRBOLES		ARBUSTOS		ÁRBOLES + ARBUSTOS	
	Densidad (ind./ha)	Cobertura de área basal (m ² /ha)	Densidad (ind./ha)	Cobertura de área basal (m ² /ha)	Densidad (ind./ha)	Cobertura de área basal (m ² /ha)
VSA SBEC	1,130	8.7871	710	1.4895	1,840	10.2766
VSAB SBEC	675	4.2722	1,214.2	2.3974	1,889.2	6.6696

*VSA SBEC: Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia. VSAB SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.

» Índice de Valor de Importancia (IVI)

Las especies con mayor índice de valor de importancia son aquellas que por densidad, cobertura y frecuencia, determinan la fisonomía de la vegetación. Ecológicamente también son importantes debido a que son las que aportan más biomasa al ecosistema y son la base de las redes tróficas, de desaparecer del ambiente el ecosistema cambiaría radicalmente. Por su parte, las especies con menor IVI son las menos representadas en el ecosistema y por general son organismos con poblaciones reducidas o con requerimientos ambientales muy específicos; por lo tanto, son más vulnerables a la modificación del ambiente.

» VSA SBEC (área de proyecto)

En el estrato arbóreo las especies con mayor IVI son *Lysiloma latisiliquum* (70.53), *Acacia gaumeri* (44.06), *Bursera simaruba* (39.29) y *Piscidia piscipula* (32.72). En el estrato arbustivo las especies

más importantes son *Opuntia inaperta* (28.78), *Gymnopodium floribundum* (27.8), *Pithecellobium keyense* (23.96) y *Acacia pennatula* (21.22). En el estrato herbáceo *Abutilon permolle* (85.44), *Aphelandra scabra* (57), *Acalypha leptopoda* (48.47) y *Asteraceae* (24.97) son las especies que presentan mayor valor de importancia. En el Cuadro 50, Cuadro 51 y Cuadro 52 se puede apreciar el valor de importancia de cada especie dentro de su respectivo estrato.

Cuadro 50. Índice de valor de importancia de árboles en VSA SBEC (área del proyecto).

ESPECIE	ALTURA (M)	ABUNDANCIA	COBERTURA (CM ²)	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	6.2	70	5487.49	0.6	30.97	31.22	8.33	70.53
<i>Acacia gaumeri</i>	6.3	51	1823.96	0.8	22.57	10.38	11.11	44.06
<i>Bursera simaruba</i>	9.3	19	3474.01	0.8	8.41	19.77	11.11	39.29
<i>Piscidia piscipula</i>	7.6	13	2787.02	0.8	5.75	15.86	11.11	32.72
<i>Leucaena leucocephala</i>	7.9	26	1334.19	0.8	11.50	7.59	11.11	30.21
<i>Diphysa carthagenensis</i>	8.7	13	509.93	0.6	5.75	2.90	8.33	16.99
<i>Colubrina elliptica</i>	9.1	6	361.90	0.4	2.65	2.06	5.56	10.27
<i>Senna atomaria</i>	8.1	7	246.77	0.4	3.10	1.40	5.56	10.06
<i>Thouinia paucidentata</i>	6.7	6	226.53	0.4	2.65	1.29	5.56	9.50
<i>Cordia gerascanthus</i>	9.0	4	354.68	0.4	1.77	2.02	5.56	9.34
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	5.5	3	184.77	0.4	1.33	1.05	5.56	7.93
Indeterminada 2	9.7	3	637.16	0.2	1.33	3.63	2.78	7.73
Fabaceae 3	6.8	2	77.36	0.2	0.88	0.44	2.78	4.10
Indeterminada 4	7.0	2	39.27	0.2	0.88	0.22	2.78	3.89
Fabaceae 1	7.0	1	29.22	0.2	0.44	0.17	2.78	3.39
Total general		226	17574.27	7.2	100	100	100	300

Cuadro 51. Índice de valor de importancia de arbustos en VSA SBEC (área del proyecto).

ESPECIE	ALTURA (M)	ABUNDANCIA	COBERTURA (CM ²)	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Opuntia inaperta</i>	2.3	18	350.20	0.4	12.68	11.76	4.35	28.78
<i>Gymnopodium floribundum</i>	5.3	15	319.26	0.6	10.56	10.72	6.52	27.80
<i>Pithecellobium keyense</i>	6.9	12	397.27	0.2	8.45	13.34	2.17	23.96

ESPECIE	ALTURA (M)	ABUNDANCIA	COBERTURA (CM2)	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Acacia pennatula</i>	6.4	7	291.14	0.6	4.93	9.77	6.52	21.22
<i>Spondias purpurea</i>	3.6	15	223.76	0.2	10.56	7.51	2.17	20.25
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	6.1	5	292.37	0.4	3.52	9.81	4.35	17.68
<i>Rubiaceae</i>	4.1	8	106.62	0.6	5.63	3.58	6.52	15.73
<i>Acacia pringlei</i>	5.3	7	143.12	0.2	4.93	4.80	2.17	11.91
<i>Mimosa bahamensis</i>	4.0	6	64.04	0.4	4.23	2.15	4.35	10.72
<i>Jatropha gaumeri</i>	3.8	6	126.84	0.2	4.23	4.26	2.17	10.66
<i>Quadrella incana</i>	5.5	2	76.57	0.4	1.41	2.57	4.35	8.33
<i>Senna racemosa</i>	5.5	3	54.18	0.4	2.11	1.82	4.35	8.28
<i>Astrocasia aff. Tremula</i>	4.9	5	72.95	0.2	3.52	2.45	2.17	8.14
<i>Cnidocolus aconitifolius</i>	3.0	3	42.56	0.4	2.11	1.43	4.35	7.89
<i>Randia sp.</i>	4.5	2	32.67	0.4	1.41	1.10	4.35	6.85
<i>Helicteres baruensis</i>	5.3	2	24.51	0.4	1.41	0.82	4.35	6.58
<i>Pithecellobium dulce</i>	4.8	3	53.70	0.2	2.11	1.80	2.17	6.09
<i>Podopterus mexicanus</i>	5.0	2	55.65	0.2	1.41	1.87	2.17	5.45
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	3.0	3	31.71	0.2	2.11	1.06	2.17	5.35
<i>Erythrina standleyana</i>	4.8	2	35.54	0.2	1.41	1.19	2.17	4.78
<i>Indeterminada 5</i>	5.0	2	30.86	0.2	1.41	1.04	2.17	4.62
<i>Croton sp.</i>	4.0	2	20.75	0.2	1.41	0.70	2.17	4.28
<i>Bakeridesia yucatanana</i>	3.8	2	20.42	0.2	1.41	0.69	2.17	4.27
<i>Croton niveus</i>	3.8	2	15.62	0.2	1.41	0.52	2.17	4.11
<i>Caesalpinia vesicaria</i>	5.0	1	29.22	0.2	0.70	0.98	2.17	3.86
<i>Hippomane mancinella</i>	4.5	1	22.06	0.2	0.70	0.74	2.17	3.62
<i>Bursera schlechtendalii</i>	2.5	1	9.62	0.2	0.70	0.32	2.17	3.20
<i>Celastraceae</i>	3.5	1	7.55	0.2	0.70	0.25	2.17	3.13
<i>Bernardia aff. Dichotoma</i>	3.0	1	7.07	0.2	0.70	0.24	2.17	3.12
<i>Indeterminada 1</i>	2.0	1	7.07	0.2	0.70	0.24	2.17	3.12
<i>Malpighia sp.</i>	3.0	1	7.07	0.2	0.70	0.24	2.17	3.12
<i>Pterocereus gaumeri</i>	1.6	1	7.07	0.2	0.70	0.24	2.17	3.12
<i>Total general</i>	4.6	142	2979.05	9.2	100	100	100	300

Cuadro 52. Índice de valor de importancia de hierbas en VSA SBEC (área del Proyecto).

ESPECIE	ALTURA (CM)	ABUNDANCIA	COBERTURA %	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Abutilon permolle</i>	52.5	23	43	0.4	28.05	37.39	20.00	85.44
<i>Aphelandra scabra</i>	112.5	20	26	0.2	24.39	22.61	10.00	57.00
<i>Acalypha leptopoda</i>	86.6	18	19	0.2	21.95	16.52	10.00	48.47
<i>Asteraceae</i>	10	8	6	0.2	9.76	5.22	10.00	24.97
<i>Blechum pyramidatum</i>	50	3	5	0.2	3.66	4.35	10.00	18.01
<i>Dicliptera assurgens</i>	32.5	3	5	0.2	3.66	4.35	10.00	18.01
<i>Hibiscus poeppigii</i>	2	3	5	0.2	3.66	4.35	10.00	18.01
<i>Croton humilis</i>	33	3	4	0.2	3.66	3.48	10.00	17.14
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	50	1	2	0.2	1.22	1.74	10.00	12.96
Total general	54	82	115	2	100.00	100.00	100.00	300.00

» VSAB SBEC (área del proyecto)

En el estrato arbóreo dentro del área del proyecto, las especies con mayor IVI son *Lysiloma latisiliquum* (98.34), *Senna atomaria* (24.24), (30.2) y *Beaucarnea pliabilis* (18.55). En el estrato arbustivo las especies más importantes son *Gymnopodium floribundum* (36.81) *Opuntia inaperta* (33.46), *Guaicum sanctum* (16.92) y *Croton sp.* (15.29). En el estrato herbáceo *Asteraceae* (59.17), *Setaria geniculata* (31.23), *Croton flavens* (26.22) y *Dactyloctenium aegyptium* (23.22) son las plantas que presentan mayor valor de importancia. En el Cuadro 53, Cuadro 54 y Cuadro 55 se muestra el valor de importancia de cada especie dentro de su respectivo estrato.

Cuadro 53. Índice de valor de importancia de árboles en VSAB SBEC (área del proyecto).

ESPECIE	ALTURA	ABUNDANCIA	COBERTURA (CM ²)	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	4.69	90	5192.57	0.429	47.62	43.41	7.32	98.34
<i>Havardia albicans</i>	4.4	18	676.96	0.571	9.52	5.66	9.76	24.94
<i>Senna atomaria</i>	4.16	15	491.79	0.714	7.94	4.11	12.20	24.24
<i>Beaucarnea pliabilis</i>	5	2	1508.75	0.286	1.06	12.61	4.88	18.55
<i>Acacia gaumeri</i>	3.9	11	297.84	0.571	5.82	2.49	9.76	18.07
<i>Caesalpinia velutina</i>	4.4	13	428.99	0.429	6.88	3.59	7.32	17.78
<i>Bursera simaruba</i>	5.2	6	493.90	0.429	3.17	4.13	7.32	14.62

ESPECIE	ALTURA	ABUNDANCIA	COBERTURA (CM ²)	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Diphysa carthagenensis</i>	5.2	9	257.22	0.286	4.76	2.15	4.88	11.79
<i>Vitex gaumeri</i>	7	1	855.30	0.143	0.53	7.15	2.44	10.12
Indeterminada 7	5.6	5	176.58	0.286	2.65	1.48	4.88	9.00
Indeterminada 2	5.7	2	199.69	0.286	1.06	1.67	4.88	7.61
<i>Cordia gerascanthus</i>	7	3	396.85	0.143	1.59	3.32	2.44	7.34
<i>Caesalpinia mollis</i>	4.25	2	47.91	0.286	1.06	0.40	4.88	6.34
<i>Caesalpinia gaumeri</i>	5.3	4	186.44	0.143	2.12	1.56	2.44	6.11
Indeterminada 6	4.7	2	217.56	0.143	1.06	1.82	2.44	5.32
<i>Colubrina elliptica</i>	6	2	177.70	0.143	1.06	1.49	2.44	4.98
<i>Ziziphus yucatanensis</i>	4.5	1	161.14	0.143	0.53	1.35	2.44	4.32
Fabaceae 3	4	1	103.87	0.143	0.53	0.87	2.44	3.84
<i>Leucaena leucocephala</i>	6	1	59.45	0.143	0.53	0.50	2.44	3.47
<i>Piscidia piscipula</i>	3.5	1	31.83	0.143	0.53	0.27	2.44	3.23
Total general	4.71	189	11962.34	5.857	100	100	100	300.00

Cuadro 54. Índice de valor de importancia de arbustos en VSAB SBEC (área del proyecto).

ESPECIE	ALTURA	ABUNDANCIA	COBERTURA (CM ²)	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Gymnopodium floribundum</i>	3.3	59	966.81	0.714	17.35	14.40	5.05	36.81
<i>Opuntia inaperta</i>	2.2	49	1007.43	0.571	14.41	15.01	4.04	33.46
<i>Guaiacum sanctum</i>	3.6	12	627.48	0.571	3.53	9.35	4.04	16.92
<i>Croton sp.</i>	3.1	27	290.07	0.429	7.94	4.32	3.03	15.29
<i>Acacia pennatula</i>	4.1	14	410.50	0.571	4.12	6.12	4.04	14.27
<i>Acacia pringlei</i>	4.6	10	359.31	0.714	2.94	5.35	5.05	13.34
<i>Croton niveus</i>	3.0	14	159.13	0.571	4.12	2.37	4.04	10.53
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	2.9	10	145.42	0.714	2.94	2.17	5.05	10.16
<i>Helicteres baruensis</i>	4.1	9	124.82	0.714	2.65	1.86	5.05	9.56
<i>Spondias purpurea</i>	4.7	9	287.85	0.286	2.65	4.29	2.02	8.96
<i>Bakeridesia yucatanana</i>	3.1	12	121.87	0.429	3.53	1.82	3.03	8.38
<i>Senna racemosa</i>	3.8	7	200.06	0.429	2.06	2.98	3.03	8.07
<i>Jatropha gaumeri</i>	2.4	6	109.81	0.571	1.76	1.64	4.04	7.44

ESPECIE	ALTURA	ABUNDANCIA	COBERTURA (CM ²)	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Plumeria obtusa</i>	4.8	3	297.11	0.286	0.88	4.43	2.02	7.33
<i>Cnidocolus aconitifolius</i>	3.0	7	180.98	0.286	2.06	2.70	2.02	6.77
<i>Mimosa bahamensis</i>	2.7	10	109.94	0.286	2.94	1.64	2.02	6.60
<i>Pilosocereus gaumeri</i>	2.3	8	137.62	0.286	2.35	2.05	2.02	6.42
<i>Pterocereus gaumeri</i>	2.3	6	85.25	0.429	1.76	1.27	3.03	6.06
<i>Caesalpinia vesicaria</i>	3.6	4	60.10	0.429	1.18	0.90	3.03	5.10
<i>Stenocereus laevigatus</i>	2.1	2	113.35	0.286	0.59	1.69	2.02	4.30
<i>Quadrella incana</i>	3.2	5	43.93	0.286	1.47	0.65	2.02	4.15
<i>Astrocasia aff. Tremula</i>	3.5	3	63.81	0.286	0.88	0.95	2.02	3.85
<i>Chloroleucon mangense</i>	3.5	3	62.56	0.286	0.88	0.93	2.02	3.83
<i>Amyris sp.</i>	2.8	6	59.01	0.143	1.76	0.88	1.01	3.65
<i>Parmentiera millspaughiana</i>	3.9	5	72.26	0.143	1.47	1.08	1.01	3.56
<i>Pisonia aculeata</i>	3.5	3	40.45	0.286	0.88	0.60	2.02	3.51
<i>Rubiaceae</i>	3.3	3	34.31	0.286	0.88	0.51	2.02	3.41
<i>Neomillspaughia emarginata</i>	2.6	3	30.04	0.286	0.88	0.45	2.02	3.35
<i>Pithecellobium dulce</i>	3.1	4	67.26	0.143	1.18	1.00	1.01	3.19
<i>Apocynaceae</i>	3.3	2	35.47	0.286	0.59	0.53	2.02	3.14
<i>Fabaceae 2</i>	3.9	4	45.98	0.143	1.18	0.68	1.01	2.87
<i>Podopterus mexicanus</i>	4.1	3	64.55	0.143	0.88	0.96	1.01	2.85
<i>Indeterminada 8</i>	4.5	3	47.32	0.143	0.88	0.70	1.01	2.60
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	3.5	2	61.19	0.143	0.59	0.91	1.01	2.51
<i>Pithecellobium keyense</i>	3.8	2	45.44	0.143	0.59	0.68	1.01	2.28
<i>Eugenia sp.</i>	3.3	2	26.90	0.143	0.59	0.40	1.01	2.00
<i>Hippomane mancinella</i>	6.5	1	43.01	0.143	0.29	0.64	1.01	1.94
<i>Anacardiaceae</i>	5.0	1	23.76	0.143	0.29	0.35	1.01	1.66
<i>Malphigia emarginata</i>	1.7	1	7.55	0.143	0.29	0.11	1.01	1.42
<i>Acacia dolichostachya</i>	4.0	1	7.33	0.143	0.29	0.11	1.01	1.41
<i>Bonellia flammea</i>	2.0	1	7.33	0.143	0.29	0.11	1.01	1.41
<i>Sideroxylon celastrinum</i>	2.0	1	7.33	0.143	0.29	0.11	1.01	1.41

ESPECIE	ALTURA	ABUNDANCIA	COBERTURA (CM ²)	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Bernardia aff. Dichotoma</i>	4.5	1	7.07	0.143	0.29	0.11	1.01	1.41
<i>Croton glabellus</i>	3.5	1	7.07	0.143	0.29	0.11	1.01	1.41
<i>Randia sp.</i>	2	1	7.07	0.143	0.29	0.11	1.01	1.41
<i>Total general</i>		340	6712.9295	14.143	100	100	100	300

Cuadro 55. Índice de valor de importancia de hierbas en VSAB SBEC (área del proyecto).

ESPECIE	ALTURA (CM)	ABUNDANCIA	COBERTURA %	FRECUENCIA	DENS. REL.	COB. REL.	FREC. REL.	IVI
<i>Asteraceae</i>	66.8	36	166	0.429	17.06	30.57	11.54	59.17
<i>Setaria geniculata</i>	7	50	20	0.143	23.70	3.68	3.85	31.23
<i>Croton flavens</i>	45	15	62	0.286	7.11	11.42	7.69	26.22
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	50	30	28	0.143	14.22	5.16	3.85	23.22
<i>Acanthocereus tetragonus</i>	13.4	19	37	0.143	9.00	6.81	3.85	19.66
<i>Commelina erecta</i>	14.2	14	16	0.286	6.64	2.95	7.69	17.27
<i>Bromelia karatas</i>	60	5	50	0.143	2.37	9.21	3.85	15.42
<i>Agave angustifolia</i>	160	3	49	0.143	1.42	9.02	3.85	14.29
<i>Acalypha leptopoda</i>	90	10	18	0.143	4.74	3.31	3.85	11.90
<i>Croton sp. 2</i>	60	2	16	0.286	0.95	2.95	7.69	11.59
<i>Opuntia gaumeri</i>	40	1	25	0.143	0.47	4.60	3.85	8.92
<i>Lippia graveolens</i>	42.5	7	7	0.143	3.32	1.29	3.85	8.45
<i>Solanum torvum</i>	1.5	1	20	0.143	0.47	3.68	3.85	8.00
<i>Ruellia nudiflora</i>	15	5	5	0.143	2.37	0.92	3.85	7.14
<i>Lasiacis ruscifolia</i>	83	3	8	0.143	1.42	1.47	3.85	6.74
<i>Morinda yucatanensis</i>	40	3	4	0.143	1.42	0.74	3.85	6.00
<i>Tillandsia festucoides</i>	25	3	2	0.143	1.42	0.37	3.85	5.64
<i>Dicliptera assurgens</i>	58	1	4	0.143	0.47	0.74	3.85	5.06
<i>Bromeliaceae</i>	70	1	4	0.143	0.47	0.74	3.85	5.06
<i>Croton humilis</i>	25	1	1	0.143	0.47	0.18	3.85	4.50
<i>Solanum tridynamum</i>	60	1	1	0.143	0.47	0.18	3.85	4.50
<i>Total general</i>		211	543	3.714	100	100	100	300

» Diversidad beta SAR

El índice de similitud de Sorensen indica que la VSA SBEC y la VSAB SBEC comparten el 57.3% de su composición florística (0.573); mientras que la VSAB SBEC y la sabana solo comparten el 7.6% de sus

especies (0.076). La VSA SBEC no comparte ninguna especie con la sabana (*Cuadro 56*). En el dendrograma UPGMA del índice similitud de Sorensen se observa que los dos estados sucesionales de la selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC y VSAB SBEC) forman un grupo con poca relación florística con la sabana (*Figura 113*). La baja similitud entre los tipos de vegetación analizados sugiere que la diversidad beta en el SAR es alta. Cabe señalar que entre los cuadrantes muestreo hubo un importante recambio de especies.

Cuadro 56. Matriz del índice de similitud de Sorensen.

	SABANA	VSA SBEC	VSAB SBEC
Sabana	1		
VSA SBEC	0	1	
VSAB SBEC	0.076	0.573	1

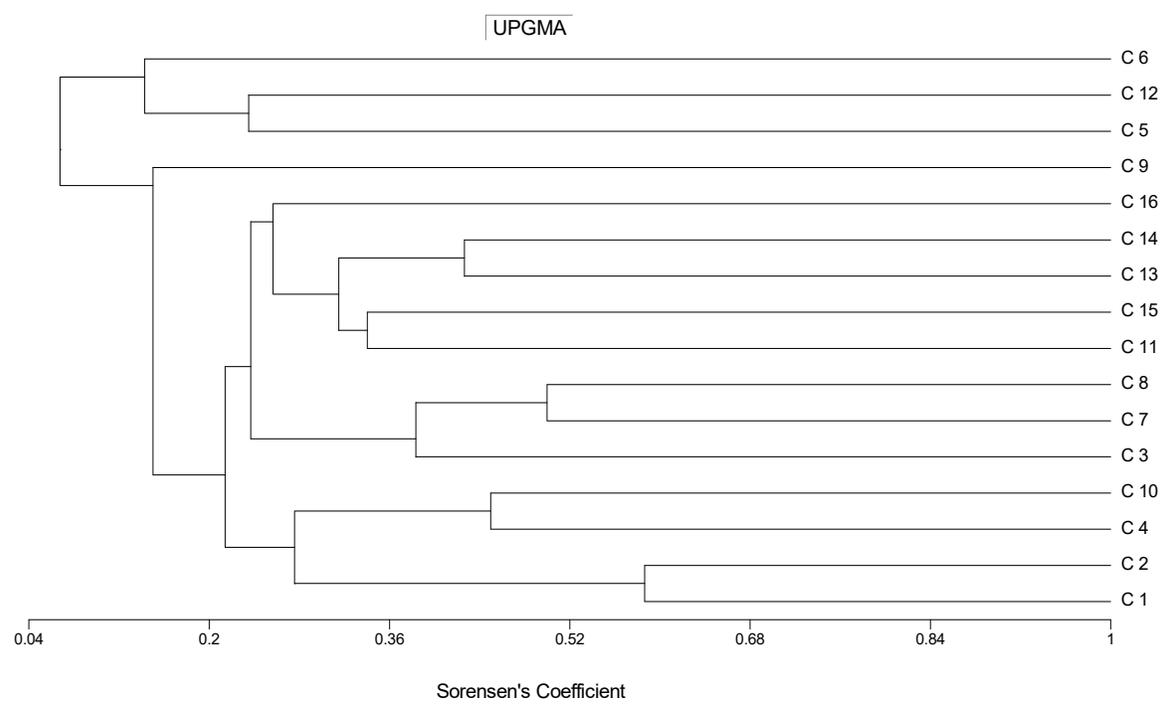


Figura 113. Dendrograma del índice de similitud de Sorensen.

» Discusión y Conclusión

La riqueza registrada en el área de influencia del proyecto es considerable (158 para el SAR y 103 especies en el área del proyecto); sobre todo si se compara con lo registrado en otros sitios de selva baja caducifolia del estado de Yucatán. Escarraga (2009) reportó 76 especies para la reserva estatal de El Palmar y 95 especies para la reserva estatal Bocas de Dzilam, cabe señalar que el autor solo estudió plantas leñosas. Peraza (2008) reportó 70 especies para el Parque Nacional Dzibilchaltún y 81 taxa para el Parque Estatal Lagunas de Yalahaú.

En lo que respecta a la cobertura de área basal de leñosas (árboles y arbustos) en el SAR se obtuvieron valores de 9.76 m²/ha para VSA SBEC y 5.64 m²/ha para VSAB SBEC; ambos valores son bajos ya que Escarraga (2009) registró en el ANP El Palmar 38.04 m²/ha y 42.26 m²/ha en el ANP Bocas de Dzilam. La diferencia tan marcada en las coberturas se debe a que en el SAR la vegetación es secundaria y en las dos ANP existe vegetación primaria. Se tiene registro de que en el SAR hubo un fuerte incendio hace más de 7 años, lo que explica la escasa cobertura de área basal. Aunado a lo anterior, hay una constante perturbación debido a que existe ganado suelto tanto en la VSA SBEC como en la VSAB SBEC, de igual forma se abren brechas para cazar, se extrae leña con frecuencia y eventualmente se realizan actividades de desmonte para cultivar hortalizas.

A pesar de que en el SAR la vegetación no es prístina se encontraron 10 especies con algún nivel de endemismo y 9 especies con algún riesgo de extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 5 están presentes en el área del proyecto: *Beaucarnea plibilis*, *Guaicum sanctum*, *Mammillaria gaumeri*, *Pterocereus gaumeri* y *Thrinax radiata*.

Pterocereus gaumeri es una especie en peligro de extinción (P), rara, endémica, con distribución muy limitada y con poblaciones poco numerosas (Méndez *et al.*, 2006). De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) esta especie está clasificada como “en peligro” debido a que la disminución de sus poblaciones se estima superior al 50% (Arias *et al.*, 2013). De las cactáceas columnares presentes en la selva baja de Yucatán, *P. gaumeri* es la especie que tiene la distribución más restringida y la de menor densidad poblacional (alrededor de 100 adultos/ha); aunado a esto, el limitado reclutamiento de nuevos individuos a las poblaciones y el lento crecimiento de sus individuos la hacen ser una especie muy vulnerable a las perturbaciones de su hábitat (Méndez *et al.*, 2006). En el área del proyecto la especie es frecuente pero no presenta altas densidades.

Guaicum sanctum (guayacán) es una especie muy apreciada por su madera, la cual es utilizada para hacer duelas y muebles finos. Esta especie fue muy explotada en el SAR entre las décadas de los 70's y 90's, actualmente está protegida y su venta internacional está controlada por la CITES (2018). Esta especie es frecuente en la VSAB SBEC del área de proyecto y del SAR. En los cuadrantes del área

del proyecto se encontró con una densidad relativa del 3.5%, es decir, 3.5% de los arbustos registrados corresponden a esta especie. Toledo *et al.* (2013) reporta que en localidades de Campeche *G. sanctum* pasa por grandes filtros de mortalidad durante sus primeros estadios de vida; de las semillas que se producen solo el 2% germinan y de ellas solo el 8% alcanza un tallo de un centímetro de diámetro.

Baeucarnea pliabilis es endémica de la península de Yucatán y está considerada como especie amenazada debido a la pérdida de su hábitat y su extracción con fines ornamentales. Espadas Manrique *et al.* (2018) estima que en el municipio de Mérida existen cerca de 25,000 ejemplares de esta planta en camellones, parques y jardines de casas. En el área del proyecto *B. pliabilis* (despeinada) se distribuye de forma regular en la VSAB SBEC y en bajas densidades. Todos los ejemplares observados en campo correspondían a individuos de más de 3 m de altura, aunque no se descarta la presencia de plántulas y juveniles. *Thrinax radiata* (palma guano) se distribuye principalmente en la vegetación de sabana y, en menor medida, en la VSAB SBEC próxima a la sabana. En el área del proyecto se observaron pocos individuos aislados, principalmente en zonas con humedad superficial o a un lado de pozos de agua. Esta palma es utilizada como ornamental y sus hojas pueden usarse para construir palapas.

Mammillaria gaumeri es una cactácea rara y endémica de la Península de Yucatán; tiene un alto grado de vulnerabilidad, debido a su restringida distribución y especificidad de hábitat (Ferrer *et al.*, 2011). En el área del proyecto se observó en la VSAB SBEC y en el SAR es más abundante en la sabana. Es difícil tener una estimación del tamaño de sus poblaciones ya que se trata de una especie pequeña, de 10 a 15 cm de alto, que puede estar cubierta por hojarasca o crecer en medio de rocas calcáreas.

Entre los árboles y arbustos endémicos más abundantes se encuentran *Acacia dolichostachya*, *Acacia gaumeri*, *Thouinia paucidentata*, *Jatropha gaumeri*, *Opuntia inaperta*, *Opuntia gaumeri*, *Pilosocereus gaumeri* y *Pterocereus gaumeri*.

Las actividades de mayor impacto a la vegetación de un parque eólico se llevan a cabo durante la etapa de preparación del sitio y construcción, ya que durante esta etapa es necesario realizar el desmonte y despalme de las áreas donde se construye la infraestructura temporal y permanente. En el desmonte las plantas que no pueden ser trasplantadas son eliminadas. Además, la disminución de la cobertura vegetal conlleva el aumento de la fragmentación de la vegetación.

Estos impactos pueden ser mitigados realizando un rescate exhaustivo que ponga énfasis en la flora endémica y protegida, previo al inicio de las actividades de preparación del sitio y construcción. De igual forma, es indispensable realizar un programa de reforestación intensivo. Para el caso particular

de las plantas protegidas es recomendable realizar un estudio detallado de sus poblaciones y desarrollar un plan de manejo para su conservación en el SAR.

Las conclusiones obtenidas con este estudio son las siguientes:

- 1.** La riqueza florística del SAR es comparable a la de ANP's cercanas al Proyecto.
- 2.** La composición florística de la VSA SBEC y la VSAB SBEC incluye especies primarias, endémicas y protegidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.
- 3.** La cobertura de área basal de las plantas leñosas no corresponde a ambientes bien conservados.
- 4.** La VSA SBEC y la VSAB SBEC son ambientes frágiles debido a que no pueden reponerse con facilidad a fuertes disturbios, sobre todo por la escasez de nutrientes en el suelo y a la poca precipitación pluvial anual.
- 5.** Las poblaciones más vulnerables a las actividades impactantes son las especies con algún riesgo de extinción y las endémicas.

IV.2.3.1 FAUNA

Avifauna

Introducción

La Península de Yucatán es uno de los lugares considerados con mayor concentración de especies de aves a nivel nacional, su ubicación estratégica lo coloca como sitio de paso y estancia de un gran número de aves migratorias neárticas (Chablé y Pasos, 2010). Además, posee una riqueza importante de especies endémicas (Howell y Webb, 1995; Chablé-Santos *et al.*, 2008; Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014).

Esta zona ha sido clasificada dentro de las Áreas de Biodiversidad e Importancia para las Aves (IBAs por sus siglas en inglés) por el BirdLife International (BirdLife International, 2016), entre las que se incluyen las Reservas de la Biósfera Celestún y Ría Lagartos, junto con la Reserva Estatal de Dzilám. Asimismo, se considera como un Área de Aves Endémicas (EBA por sus siglas en inglés), destacada por albergar un número considerado de especies endémicas y con restringidos rangos de distribución como el colibrí cola hendida (*Doricha eliza*) y la matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*).

La Península de Yucatán pertenece a los sitios RAMSAR, además, se encuentra incluida dentro de las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAs). El AICA cercana al Sistema Ambiental Regional, corresponde a los Humedales Costeros del Norte de la Península de Yucatán (AICA 194; Dzilám-Ría Lagartos-Ría Celestún), por lo que constituye un cinturón de varios tipos de hábitats en la costa de Yucatán y norte de Campeche (CONABIO, 1999).

En esta parte del país se tienen registradas 543 especies, lo cual representa alrededor del 50% de las reportadas para México (MacKinnon, 2005). Además de la representativa diversidad de especies de aves, la región destaca en relación con la ruta migratoria que atraviesa la zona. En México se reconocen cuatro principales rutas de migración, una de ellas cruza el Golfo de México hasta o a través de la Península de Yucatán, esta ruta es más comúnmente seguida por las aves migratorias del este de Norteamérica que pasan el invierno en Centroamérica (Rappole y Ramos, 1994; Rappole, 2000). Se ha demostrado que hay un alto flujo de passeriformes migratorias a lo largo de la Península, así como un importante uso del espacio por las especies que ocupan temporalmente la región (Deppe y Rotenberry, 2005), lo cual remarca la importancia de esta zona para las especies migratorias.

Particularmente, en el estado de Yucatán se contempla un total de 470 especies con diferentes condiciones de estacionalidad y endemismo (Raymundo *et al.*, 2015), como resultado de especies observadas y la compilación de trabajos reconocidos en la entidad (Chablé y Pasos, 2010;

MacKinnon, 2009; Raymundo, 2010). Así, en base a la riqueza conocida de aves en el estado de Yucatán y la importancia de estos organismos a nivel mundial como grupo indicador de la estructura de un ecosistema, es fundamental tanto incrementar la información de las especies que allí coexisten, así como estudiar el fenómeno migratorio en esta área. El conocimiento generado contribuirá a la aplicación de adecuadas estrategias de conservación para las aves ante el desarrollo antropogénico, como son los parques eólicos.

Métodos

» Trabajo de campo

Para obtener información sobre la avifauna del lugar de interés, se llevó a cabo la colecta de datos en campo en el área de influencia del Proyecto. Los sitios para llevar a cabo el levantamiento de los datos fueron seleccionados a fin de abarcar puntos estratégicos, pensado en una obtención de información de manera equitativa y lograr obtener el mayor registro de la diversidad de especies. Para ello, se emplearon determinados métodos que, de manera integral, permitieron caracterizar la comunidad de especies de aves.

» Transectos

El método seleccionado para la toma de datos de avifauna, fue el de transectos o trayectos en línea de distancia variable. En esta actividad el observador registra las aves detectadas mientras camina a través de un área en línea recta, lo cual permite aumentar el número de especies registradas y sus abundancias a lo largo de todo un trayecto, se registran las aves de manera visual como auditiva (Bibby *et al.*, 1992; Ralph *et al.*, 1996). El que sea un transecto de distancia variable, permite que no haya un ancho definido previamente, por lo que es posible incluir en los registros a cualquier individuo que se detecte durante el recorrido, esta es una de las principales ventajas para obtener un mayor número de especies, razón por la cual fue seleccionado.

Esta actividad se realizó dentro de las primeras cuatro horas de la mañana, a partir del amanecer. Los transectos constaron de una longitud mínima de 1 km y máxima de 2 km, de acuerdo lo permitiera la vegetación. El personal contó con binoculares (Eagle Optics Ranger ED 10 x 42) para realizar las observaciones, GPS (Garmín) para la ubicación de los transectos, anemómetro (Skymate) para la toma de variables ambientales, reloj y formatos de registro de datos. Además del registro del número de individuos de las especies, se calculó la distancia de cada detección en forma perpendicular al trayecto (Bibby *et al.*, 1992), con la ayuda de un distanciómetro Bushnell Sport 850.

» Puntos de conteo

Los conteos por puntos son el principal método de monitoreo de aves terrestres debido a su eficacia en todo tipo de terrenos y hábitats, y a la utilidad de los datos obtenidos. Este método permite

estudiar los cambios anuales en las poblaciones de aves en puntos fijos, las diferentes composiciones de las poblaciones según el tipo de hábitat, y los patrones de abundancia de cada especie (Ralph *et al.*, 1996).

Durante el monitoreo, el observador permanece en un punto fijo y toma nota de todas las aves observadas y escuchadas en un radio de 25 m durante 5 minutos. Los observadores que realizan los puntos de conteo poseen las habilidades y la capacitación necesarias para la identificación visual y acústica de las especies de aves y fueron equipados con binoculares, GPS y formato de campo adecuado para el método.

» Estación de redeo

La captura de aves mediante redes de niebla es el método idóneo tanto para obtener información de la demografía poblacional de las aves, como para registrar especies que por sus características ecológicas son difíciles de detectar visual o auditivamente, por lo que su observación mediante los otros métodos puede ser difícil o nula (Bibby *et al.*, 1992). Las redes deben ser puestas antes del amanecer y operadas durante cuatro horas al día; deben revisarse cada 30 min (recomendado en situaciones de frío, calor o vientos intensos, o cuando la densidad de aves es alta) y nunca menos de una vez cada hora. Una vez extraídas, las aves se colocan en bolsas de tela individuales y se transportan a la estación de procesamiento y toma de datos. Se registra el esfuerzo de colecta de datos en horas-red (red estándar que permanece abierta durante una hora) y variables atmosféricas (velocidad del viento, temperatura, nubosidad), además de otras variables que se consideren pertinentes.

Cada individuo capturado debe identificarse hasta especie con el apoyo de guías especializadas (Howell y Webb, 1995; Sybley, 2000). Se toman mediciones morfológicas de los individuos y su peso, además de otras características notables a criterio del responsable de la estación. El material utilizado es una regla de tope, un calibrador digital y pesolas. Una vez procesadas, las aves se liberan en el lugar de captura, además de que cada individuo es fotografiado para tener una base datos gráfica.

» Ad libitum

Es un método complementario, los registros *Ad libitum* corresponden a observaciones y detecciones que se realizaron fuera del tiempo establecido para las anteriores metodologías, incluyó cualquier observación dentro del área de estudio y del proyecto que aumentara la riqueza de especies, aportara información sobre rutas migratorias, entre otros datos de importancia.

El método *Ad libitum* genera una valiosa contribución para enriquecer el listado de avifauna de la zona. Así también, se elaboró un registro fotográfico de las especies observadas. De esta manera, la

combinación de dichas actividades permitió sentar la línea base de las especies de aves presentes en el área de estudio y del proyecto, en relación con el desarrollo de estudios posteriores.

» Análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos en campo permite generar un conocimiento actualizado de la diversidad de especies de aves presentes en el área de interés. De manera general, para conocer y entender la diversidad de un sitio determinado, el estudio de los componentes alfa y beta es de gran uso y utilidad, primordialmente para medir y monitorear el impacto que el desarrollo humano ocasiona sobre las comunidades biológicas (Halffter, 1998).

La diversidad alfa, se refiere a la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, mientras que la diversidad beta es la diversidad entre hábitats, considera el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales. Los datos sobre diversidad son proporcionados a manera de índices, ya que de esta manera se resume mucha información en un valor y permite hacer rápidas comparaciones, sujetas a validación estadística (Moreno *et al.*, 2001).

En el presente estudio, para obtener la diversidad alfa de aves, se llevó a cabo el análisis de diversidad verdadera, el cual plantea una transformación del tradicional índice de Shannon en números efectivos, permite así considerar la riqueza de especies y su abundancia, con la finalidad de obtener resultados más completos sobre la diversidad presente (Moreno *et al.*, 2011). El resultado del índice obtenido oscila entre el 0 (cuando sólo hay una especie) y valores ascendentes (alta riqueza de especies). Para estimar la diversidad beta, se empleó el índice de similitud de Sorensen, el cual relaciona el número de especies compartidas entre las comunidades a comparar tanto cualitativa como cuantitativamente (Magurran, 1988). El rango del índice va de 0 (cuando no existen especies comunes) a 1 (cuando las comunidades son idénticas). Los análisis de diversidad se llevaron a cabo mediante el programa R 3.2.2 (R Development Core Team 2010) utilizando la paquetería VEGAN (Oksanen *et al.*, 2011) y, con el programa EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Versión 9.1.0; Colwell, 2013).

Se generó una curva de acumulación de especies, herramienta considerada de mucha utilidad para analizar y estandarizar la estimación de la riqueza de un sitio, que está en función de la medida del esfuerzo en la colecta de los datos (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). El supuesto es que conforme avanza la colecta de información, la detección de especies provoca que la pendiente de la curva descienda y, en el momento en que la pendiente alcanza la asíntota, corresponde al número total de especies que se puede encontrar en la zona estudiada. Se consideró el estimador no paramétrico Chao 2, ya que predice el número de especies que debería existir de acuerdo con el esfuerzo realizado (Colwell y Coddington, 1994), y se basa en datos de presencia-ausencia (Moreno, 2001).

La curva de acumulación de especies se obtuvo mediante el programa EstimateS (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Versión 9.1.0; Colwell, 2013).

Resultados

» Listado potencial de especies

En principio, se generó un listado de la avifauna que potencialmente puede ocurrir en el sistema ambiental regional mediante una revisión bibliográfica en material especializado (Anexo). El listado se conformó utilizando guías especializadas de aves que muestran información y distribuciones de las aves (Sibley, 2000; Howell y Webb, 1995), además de listados generados por estudios realizados en la región (Guerrero, 2007; González, 2009). La taxonomía y nomenclatura del listado conservó los lineamientos planteados por la Unión Americana de Ornitólogos (AOU, 2018), mientras que los nombres comunes se basaron en los propuestos por Escalante *et al.*, 2014. El estado de protección de las especies se basó en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-SEMARNAT 2010), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2014) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2014).

El listado potencial generado contempló un total de 314 especies, pertenecientes a 22 órdenes y 59 familias. De las especies potenciales, 154 son residentes (49%), 96 son aves invernantes (31%), 37 son transitorios (12%), dos son invernantes con colonias reproductivas (*Egretta rufescens*, *Chlidonias niger*; 1%), una es tanto residente como transitoria (*Cathartes aura*; 0.5%), cuatro residentes de verano (*Sternula antillarum*, *Coccyzus americanus*, *Vireo flavoviridis* y *Progne chalybea*; 1.5%), tres especies son residentes con colonias reproductivas (*Phoenicopterus ruber*, *Rynchops niger* y *Fregata magnificens*; 1%) y, 17 son ocasionales (5%). Respecto a los hábitos que presentan, 189 especies son terrestres (60%), 92 son acuáticas (29%), una especie presenta hábitos terrestres y acuáticos (1%), y 32 son aves rapaces 10%; (Figura 114).

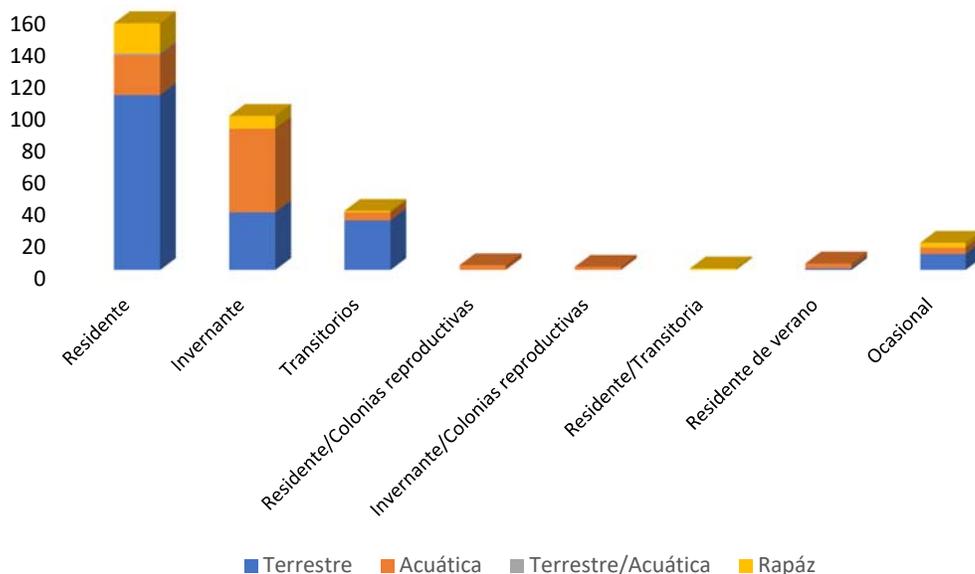


Figura 114. Representación de las especies de aves que potencialmente se encuentran en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub, mostrando su estacionalidad y los hábitos que presentan.

Respecto a las especies con algún estado de protección, se obtuvo que 72 especies (23% del listado potencial) se encuentran bajo alguna categoría. Dentro de éstas, 45 especies se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 32 están bajo protección especial (Pr), siete en categoría de amenazada (A) y seis consideradas como en peligro de extinción (P). En relación con CITES, 46 especies se encuentran enlistadas, de las cuales 43 dentro de las especies en posible peligro (Apéndice II) y tres calificadas como en peligro de extinción (Apéndice I). Mientras tanto, en la UICN, la mayoría se encuentra en categoría de preocupación menor (LC) y ocho en categoría de riesgo, una como vulnerable (VU) y siete como casi amenazadas (NT; *Figura 115*).

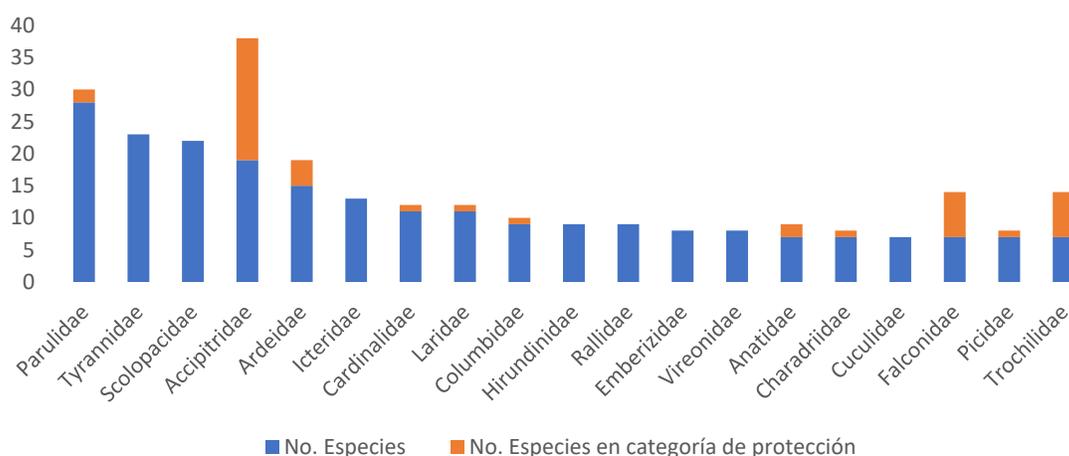


Figura 115. Familias avifaunísticas con mayor número de especies que forman parte del listado potencial de aves del SAR del proyecto eólico Chicxulub, con la respectiva representación del número de especies categorizadas en algún estatus de protección.

» Trabajo de campo

Esfuerzo de colecta de datos

• **Transectos**

Se realizaron 22 transectos durante la colecta de datos en campos para el registro de aves en el sistema ambiental regional (*Cuadro 57, Figura 116*). Diez transectos se llevaron a cabo dentro del área del Proyecto y 12 transectos en el SAR. Los transectos constaron de una longitud mínima de 1 km y máxima de 3 km en función de la vegetación.

Cuadro 57. Coordenadas de los transectos realizados para la colecta de datos de avifauna dentro del sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub.

UBICACIÓN	TRANSECTO	VEGETACIÓN	COORDENADAS UTM 16Z-WGS84			
			INICIO		FINAL	
			X	Y	X	Y
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)	DENTRO DEL ÁREA DEL PROYECTO		249224	2354674	247247	2354723
			249362	2354040	247389	2354123
			249337	2352774	248210	2352790
			249120	2354958	248122	2355068
			249523	2353783	248516	2353785
			249172	2351323	248183	2351500
			249282	2352282	248277	2352394
			249261	2351904	248262	2351879
			249313	2352512	249190	2351521
			249396	2353242	248376	2353045

UBICACIÓN	TRANSECTO	VEGETACIÓN	COORDENADAS UTM 16Z-WGS84			
			INICIO		FINAL	
			X	Y	X	Y
FUERA DEL ÁREA DEL PROYECTO	T01		250424	2351510	251579	2351379
	T02		250516	2350964	250958	2349151
	T03		250831	2349661	250331	2349674
	T04		250350	2351519	248292	2351705
	T05		250015	2352898	249198	2355770
	T06		249378	2357211	249260	2356363
	T07		243408	2352786	243616	2353771
	T10		249936	2353032	249334	2352701
	T12		249340	2357158	247280	2357278
	T13		243470	2354315	245711	2354624
	T14		243412	2352770	245394	2352655
	T15		243065	2347596	243277	2349621

- **Puntos de conteo**

Se decidió colocar puntos de conteo sobre el área buffer destinada a la línea de transmisión debido a la extensión que presenta. Se establecieron doce puntos de conteo de acuerdo con las condiciones del terreno y la vegetación (*Cuadro 58, Figura 116*). Los puntos de conteo presentan una distancia mínima de 500 metros.

Cuadro 58. Coordenadas de los puntos de conteo realizados para la colecta de datos de avifauna dentro del sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub.

UBICACIÓN	PUNTO	VEGETACIÓN	COORDENADAS UTM 16Z-DATUM WGS84	
			X	Y
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)	DENTRO DEL ÁREA DEL PROYECTO	PC01	246391	2352544
		PC02	243379	2352769
		PC03	241970	2352739
		PC04	241322	2351863
		PC05	239894	2349919
		PC06	234915	2347253
		PC07	232741	2347309
		PC08	228910	2347288
		PC09	228190	2347106
		PC10	227672	2346956
		PC11	227071	2347041
		PC12	226859	2347731

- **Estación de captura con redes de niebla**

Para este proyecto, se establecieron tres estaciones de captura con redes de niebla (*Cuadro 59, Figura 116*). Fueron colocadas ocho redes de niebla en cada estación, las cuales se instalaron antes del amanecer y se operaron durante cuatro horas al día. De esta manera, se cubrieron 92 horas-red de operación de la estación.

Cuadro 59. Coordenadas de las estaciones de captura con redes de niebla para la colecta de datos de avifauna dentro del sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub.

UBICACIÓN		ESTACIÓN	RED	VEGETACIÓN	COORDENADAS UTM 16Z-DATUM WGS84	
					X	Y
SISTEMA AMBIENTAL REGIONAL (SAR)	FUERA DEL ÁREA DEL PROYECTO	RD01	1		251091	2348768
			2		251111	2348764
			3		251130	2348758
			4		251152	2348754
			5		251169	2348750
			6		251188	2348745
			7		251200	2348740
			8		251215	2348737
		RD02	1		250355	2351520
			2		250337	2351519
			3		250320	2351517
			4		250289	2351518
			5		250269	2351527
			6		250248	2351534
			7		250231	2351535
			8		250207	2351533
	DENTRO DEL ÁREA DEL PROYECTO	RD03	1		243447	2352774
			2		243463	2352771
			3		243476	2352771
			4		243492	2352772
			5		243507	2352772
6				243521	2352773	
7				243532	2352774	

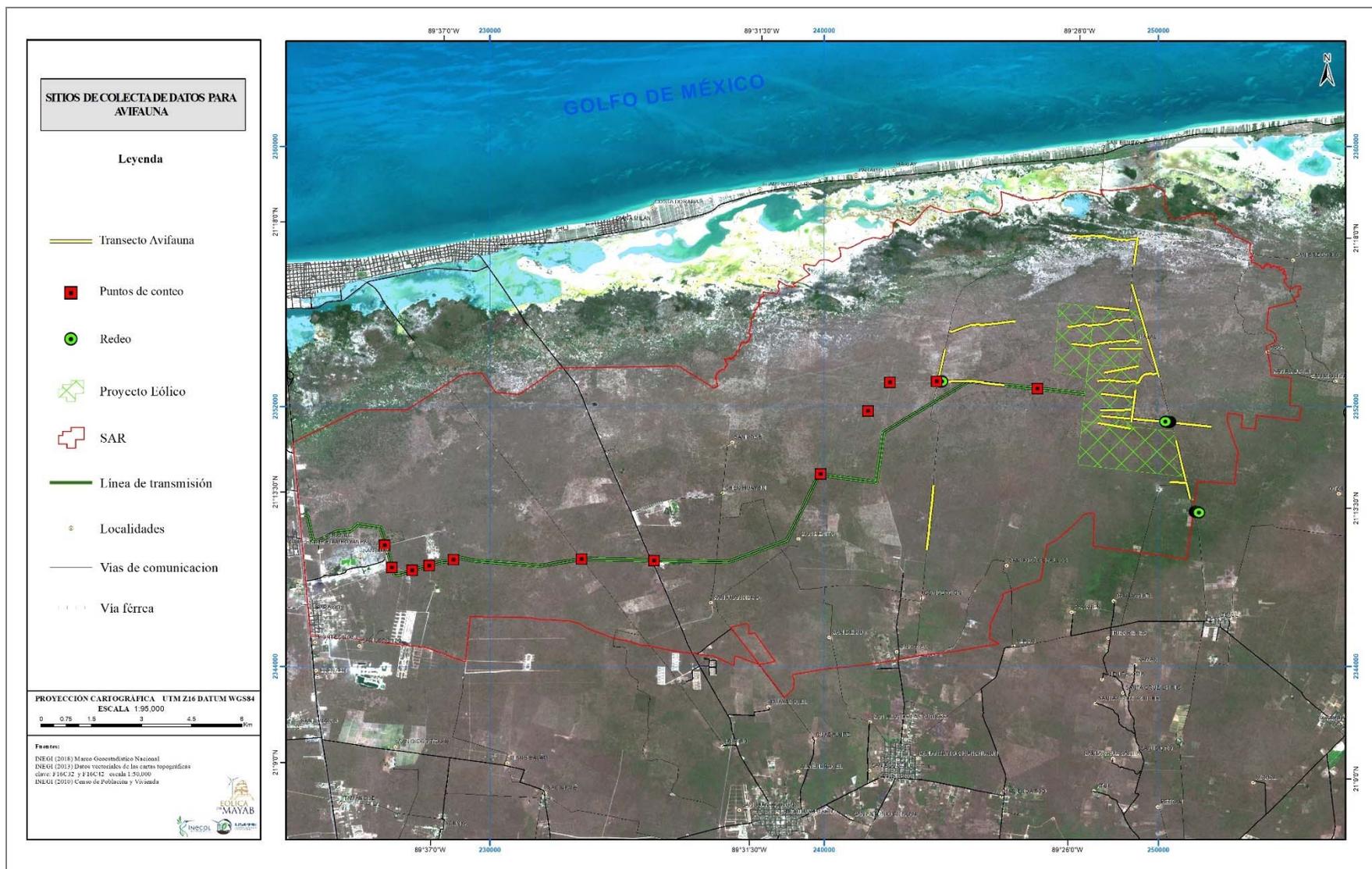


Figura 116. Ubicación geográfica de los sitios de colecta para la toma de datos de avifauna dentro del proyecto eólico Chicxulub.

Análisis de la riqueza, estructura y diversidad de la comunidad

» **Riqueza y abundancia**

En relación con levantamiento de datos llevado a cabo en el sistema ambiental regional, se conformó un listado de 103 especies registradas, pertenecientes a 18 órdenes y 39 familias; con el propósito de tener mejor representada la riqueza de especies se anexaron los datos provenientes del monitoreo anual llevado a cabo en el área del proyecto, con esto, se tiene que la riqueza es de 185 especies, pertenecientes a 21 órdenes y 49 familias (*Cuadro 60*). El método de transectos fue donde se obtuvo la mayor riqueza con 149 especies, en los puntos de conteo se registraron 40 especies, en redeo se registraron 21 especies y 31 especies se registraron *Ad libitum*. Del total de especies 61 se comparten entre métodos, 104 especies se registraron solo en transectos, siete especies se registraron solo en puntos de conteo, una especie se registraron sólo en redeo y 11 especies se registraron solo *Ad libitum*. Cabe mencionar que en las cámaras trampa utilizadas para el monitoreo de mamíferos se registraron cinco especies de aves, una de ellas (*Aramides albiventris*) se sumó al listado debido a que no fue registrada de otra forma (*Figura 117*).

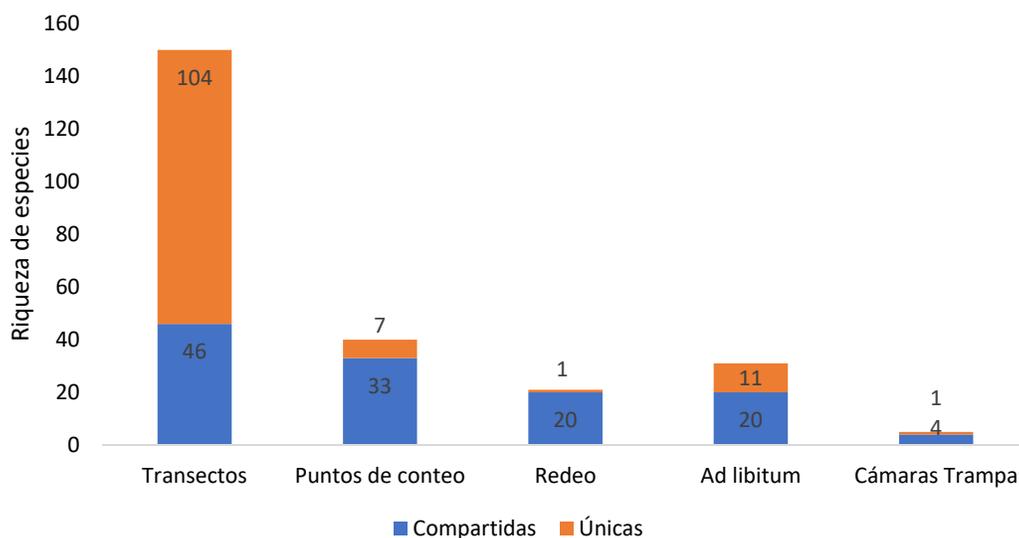


Figura 117. Representación de la riqueza de especies registrada por métodos de colecta en el sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub.

Las familias que presentaron mayor número de especies fueron la de los chipes y los mosqueros (*Parulidae* y *Tyrannidae*, respectivamente), seguida por las calandrias (*Icteridae*), los gavilanes (*Accipitridae*), los picos gruesos (*Cardinalidae*), las palomas (*Columbidae*) y las golondrinas (*Hirundinidae*; *Figura 118*). Del total de familias presentes 22 solo registraron una especie.

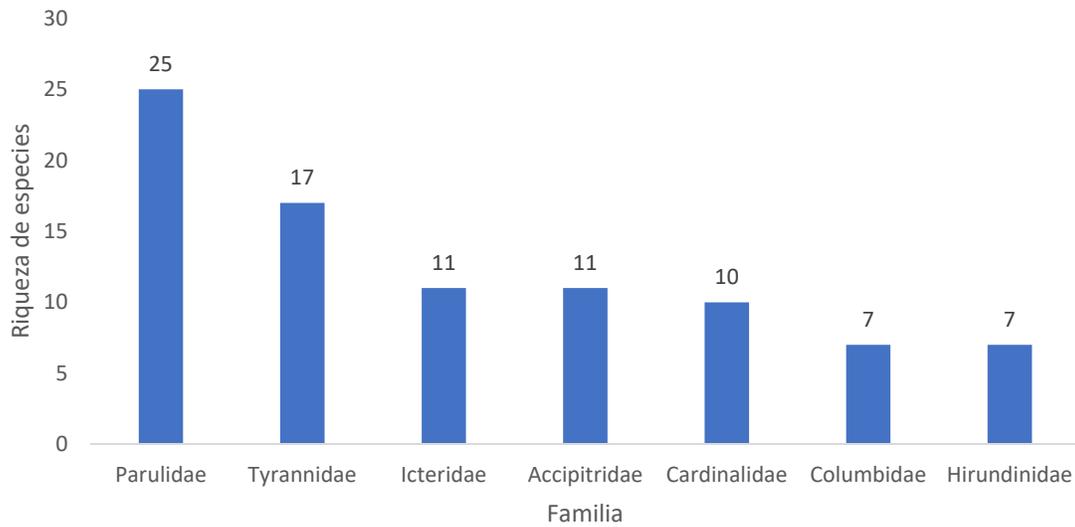


Figura 118. Familias más representativas dentro del estudio de avifauna llevado a cabo en sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub.

Respecto a la abundancia de individuos registrados, se consideró únicamente el método de transectos, se realizó el conteo de 5,171 registros en total. De manera particular, las especies más abundantes en el sistema ambiental regional fueron la chachalaca vetula (*Ortalis vetula*) con 166 registros, la tórtola coquita (*Columbina passerina*) con 113 registros, la gaviota tijereta (*Hirundo rustica*) con 106 registros, el cardenal nortero (*Cardinalis cardinalis*) con 100 registros y la Chara yucateca (*Cyanocorax yucatanicus*) con 100 registros (Figura 119).

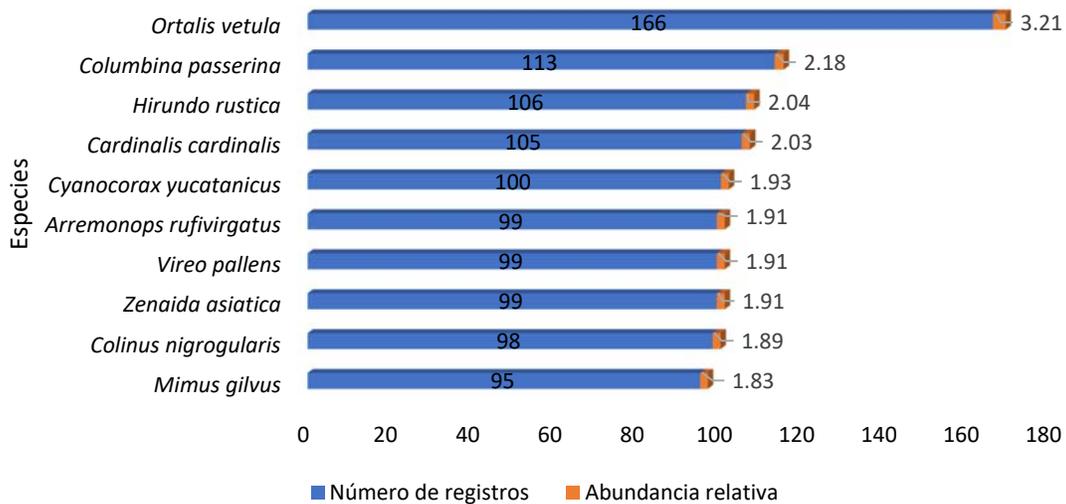


Figura 119. Especies de aves con mayor número de registros y abundancia relativa (a manera de porcentaje) registrados en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.

Cuadro 60. Listado de especies de aves registradas en la colecta de datos del sistema ambiental regional y el área del proyecto eólico Chicxulub.

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú canelo	T	R	Pr	LC	
Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije alablanca	A	R		LC	
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	Chachalaca vetula	T	R		LC	
Galliformes	Odontophoridae	<i>Colinus nigrogularis</i>	Codorníz yucateca	T	R		LC	
Galliformes	Phasianidae	<i>Meleagris ocellata</i>	Guajolote ocelado	T	R	A	NT	
Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Zambullidor menor	A	R	Pr	LC	
Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i>	Paloma de collar	T	It		LC	
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina passerina</i>	Tórtola coquita	T	R		LC	
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tórtola rojiza	T	R		LC	
Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma arroyera	T	R		LC	
Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila jamaicensis</i>	Paloma caribeña	T	R		LC	
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alablanca	T	R		LC	
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida macroura</i>	Paloma huilota	T	I		LC	
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Cuclillo canela	T	R		Lc	
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Coccyzus americanus</i>	Cuclillo pico amarillo	T	R		LC	
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Coccyzus minor</i>	Cuclillo manglero	T	R		LC	
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Geococcyx velox</i>	Correcaminos tropical	T	R		LC	
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	T	R		LC	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	T	R		LC	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles minor</i>	Chotacabras zumbón	T	T		LC	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Chotacabras pauraque	T	R		LC	
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctiphrynus yucatanicus</i>	Pachacua yucateca	T	R		LC	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Antrostomus badius</i>	Tapacaminos yucateco	T	R		LC	
Apodiformes	Apodidae	<i>Chaetura pelagica</i>	Vencejo de chimenea	T	T		LC	
Apodiformes	Apodidae	<i>Chaetura vauxi</i>	Vencejo de Vaux	T	R		LC	
Apodiformes	Trochilidae	<i>Anthracothorax prevostii</i>	Colibrí garganta negra	T	R		LC	II
Apodiformes	Trochilidae	<i>Doricha eliza</i>	Colibrí cola hendida	T	R	P	NT	II
Apodiformes	Trochilidae	<i>Archilochus colubris</i>	Colibrí garganta rubí	T	I		LC	II
Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorostilbon canivetii</i>	Esmeralda de Canivet	T	R		LC	II
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>	Colibrí yucateco	T	R		LC	II
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	Colibrí canela	T	R		LC	II
Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides albiventris</i>	Rascón cuello gris	A	R		LC	
Charadriiformes	Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Candelerero americano	A	R		LC	
Charadriiformes	Jacanidae	<i>Jacana spinosa</i>	Jacana norteña	A	R		LC	
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris minutilla</i>	Playero chichicuilote	A	I		LC	
Ciconiiformes	Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña americana	A	I	Pr	LC	
Suliformes	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Fragata magnífica	A	CR		LC	
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán oliváceo	A	R		LC	
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax auritus</i>	Cormorán orejudo	A	R		LC	
Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	Pelícano blanco	A	I		LC	
Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano pardo	A	R		LC	
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	A	R		LC	
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	Garceta pie dorado	A	R		LC	
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	Garceta azul	A	I		LC	
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	A/T	R		LC	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	Garceta verde	A	R		LC	
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	Pedrete corona clara	A	R		LC	
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Platalea ajaja</i>	Espátula rosada	A	I		LC	
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	R	R		LC	
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	R	R		LC	
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Cathartes burrovianus</i>	Zopilote sabanero	R	R	Pr	LC	
Accipitriformes	Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>	Zopilote rey	R	R	Pr	LC	I
Accipitriformes	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>	Gavilán pescador	R	I		LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Gavilán pico gancho	R	R	Pr	LC	I
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Gavilán caracolero	R	R	Pr	LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoospiza caerulescens</i>	Gavilán zancudo	R	R	A	LC	
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Aguililla negra menor	R	R	Pr	LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus urubitinga</i>	Aguililla negra mayor	R	R	Pr	LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	Aguililla caminera	R	R		LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Aguililla cola blanca	R	R	Pr	LC	
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo plagiatus</i>	Aguililla gris	R	R		LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	Aguililla cola corta	R	R		LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albonotatus</i>	Aguililla aura	R	I	Pr	LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	R	I		LC	II
Strigiformes	Tytonidae	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	R	R		LC	II
Strigiformes	Strigidae	<i>Megascops guatemalae</i>	Tecolote vermiculado	T	R		LC	II
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	Búho cornudo	R	R	A	LC	II
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Tecolote bajoño	R	R		LC	II

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogón cabeza negra	T	R		LC	
Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus lessonii</i>	Momoto corona azul	T	R		LC	
Coraciiformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	Momoto ceja azul	T	R		LC	
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megaceryle alcyon</i>	Martín pescador norteño	A	I		LC	
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes pygmaeus</i>	Carpintero yucateco	T	R		LC	
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	Carpintero cheje	T	R		LC	
Piciformes	Picidae	<i>Picoides scalaris</i>	Carpintero mexicano	T	R		LC	
Piciformes	Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero lineado	T	R		LC	
Falconiformes	Falconidae	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón guaco	R	R		LC	
Falconiformes	Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Halcón selvático de collar	R	R	Pr	LC	II
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>	Caracara quebrantahuesos	R	R		LC	II
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	R	I			II
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco columbarius</i>	Halcón esmerejon	R	I		LC	II
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	R	I	Pr	LC	I
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	Perico pecho sucio	T	R	Pr	NT	II
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	T	R	Pr	LC	II
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco	T	R	A	LC	II
Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i>	Batará barrado	T	R		LC	
Passeriformes	Furnariidae	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Trepatroncos bigotudo	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Camptostoma imberbe</i>	Mosquero lampiño	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>	Elenia vientre blanco	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Oncostoma cinereigulare</i>	Mosquero pico curvo	T	R		LC	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Mosquero ojos blancos	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>	Papamoscas del este	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax virescens</i>	Mosquero verdoso	T	T		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax minimus</i>	Mosquero mínimo	T	I		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero cardenal	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus yucatanensis</i>	Papamoscas yucateco	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Papamoscas triste	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Papamoscas tirano	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Luis bienteveo	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Megarynchus pitangua</i>	Luis pico grueso	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	Luis gregario	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus couchii</i>	Tirano silbador	T	R		LC	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tirano dorso negro	T	T		LC	
Passeriformes	Tityridae	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	Mosquetón cabezón degollado	T	R		LC	
Passeriformes	Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	Titira enmascarada	T	R		LC	
Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Vireón ceja rufa	T	R		LC	
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo griseus</i>	Vireo ojos blancos	T	I		LC	
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	Vireo manglero	T	R	Pr	LC	
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo flavifrons</i>	Vireo garganta amarilla	T	I		LC	
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	Vireo ojo rojo	T	T		LC	
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo flavoviridis</i>	Vireo verdeamarillo	T	R		LC	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Chara verde	T	R		LC	
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	Chara yucateca	T	R		LC	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Progne subis</i>	Golondrina azul negra	T	T		LC	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta bicolor</i>	Golondrina bicolor	T	I		LC	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina aliserrada	T	R		LC	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Riparia riparia</i>	Golondrina ribereña	T	T		LC	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina risquera	T	T		LC	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Petrochelidon fulva</i>	Golondrina pueblera	T	R		LC	
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	T	T		LC	
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Chivirín saltapared	T	R		LC	
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín yucateco	T	R		LC	
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus yucatanicus</i>	Matraca yucateca	T	R	P	LC	
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Pheugopedius maculipectus</i>	Chivirín moteado	T	R		LC	
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Uropsila leucogastra</i>	Chivirín vientre blanco	T	R		LC	
Passeriformes	Poliophtilidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	Perlita azul gris	T	I		LC	
Passeriformes	Poliophtilidae	<i>Poliophtila albiloris</i>	Perlita pispirria	T	R		LC	
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus fuscescens</i>	Zorzal rojizo	T	T		LC	
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson	T	T		LC	
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo	T	R		LC	
Passeriformes	Mimidae	<i>Melanoptila glabriorostris</i>	Mauillador negro	T	R	Pr	NT	
Passeriformes	Mimidae	<i>Dumetella carolinensis</i>	Mauillador gris	T	I		LC	
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Centzontle tropical	T	R		LC	
Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	Eufonia garganta negra	T	R		LC	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Passeriformes	Passerellidae	<i>Arremonops rufivirgatus</i>	Rascón oliváceo	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Amblycercus holosericeus</i>	Cacique pico largo	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus prosthemelas</i>	Calandria caperuza negra	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus cucullatus</i>	Bolsero encapuchado	T	I		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>	Bolsero dorso dorado	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus mesomelas</i>	Bolsero cola amarilla	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	Bolsero de Altamira	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo sargento	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojo rojo	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	T	R		LC	
Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate mexicano	T	R		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Seiurus aurocapilla</i>	Chipe suelero	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Helmitheros vermivorum</i>	Chipe gusanero	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Parkesia noveboracensis</i>	Chipe charquero	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Vermivora chrysoptera</i>	Chipe ala dorada	T	T		NT	
Passeriformes	Parulidae	<i>Vermivora cyanoptera</i>	Chipe ala azul	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Mniotilta varia</i>	Chipe trepador	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Protonotaria citrea</i>	Chipe dorado	T	T		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Oreothlypis peregrina</i>	Chipe peregrino	T	T		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Oreothlypis celata</i>	Chipe corona anaranjada	T	O		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis poliocephala</i>	Mascarita pico grueso	T	R		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis trichas</i>	Mascarita común	T	I		LC	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis formosa</i>	Chipe patilludo	T	T		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga citrina</i>	Chipe encapuchado	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i>	Chipe flameanta	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga cerulea</i>	Chipe c�eruleo	T	T		VU	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga americana</i>	Parula norte�a	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga magnolia</i>	Chipe de magnolia	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga fusca</i>	Chipe garganta naranja	T	T		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Chipe amarillo	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga pensylvanica</i>	Chipe flanco casta�o	T	T		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga palmarum</i>	Chipe playero	T	R		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga dominica</i>	Chipe garganta amarillo	T	I		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga discolor</i>	Chipe de pradera	T	T		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga virens</i>	Chipe dorso verde	T	T		LC	
Passeriformes	Parulidae	<i>Vireo philadelphicus</i>	Vireo de Filadelfia	T	I		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	T�ngara roja	T	I		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Piranga olivacea</i>	T�ngara escarlata	T	T		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cardinalis cardinalis</i>	Cardenal norte�o	T	R		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Picogordo pecho rosa	T	I		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Granatellus sallaiei</i>	Granatelo yucateco	T	R		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cyanocompsa parellina</i>	Color�n azul negro	T	R		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina caerulea</i>	Picogordo azul	T	I		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina cyanea</i>	Color�n azul	T	I		LC	
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina ciris</i>	Color�n sietecolores	T	I		NT	

ORDEN	FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	HÁBITOS	ESTAC.	NOM-059	UICN	CITES
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Spiza americana</i>	Arrocero americano	T	T		LC	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero brincador	T	R		LC	
Passeriformes	Passerellidae	<i>Tiaris olivaceus</i>	Semillero olivaceo	T	R		LC	
Passeriformes	Passerellidae	<i>Sporophila torqueola</i>	Semillero de collar	T	R		LC	
Hábitos: T=Terrestre, A=Acuática, R=Rapaz Estacionalidad: R=Residente, I=Invernante, T=Transitoria, O=Ocasional, It=Introducida, CR=Colonias reproductivas NOM-059: Pr=Protección especial, A=Amenazada, P=Peligro de extinción IUCN: LC=Preocupación menor, NT=Casi amenazada, VU=Vulnerable CITES II=Especies en posible peligro, I=Especies en peligro de extinción								

» **Estacionalidad y hábitos**

Del total de especies registradas, 122 son residentes durante todo el año (66%) y 39 residentes de invierno o invernantes (21%), 22 transitorias (12%), una introducida (0.5%) y una ocasional (0.5%). De estas especies observadas, 140 presentan hábitos terrestres (76%), 19 acuáticas (10%), una con hábitos terrestres y acuáticos (0.5%) y 25 aves rapaces (13.5%; *Figura 120*).

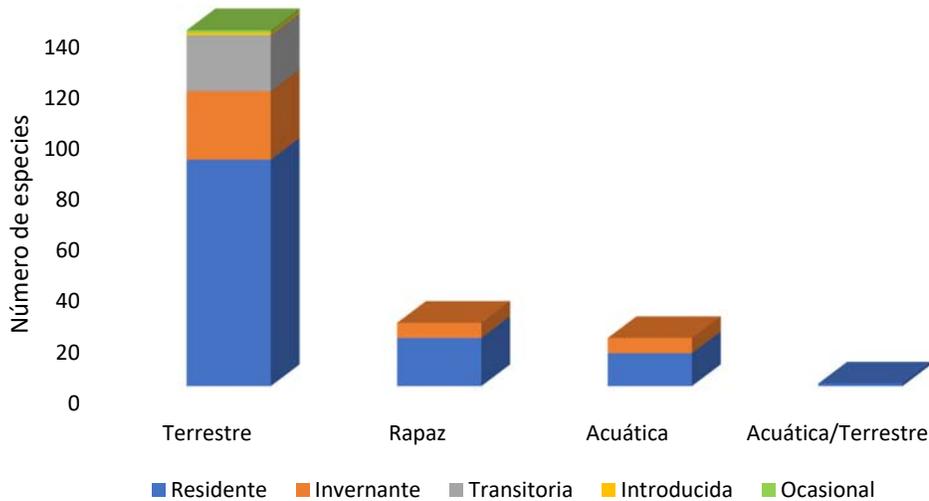


Figura 120. Hábitos y estacionalidad de las especies de aves registradas en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.

» **Curva de acumulación de especies**

La riqueza de especies obtenida con los métodos realizados durante el levantamiento de datos del Proyecto Chicxulub fue de 185 especies. Para obtener la eficiencia de la colecta de información, se construyó una curva de acumulación de especies (Colwell, 2013), se utilizaron los datos del monitoreo anual (abril-marzo) y el muestreo de mayo, de modo que cada muestreo en la curva corresponde a un mes de datos. Se obtuvo una gráfica (*Figura 121*) que muestra las especies observadas (S Obs), los valores de las especies estimadas (S Est) y, los valores del estimador no paramétrico Chao 2, el cual se basa en datos de abundancias (Moreno, 2001). El valor que se estima para el Chao 2 es de 183 especies, por lo que la representatividad de la colecta de información en campo es de 94% (173 especies). Esto indica que la representatividad de las especies para la zona de estudio fue alta.

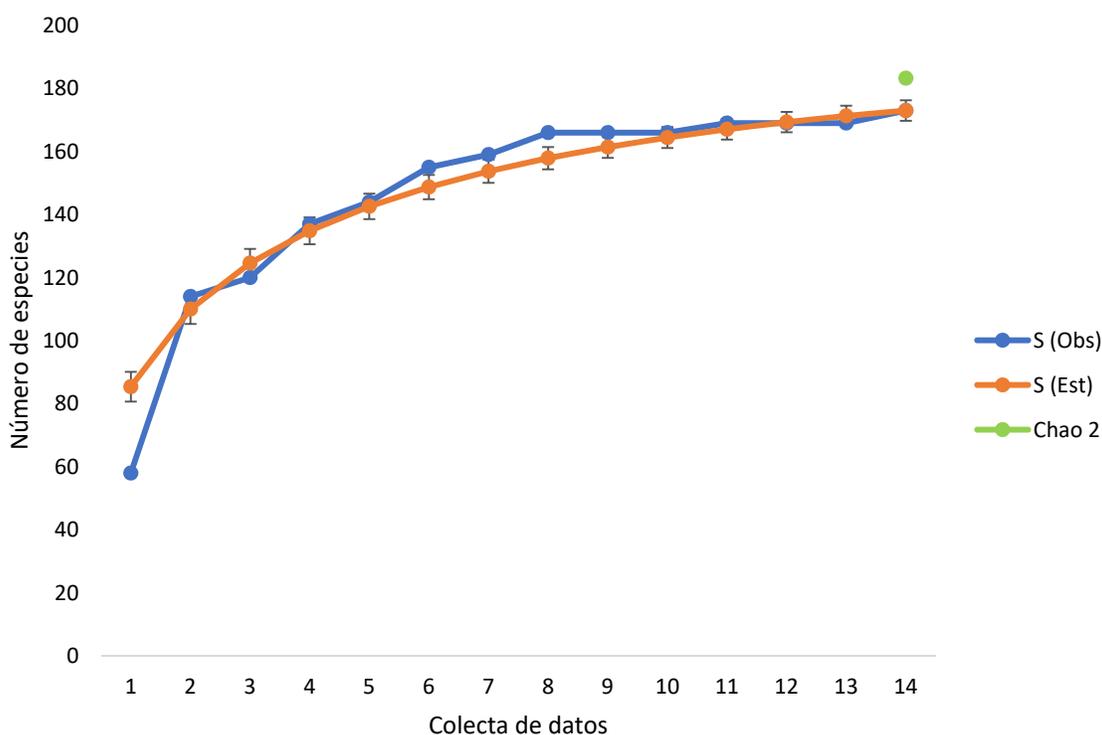


Figura 121. Curva de acumulación de especies de aves registradas en el área del SAR del proyecto eólico Chicxulub.

» **Diversidad alfa**

La diversidad alfa a nivel del área de influencia (SAR y área del proyecto) fue de 185 especies. Para realizar el análisis de diversidad, se consideraron solamente 173 especies de las que se pudo registrar abundancia, correspondientes a las especies detectadas en transectos, redes de niebla y puntos de conteo. El índice de diversidad a nivel del sistema ambiental regional dio como resultado un valor de 96.15 especies efectivas; es decir, la diversidad de especies de esa comunidad de aves equivaldría a 96.15, si todas las especies tuvieran la misma abundancia.

Para comparar la diversidad entre el área del proyecto y el sistema ambiental regional se utilizaron los datos obtenidos por el equipo de INECOL-USPRAE mediante el método de transectos. La diversidad alfa dentro del área del proyecto es de 51 especies. Se obtuvo la diversidad verdadera para esta área, se encontró una diversidad de 34.61 especies efectivas, explicada bajo el mismo esquema. El sistema ambiental regional presenta una diversidad alfa de 74 especies, para este valor se estimó una diversidad verdadera de 34.09 especies efectivas (Cuadro 61). Con respecto a los tipos de vegetación, la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC) fue quien presentó mayor diversidad verdadera, 38.58 especies efectivas. La sabana presentó el menor valor de diversidad verdadera, 15.74 especies efectivas (Cuadro 62).

Cuadro 61. Índice de diversidad verdadera que representa la diversidad alfa de aves en el sistema ambiental regional, así como dentro y fuera del área del proyecto eólico Chicxulub.

SITIO	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD VERDADERA
Sistema ambiental regional	173	5155	96.15
Dentro del proyecto	51	260	34.61
Fuera del proyecto	74	767	34.09

Cuadro 62. Índice de diversidad verdadera que representa la diversidad alfa de aves por tipos de cobertura vegetal en el área de influencia.

TIPO DE VEGETACIÓN	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD VERDADERA
VSAR SBEC	63	523	38.58
VSA SBEC	46	316	25.16
SABANA	33	207	15.74

VSAR SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia
 VSA SBEC: Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia
 SABANA: Vegetación de sabana

» Diversidad beta

El análisis de diversidad beta, para obtener el grado de semejanza en la riqueza de especies entre los diferentes sitios de colecta de datos dentro del área de influencia, se realizó con base en los transectos realizados por el equipo INECOL-USPAE, en la diversidad beta se comparó el área del proyecto con el sistema ambiental regional, el resultado de acuerdo con el índice de Sorensen indica que estos sitios son similares en un 69.8% (*Cuadro 63*). Por otra parte, se comparó la similitud de los tipos de vegetación, la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia y la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia fueron las que tienen mayor similitud de acuerdo con el índice de Sorensen, 71.4% (*Cuadro 64*).

Cuadro 63. Índice de similitud de Sorensen de la diversidad de aves en el área del proyecto y el sistema ambiental regional.

SITIO	RIQUEZA DE ESPECIES	ABUNDANCIA	SIMILITUD (ÍNDICE DE SORENSEN)
Área del proyecto	51	260	0.698%
SAR	74	767	

Cuadro 64. Matriz de similitud de Sorensen de la diversidad de aves por tipos de cobertura vegetal en el sistema ambiental regional y el área del proyecto.

TIPOS DE VEGETACIÓN	VSAR SBEC	VSA SBEC	SABANA
VSAR SBEC	*	0.714	0.457
VSA SBEC	*	*	0.429
SABANA	*	*	*

» Estado de protección y/o endemismo

Respecto a las especies con algún estado de protección por la normatividad ambiental, se tiene que 42 especies (23% del listado total registrado) se encuentran bajo alguna categoría (*Cuadro 65*). Dentro de éstas, 23 especies se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 17 están bajo protección especial (Pr), cuatro en categoría de amenazada (A), y dos están consideradas en peligro de extinción (P). En relación con la IUCN, la mayoría de las especies están catalogadas en preocupación menor, siete como casi amenazadas y una como vulnerable. Mientras que en la CITES, 29 especies se encuentran enlistadas, de las cuales, 26 están consideradas como especies en posible riesgo (*Apéndice II*) y tres consideradas como especies en peligro de extinción (*Apéndice I*).

Cuadro 65. Especies de aves registradas en el área del proyecto eólico Chicxulub con alguna categoría de protección.

FAMILIA	ESPECIE	NOM-059	IUCN	CITES
Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Pr	LC	
Phasianidae	<i>Meleagris ocellata</i>	A	NT	
Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>		LC	II
Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis</i>		LC	II
Trochilidae	<i>Anthracothorax prevostii</i>		LC	II
Trochilidae	<i>Archilochus colubris</i>		LC	II
Trochilidae	<i>Chlorostilbon canivetii</i>		LC	II
Trochilidae	<i>Doricha eliza</i>	P	NT	II
Podicipedidae	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Pr	LC	
Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	Pr	LC	
Cathartidae	<i>Cathartes burrovianus</i>	Pr	LC	
Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>	Pr	LC	I
Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i>		LC	II
Accipitridae	<i>Buteo albonotatus</i>	Pr	LC	II
Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>		LC	II
Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>		LC	II
Accipitridae	<i>Buteo plagiatus</i>		LC	II
Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	Pr	LC	II
Accipitridae	<i>Buteogallus urubitinga</i>	Pr	LC	II
Accipitridae	<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Pr	LC	I
Accipitridae	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Pr	LC	II
Accipitridae	<i>Geranospiza caerulescens</i>	A	LC	II
Accipitridae	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Pr	LC	II

FAMILIA	ESPECIE	NOM-059	IUCN	CITES
Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>		LC	II
Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	A	LC	II
Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>		LC	II
Strigidae	<i>Megascops guatemalae</i>		LC	II
Tytonidae	<i>Tyto alba</i>		LC	II
Falconidae	<i>Caracara cheriway</i>		LC	II
Falconidae	<i>Falco columbarius</i>		LC	II
Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	Pr	LC	I
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>		LC	II
Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	Pr	LC	II
Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	Pr	LC	II
Psittacidae	<i>Amazona xantholora</i>	A	LC	II
Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	Pr	NT	II
Mimidae	<i>Melanoptila glabrirostris</i>	Pr	NT	
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus yucatanicus</i>	P	NT	
Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	Pr	LC	
Parulidae	<i>Setophaga cerulea</i>		VU	
Parulidae	<i>Vermivora chrysoptera</i>		NT	
Cardinalidae	<i>Passerina ciris</i>		NT	

NOM-059: Pr=Protección especial, A=Amenazada, P=En peligro de extinción
 IUCN: LC=Preocupación menor, NT=Casi amenazadas, VU=Vulnerable
 CITES: I=Especies en peligro de extinción, II=Especies en posible riesgo

Del total de especies registradas, 11 son especies endémicas de la península de Yucatán. Además, cuatro son considerados como cuasi-endémicas de la Península (La codorniz yucateca, el carpintero yucateco, el chivirín yucateco y la paloma caribeña), lo que significa que son especies que tienen la mayor parte de su distribución en México, con pocas poblaciones marginales en algún país colindante (Meiners y Hernández, 2007; Cuadro 66). Se elaboró un mapa de la distribución de los registros de especies endémicas y especies catalogadas en la NOM-059 (Figura 122).

Cuadro 66. Especies endémicas registradas en el sistema ambiental regional del proyecto eólico Chicxulub.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
<i>Colinus nigrogularis</i>	Codorniz yucateca	Endémica
<i>Meleagris ocellata</i>	Guajolote ocelado	Endémica
<i>Nyctiphrynus yucatanicus</i>	Pachacua yucateca	Endémica

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	ENDEMISMO
<i>Antrostomus badius</i>	Tapacaminos yucateco	Endémica
<i>Leptotila jamaicensis</i>	Paloma caribeña	Endémica
<i>Doricha eliza</i>	Colibrí cola hendida	Endémica
<i>Bubo virginianus mayensis</i>	Búho cornudo	Endémica
<i>Melanerpes pygmaeus</i>	Carpintero yucateco	Endémica
<i>Amazona xantholora</i>	Loro yucateco	Endémica
<i>Myiarchus yucatanensis</i>	Papamoscas yucateco	Endémica
<i>Thryothorus ludovicianus</i>	Chivirín yucateco	Endémica
<i>Campylorhynchus yucatanicus</i>	Matraca yucateca	Endémica
<i>Uropsila leucogastra</i>	Chivirín vientre blanco	Endémica
<i>Melanoptila glabrirostris</i>	Mauillador negro	Endémica
<i>Icterus auratus</i>	Bolsero yucateco	Endémica

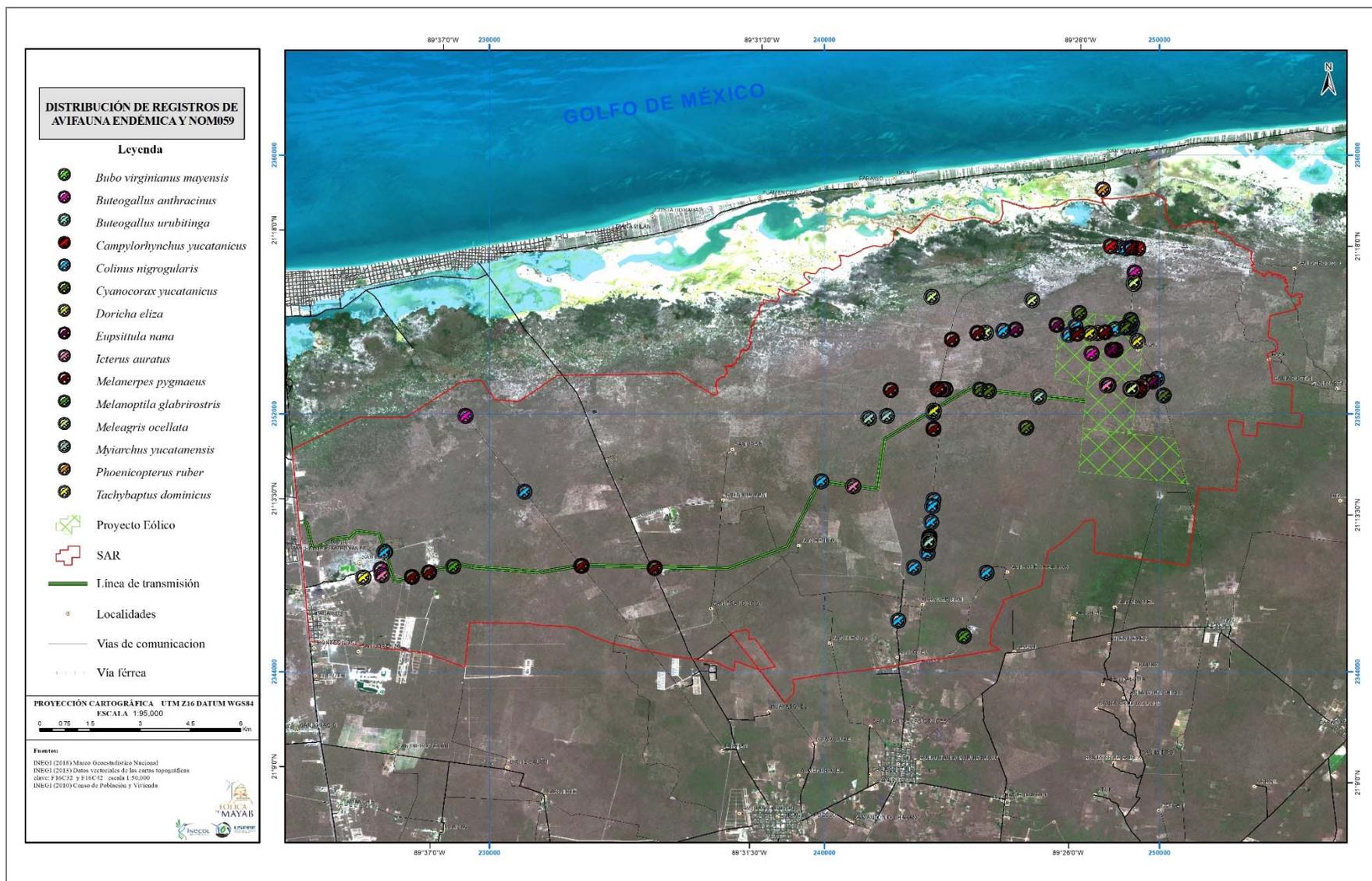


Figura 122. Distribución de registros de avifauna endémica y catalogada en la NOM-059, en el sistema ambiental regional y el área del proyecto eólico Chicxulub.

» Áreas de alimentación y/o anidación

Durante la visita al área de influencia, fue posible observar diferentes recursos alimenticios que son utilizados por los colibríes que fueron registrados, como *Agave angustifolia*, *Agave fourcroydes* (henequén), *Cnidoscolus sp.*, *Malvaviscus arboreus*, *Euphorbia sp.*, *Caesalpinia sp.* e *Ipomoea carnea*. Para la especie *Doricha eliza* se ha registrado que especies del género *Ipomoea* (Convolvulaceae) son un importante recurso en la Península de Yucatán (Ortíz-Pulido *et al.*, 2002). También se observaron individuos del género *Icterus* alimentándose del fruto de *Leucaena sp.*, conocida comúnmente como guaje.

Por otro lado, respecto al uso del área de influencia como sitio de reproducción, fue notoria la presencia de nidos abandonados por diversas partes del área, lo que refleja que es una zona que las aves ocupan activamente durante la temporada reproductiva (*Figura 123*). Los nidos fueron registrados mientras se realizaban los transectos y durante el desplazamiento en el sitio, debido a que no hubo una actividad destinada solamente a búsqueda de nidos. Algo relevante, fue la identificación de nidos de *Campylorhynchus yucatanicus*, especie endémica de la Península de Yucatán, catalogada como en peligro de extinción (P) de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana No 059 y enlistada por la IUCN como una especie casi amenazada (NT). Los nidos de la matraca yucateca son como cuevas, totalmente cubiertos, con una entrada lateral de forma cilíndrica (Vargas 2008, *Figura 124*). Otro caso relevante fue el registro de un nido de *Meleagris ocellata*, especie endémica de la Península de Yucatán, catalogada como amenazada (A) por la Norma Oficial Mexicana No 059 y enlistada como una especie casi amenazada (NT) por la IUCN. El nido de pavo ocelado se registró en un ecotono de sabana y vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia, en la parte norte del sistema ambiental regional (*Figura 125*).



Figura 123. Distribución de nidos registrados dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.



Figura 124. Nido de matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*), especie endémica, catalogada en peligro de extinción (NOM-059) y casi amenazada (IUCN), registrada en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.



Figura 125. Nido de pavo ocelado (*Meleagris gallopavo*), especie endémica, catalogada como amenazada (NOM-059) y casi amenazada (IUCN), registrado en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.

» Importancia ecológica y/o económica

Las aves tienen un importante papel ecológico, se consideran indicadores biológicos de la salud ambiental. Desempeñan un papel fundamental como dispersores de semillas y como polinizadores de numerosas especies de plantas, fungen además como controladores de plagas de insectos. De las especies registradas en campo, destacan el colibrí cola hendida (*Doricha eliza*; endémico), el colibrí yucateco (*Amazilia yucatanensis*) y el colibrí esmeralda de Canivet (*Chlorostilbon canivetii*) como polinizadores, los cuales fueron observados visitando activamente plantas con flores dentro del sistema ambiental regional. Especies como el loro frente blanca (*Amazona albifrons*) y el perico pecho sucio (*Eupsittula nana*), son importantes dispersores de semillas, al igual que especies como los bolseros o calandrias, pertenecientes al género *Icterus*.

Por otra parte, de las aves detectadas en la colecta de datos del presente proyecto, se ubicaron 15 especies que pueden tener alguna importancia económica por su valor como alimento, como ave canora o por su belleza visual. En un estudio realizado en la zona de la Península, se consideran con valor cinegético especies comunes como la chachalaca vetula (*Ortalis vetula*), la codorniz yucateca (*Colinus nigrogularis*), el guajolote o pavo ocelado (*Meleagris ocellata*), la paloma ala blanca (*Zenaida asiática*), la tórtola coquita (*Columbina passerina*) y la paloma arroyera (*Leptotila*

verreauxi). Con valor de ave de ornato y canora, se contempla al loro frente blanca (*Amazona albifrons*), el centzontle tropical (*Mimus gilvus*), la chara yucateca (*Cyanocorax yucatanicus*), el semillero oliváceo (*Tiaris olivaceus*), el colorín azul negro (*Cyanocompsa parellina*), el colorín azul (*Passerina cyanea*), el colorín sietecolores (*Passerina ciris*), el bolsero cola amarilla (*Icterus mesomelas*), el bolsero de Altamira (*Icterus gularis*), el cardenal norteño (*Cardinalis cardinalis*), entre otros (Pasos, 2006; Del Pont, 1997).

» Análisis de riesgo de colisión

Se realizó un monitoreo anual dentro del área del proyecto a través de estaciones fijas de observación, donde se registró las especies que volaron y sus alturas de vuelo, para evaluar el riesgo de colisión. A partir de la información recabada durante este tiempo se pudieron obtener los siguientes datos. Se registraron 77 especies de aves, pertenecientes a 25 familias. La familia más representativa fue la de las aguilillas y gavilanes (Accipitridae), seguido de las golondrinas (Hirundinidae). La especie que tuvo el mayor número de registros fue la paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*), seguida del zopilote aura (*Cathartes aura*) y el zopilote negro (*Coragyps atratus*, Cuadro 67).

Cuadro 67. Especies con mayor número de registros en vuelo, dentro del área del proyecto.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	NÚMERO DE REGISTROS
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alas blancas	4088
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote aura	1903
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote negro	1041
<i>Eupsittula nana</i>	Perico pecho sucio	623
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	417
<i>Chaetura vauxi</i>	Vencejo de Vaux	301
<i>Progne subis</i>	Golondrina azul negra	260
<i>Amazona albifrons</i>	Loro frente blanca	199
<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tirano dorso negro	183
<i>Buteo brachyurus</i>	Aguililla cola corta	109

Con el propósito de evaluar el riesgo de colisión, se elaboraron cuatro categorías de altura con respecto a los datos del aerogenerador (237 metros de altura aproximadamente). Altura uno, comprende del nivel de suelo hasta el punto más bajo de las aspas (0-87m); altura dos, del punto más bajo del aspa al centro del rotor (87-162 m); altura tres, del centro del rotor al punto más alto del aspa (162-237 m); altura cuatro, arriba del punto más alto del aspa. La altura uno, representa un riesgo de colisión bajo, la altura dos y tres representa un riesgo de colisión alta, y la altura cuatro no representa riesgo de colisión.

Se obtuvieron un total de 9902 registros, el 87.2% (8635 registros) se observó en altura uno, es decir con riesgo de colisión bajo. El 12% (1,188 registros) se observó en alturas dos y tres, lo que representa un riesgo de colisión alto. El restante 0.8% (79 registros) se observó en altura cuatro, sin riesgo de colisión (Figura 126). La paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) fue la especie que tuvo mayor número de registros en altura uno, el zopilote negro (*Coragyps atratus*) fue la especie que se registró un mayor número de veces tanto en altura dos, como en altura tres. La fragata magnífica (*Fregata magnificens*) fue la especie con mayor número de registros en altura cuatro (Figura 127).

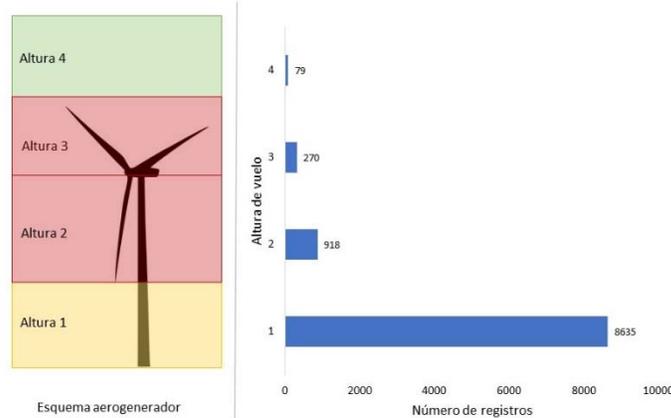


Figura 126. Número de registros de especies de aves y altura de vuelo con respecto al aerogenerador propuesto en el proyecto eólico Chicxulub.

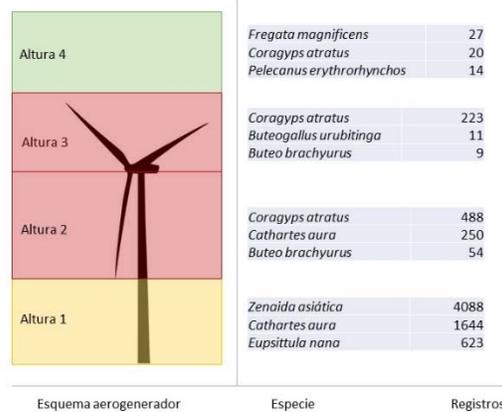


Figura 127. Especies con mayor número de registros en las distintas alturas de vuelo con respecto al aerogenerador propuesto en el proyecto eólico Chicxulub.

El zopilote negro (*Coragyps atratus*) y el zopilote aura (*Cathartes aura*) fueron las especies que volaron durante más tiempo sobre el área del predio. Con base en estos datos se corrió un modelo para estimar el riesgo de colisiones para estas especies. Se obtuvo que para ambos casos el riesgo de colisión es muy bajo, alrededor de 0.02 colisiones por año (Anexo).

Se compararon los datos de las especies registradas en temporada de secas y en temporada de lluvias en las estaciones fijas de observación. Durante la temporada de lluvias se registraron 79 especies y 7199 registros, mientras que en la temporada de secas se registraron 41 especies y 2757 registros. Una de las principales preocupaciones con respecto al sistema ambiental regional y el área del proyecto es la presencia de aves acuáticas en la temporada de lluvias. Con el propósito de evaluar la variación de especies de aves acuáticas se graficó el número de registros entre las dos temporadas. La temporada de lluvias presenta 11 especies, en comparación la temporada de secas; el número de registros en total no muestra diferencias (Figura 128).

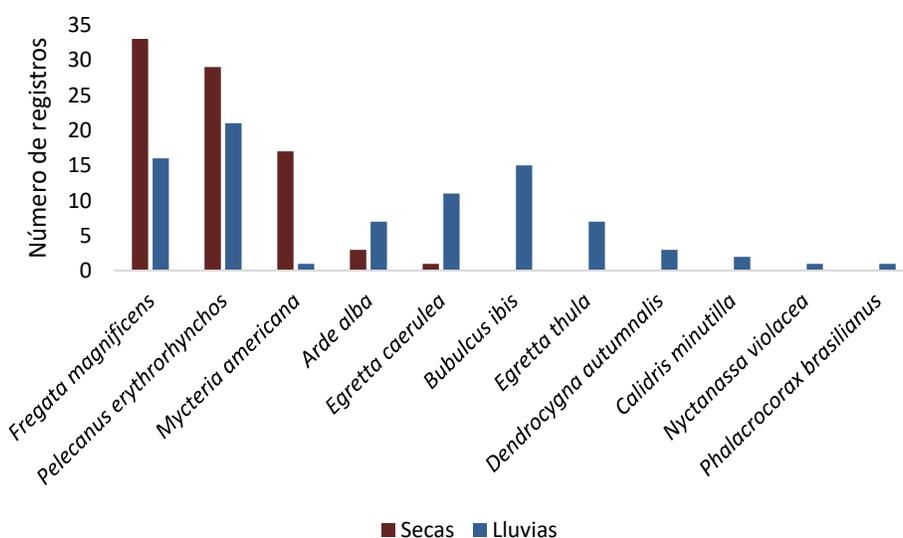


Figura 128. Comparación de los números de registros de las especies de aves acuáticas presentes en el área del proyecto.

» Migración

Un aspecto importante sobre la avifauna en el área de influencia es el fenómeno migratorio. En México, se reconocen cuatro principales rutas de migración. Una de estas rutas, la que cruza el Golfo de México hasta o a través de la Península de Yucatán, es la más comúnmente seguida por las aves migratorias del este de Norteamérica que pasan el invierno en Centroamérica (Rappole y Ramos, 1994; Rappole, 2000; Figura 129).

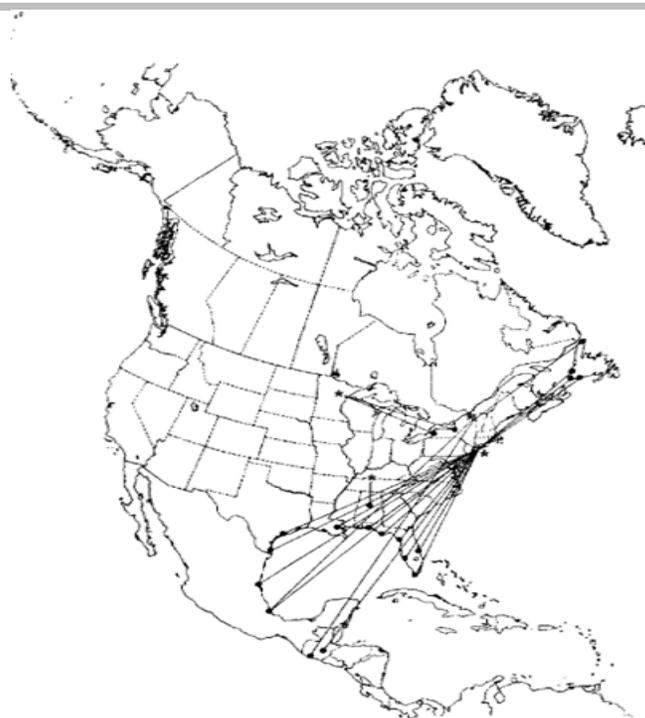


Figura 129. Ruta migratoria de aves circundante al Golfo de México (Rappole, 2000).

Discusión y Conclusiones

El número de especies de aves registradas en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub corresponde al 39% de la riqueza que se tiene contemplada para el estado de Yucatán y el 59% de las especies que potencialmente pueden ocurrir tan sólo en la parte norte del Estado de Yucatán, donde se contempla el desarrollo del Proyecto. Si se compara esta cifra con estudios realizados en las reservas federales y estatales cercanas al área de influencia, se tiene que la avifauna registrada comprende del 40 al 100% de la riqueza reportada, e.g. 385 especies Ría Lagartos (SEMARNAT, 2007), 304 especies Ría Celestún (SEMARNAT, 2002) y 148 especies Dzilam (SEDUMA, 2006). Las familias más representativas en el estudio fueron Parulidae y Tyrannidae, hecho que también se ha reportado en estudios cercanos al área (Hernández, 2005).

Las especies más abundantes dentro del área de influencia (Chachalaca vetula, tórtola coquita, gaviota tijereta) fueron especies que tienen amplia distribución sobre el golfo de México y ocupan variedad de hábitats subtropicales que van desde paisajes con alto grado de disturbio hasta hábitats naturales de manglares y bosques de tierras bajas (González-García 2001, López 2014). Del total de especies registradas el 66% son residentes y el 21% son migratorias, el porcentaje alto de especies migratorias se debe a que el área se ubica en una de las rutas migratorias más importantes del país (Ruelas, 2010).

Con base en los resultados de la curva de acumulación de especies y lo obtenido con el estimador no paramétrico Chao 2, se puede considerar que se detectó una alta riqueza (94%), por lo que el incremento de un seis por ciento indicaría mucho esfuerzo de muestreo, para detectar aquellas especies que generalmente son poco conspicuas, pero que complementan a la comunidad de aves. Con respecto a la diversidad alfa, fue alta a nivel del área de influencia, pero muy similar entre las áreas del proyecto y el SAR, la ventaja del uso de la diversidad verdadera es que nos permite comparar entre diversos sitios independientemente de las condiciones (Moreno *et al.*, 2011), por lo que, en este caso, se puede decir que la diversidad tanto en el SAR como dentro del proyecto no tiene diferencias, sin embargo, que sean igual de diversos no significa que tengan las mismas especies.

Para comparar precisamente el recambio de especies entre los sitios, se emplea la diversidad beta, para este caso, la similitud de los sitios es del 69%. Esto se explica debido a que el SAR tiene un mayor número de especies que no están presentes en el área del proyecto. En investigaciones realizadas cerca del área de estudio (Dzilám) se demostró que en las diferentes etapas de sucesión de selva baja caducifolia la similitud en riqueza y abundancia de aves puede ser similar (Guerrero, 2007), aunque en este análisis no se utilizó la vegetación para medir la diversidad beta, los resultados pueden sugerir que el recambio de especies encontrado estuvo en función de las características de cobertura vegetal. Las especies que se compartieron entre sitios son especies generalistas que se encuentran en diferentes tipos de hábitats y se adaptan a diferentes estados sucesionales de la vegetación (González, 2009), como la tórtola rojiza (*Columbina talpacoti*), la paloma alablanca (*Zenaida asiatica*), zopilote aura (*Cathartes aura*), garrapatero pijuy (*Crotophaga sulcirostris*), chachalaca vetula (*Ortalis vetula*), entre otros.

Lo que se consideró como área dentro del proyecto dentro del presente estudio, incluye el predio donde se instalarán los aerogeneradores y el área correspondiente a la línea de transmisión. Ambos se caracterizan por presentar en su mayoría cobertura de vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia, el área de la línea de transmisión al tener 28.59 kilómetros de longitud atraviesa zonas de vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia, pastizales y áreas desprovistas de vegetación. Las aves son organismos que se desplazan con mucha facilidad, además muchas especies utilizan sitios de ecotonos, áreas abiertas y ambientes ligeramente degradados debido a la disponibilidad de recursos en estas zonas (Ramírez-Albores 2010). Por esta razón, es posible que las especies estén en constante movimiento tanto dentro del área del proyecto (predio y línea de transmisión), así como en todo el SAR. Las líneas de transmisión pueden provocar cambios en el paisaje y su continuidad; este hecho incrementa las posibilidades de que la fauna voladora (principalmente aves) impacte sobre el tendido eléctrico (Drewitt y Langston, 2008). Se deberá tomar en cuenta que, para fines de evitar posibles problemáticas, el marcaje del tendido

eléctrico mediante dispositivos de alta visibilidad (disuasores), es uno de los métodos en la actualidad con mayor auge para reducir la colisión (Sporer *et al.*, 2013).

Respecto a especies detectadas dentro de una categoría de protección, se destaca el registro de 42 especies en normas nacionales e internacionales. Por otra parte, once de las especies registradas son endémicas de la Península de Yucatán, esta característica de alto número de especies protegidas y endémicas se debe en gran parte a las condiciones particulares climáticas y microclimáticas que se encuentran en la Península (Chablé y Pasos, 2010). Entre estas especies se encuentra el pavo o guajolote ocelado (*Meleagris ocellata*), especie de importancia ancestral para la cultura maya (Thornton *et al.*, 2012). Esta ave fue observada por diferentes partes del SAR y el área del proyecto. Esta especie se observó en grupos desde tres hasta ocho individuos, mostrando que es una importante ave residente. Además de la disminución progresiva de hábitat, la presión de caza es muy fuerte, situación confirmada por personas locales, lo que contribuye a la disminución de sus poblaciones. A lo largo de 20 años, la disminución de la abundancia local de esta especie ha sido de hasta 34.6% y, actualmente, el conocimiento sobre su actual distribución en la Península se desconoce, considerándola como una especie propensa a la extinción (Kampichler *et al.*, 2010).

Se avistaron, dos especies endémicas y catalogadas como amenazadas por la NOM-059, el búho cornudo (*Bubo virginianus mayensis*) y el loro yucateco (*Amazona xantholora*), que además están enlistadas en la CITES como especies en posible riesgo debido a su extracción de medio natural para venta en el mercado ilegal por ser especies atractivas (Chablé y Pasos, 2010). Aunado a esto, sus poblaciones están fuertemente afectadas por la fragmentación del hábitat (BirdLife International, 2018), una de las principales causas es la modificación del paisaje, lo que lleva a la reducción de su ya pequeño territorio.

En ese mismo sentido, otra especie endémica y además considerada en peligro de extinción es el colibrí cola hendida (*Doricha eliza*), aunque se tuvieron más registros fuera del área del proyecto, es una especie con alto grado de especialización. Esta especie, presenta una disyunción en la distribución geográfica, con una población en el centro de Veracruz y otra en la Península (Howell y Webb, 1995). La población de Veracruz se considera más vulnerable, sin embargo, la amenaza debido al desarrollo antropogénico en la Península puede provocar un aumento en su vulnerabilidad (Ortíz-Pulido *et al.*, 2002).

Otra especie igual de importante que las anteriores, es la matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*), especie endémica y catalogada en peligro de extinción por la NOM-059. La matraca yucateca tiene una distribución restringida a la línea de costa en la porción noroeste de la Península (Howell y Webb 1995). La matraca yucateca habita exclusivamente en el matorral costero, un hábitat con poca extensión y que también es considerado como raro, restringiéndose igualmente a

la línea costera antes mencionada. El matorral costero en la actualidad está siendo amenazado principalmente por el desarrollo de infraestructura hotelera y en menor medida por la colecta de leña y la tala (Vargas 2008).

Es importante mencionar que la parte norte del SAR tiene presente vegetación de manglar y zonas inundables. De acuerdo con los análisis del monitoreo de un año (anexo), no se observa incremento de especies acuáticas durante la temporada de lluvias. Sin embargo, dada su cercanía con el área del proyecto y la importancia de las aves presentes allí, es relevante continuar el monitoreo de estas poblaciones para asegurar que esto sea un patrón. Algunas especies acuáticas tienen conducta migratoria, lo que indicaría un riesgo en el vuelo en parvada durante la temporada invernante (Segovia *et al.*, 2010).

Las especies que presentan mayor riesgo de colisión (*Zenaida asiatica*, *Cathartes aura*, *Coragyps atratus*), tienen poblaciones abundantes, son generalistas, capaces de habitar en distintos ambientes y con una tasa reproductiva alta (BirdLife International 2018). Las principales amenazas de la disminución de las poblaciones de aves en la Península de Yucatán son la deforestación y los incendios inducidos, la agricultura no planificada, la ganadería en zonas inundables y la explotación inadecuada de recursos (Campos *et al.*, 2017). Debido a que se observaron especies de colibríes y de calandrias llevando a cabo actividades de alimentación (néctar y semillas), dentro del sistema ambiental regional, el manejo de estos ecosistemas se prevé como algo prioritario para la preservación y conservación de la diversidad de aves.

Recomendaciones

La mayoría de los nidos registrados estaban en estado de abandono, por ello, es necesario realizar actividades específicas para registrar más datos de esta condición y en los tiempos correspondientes a la temporada reproductiva. Una de las especies, de las cuales se identificaron nidos fue la matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*), esta especie, además de ser endémica se encuentra catalogada como en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059; es recomendable continuar con el monitoreo prestando atención para conocer el estado poblacional en que se encuentra la matraca yucateca, esta especie está restringida a los matorrales costeros de la Península. En esta misma situación, se encuentra el colibrí cola hendida (*Doricha eliza*), el pavo ocelado (*Meleagris ocellata*) y el loro yucateco (*Amazona xantholora*), especies endémicas y en categorías de riesgo que previ a cualquier modificación de su restringido hábitat se debería conocer su estatus poblacional. Igualmente es recomendable continuar con el monitoreo respecto al fenómeno migratorio pues la región se considera un importante lugar de paso y albergue de aves migratorias.

Mastofauna terrestre no voladora

Introducción

El estado de Yucatán, a pesar de ser considerada una zona de alta riqueza de especies, no es un área prioritaria por su endemismo a nivel nacional en cuanto a mamíferos se refiere. Sin embargo, algunas especies se han considerado endémicas de Mesoamérica como es el caso de *Heteromys gaumeri* (Sosa-Escalante *et al.*, 2013).

A nivel de entidades federativas, el estado de Yucatán ocupa el doceavo lugar en riqueza de especies con 128, de las cuales 85 son mamíferos terrestres no voladores (Sosa-Escalante *et al.*, 2014). La riqueza total de mamíferos representa el 84% de las especies registradas en la Península de Yucatán (Sosa-Escalante *et al.*, 2013) y el 23% de las especies reportadas para México (Ceballos & Arroyo-Cabrales, 2012). En años recientes, se han obtenido nuevos registros para la entidad como es el caso del *Tlacuatzin canescens* (Ibarra-González *et al.*, 2007)

Se han realizado varios estudios sobre la mastofauna en la zona norte del estado en algunas reservas como Dzilám, donde Sosa-Escalante (1994) reporta 38 especies de mamíferos terrestres no voladores. Entre ellas, se destaca la presencia de especies de interés para su conservación como el mono araña (*Ateles geoffroyi*), el jaguar (*Panthera onca*), el tigrillo (*Leopardus wiedii*), el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el tapir (*Tapirus bairdii*).

En dicha reserva también se han realizado varios estudios sobre diferentes aspectos ecológicos de algunas especies o grupos de mamíferos. Algunos de ellos se han centrado en roedores (Cime-Pool *et al.*, 2002; Cime-Pool, 2006; Cime-Pool *et al.*, 2010; Cime-Pool *et al.*, 2007). Otros trabajos con roedores se han enfocado en la abundancia de estos en diferentes ambientes en la Reserva de Cuxtal (Vázquez-Piña, 2011), así como fluctuaciones poblacionales de la comunidad de pequeños roedores en el Parque Nacional Dzibilchaltún (Meneses-Lazo, 2009). Por otra parte, existen pocas investigaciones concernientes a aspectos de historia natural y aspectos ecológicos de especies de mamíferos de talla mediana y grande (Zetina-Tejero, 2013; López-Coba, 2006).

Un aspecto importante sobre este grupo faunístico en el Estado de Yucatán sobre el que existen algunos estudios es la cacería, consumo y uso de las comunidades sobre la fauna, en especial mamíferos de talla grande y mediana. Trabajos realizados reportan especies que se distribuyen en el SAR, o han sido registradas en zonas adyacentes (Hernández-Betancourt *et al.*, 2010; Briceño-Méndez *et al.*, 2011).

Bajo este marco teórico, se presenta el presente apartado, el cual pretende describir la constitución de la comunidad de mamíferos terrestres no voladores en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub. Este estudio aporta información acerca de la riqueza de especies, estructura de la

comunidad, abundancia y diversidad alfa de este grupo faunístico, con el objetivo de identificar las especies con mayor sensibilidad al desarrollo del proyecto, así como describir los impactos posibles a corto, mediano y largo plazo, así como las medidas de mitigación de estos.

» Metodología

Trabajo de campo

Para el registro de las diferentes especies de mamíferos terrestres no voladores se utilizaron distintas técnicas de monitoreo, las cuales en términos generales se dividen en métodos directos e indirectos. Los métodos directos incluyen la observación directa de los animales, así como su captura (trampas Sherman y trampas Tomahawk), mientras que los métodos indirectos son aquellos donde los animales son registrados mediante fototrampeo, huellas, excretas, rascaderos, vocalizaciones u otros rastros. (Aranda 2000).

Para los objetivos del presente estudio se emplearon cuatro técnicas de monitoreo de mamíferos terrestres no voladores: 1) captura de mamíferos pequeños mediante uso de trampas tipo Sherman; 2) captura de mamíferos de talla mediana mediante trampas Tomahawk, 3) Fototrampeo para mamíferos de talla mediana y grande; y 4) transectos para observación directa y búsqueda de rastros.

- **Transectos**

Este método permite conocer la riqueza específica, densidad y abundancia relativa de determinado grupo faunístico en un sitio determinado (Aranda, 2000), mediante el establecimiento de recorridos en líneas predeterminadas y así poder establecer conteos de especies mediante la observación directa o la búsqueda de rastros, existen diversas variaciones dependiendo los objetivos del estudio (Amador 2010; Rudran *et al* 1996; Gallina & López-González, 2011). De acuerdo al enfoque de este trabajo, el cual pretende estimar la abundancia relativa de las especies y diversidad alfa (riqueza de especies), se establecieron transectos (en modalidad diurna y nocturna), con una longitud variable de 2 km aproximadamente. Para el registro de mamíferos medianos y grandes en los transectos, se buscaron zonas con senderos naturales con posibilidad de observar rastros (huellas, excretas, restos, pelos etc.) así como la observación directa de los organismos.

La duración de cada recorrido fue de dos horas como máximo y 40 minutos como mínimo, tanto en modalidad diurna y nocturna. Los recorridos diurnos se iniciaron entre a las 08:00 am y finalizaron a las 12:00 pm, mientras que los nocturnos se iniciaron entre las 18:00 pm y finalizaron a las 22:00 pm. Se geoposicionaron los puntos del inicio y final de cada recorrido. La determinación de rastros se realizó con base en Aranda (2000 y 2005) y para observaciones directas se consultó a Ceballos y Oliva (2005) y Reid (2008). Cada registro se contabilizó sólo una vez con el fin de estimar la

diversidad y la abundancia relativa de cada especie. Para el caso de la determinación de rastros se puso especial atención de no contabilizar dos veces algunos rastros (letrinas, excretas, etc.). Se tomó un registro fotográfico de cada especie cuando fue posible.

Trampas Tomahawk

De manera complementaria se utilizaron trampas tipo Tomahawk para el registro de mamíferos de talla mediana (González-Romero, 2011; Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015). El objetivo de este método fue el de complementar la riqueza de especies obtenidas mediante transectos, ya que, en algunos casos, algunos rastros observados durante los transectos pueden resultar confusos entre algunas especies. Este es el caso de las especies del género *Didelphis* y *Philander*, por lo que las trampas Tomahawk resultan adecuadas para su registro.

Se utilizaron de dos a una trampa Tomahawk por sitio de trabajo, separadas a una distancia entre 300 y 500 m. Las trampas fueron colocadas al atardecer y se cebaron con atún, georreferenciando su posición. Las trampas operaron por un periodo de dos noches en cada sitio, siendo revisadas a partir de las 7:00 am. A los individuos capturados se les manipuló mediante el uso de guantes de carnaza, para posteriormente proceder a la toma de datos morfométricos de rutina (longitud total, longitud de cola vertebral, longitud pata derecha, oreja derecha, sexo, edad, estado reproductivo). Luego fueron fotografiados y liberados en el sitio de captura. El esfuerzo de colecta fue medido como el número de trampas totales por el número de noches que estuvieron operando.

Foto trapeo

De manera adicional, se utilizaron cámaras trampa para la detección de mamíferos de talla mediana y grande. Esta técnica permite el registro fotográfico de especies raras y, al no ser invasivo, permite la estimación de tamaños poblacionales, así como densidad y otros parámetros ecológicos de diversas especies de mamíferos (López *et al.*, 2011). Se utilizaron cuatro cámaras trampa CuddeBack® modelo Attack IR, las cuales fueron colocadas en cada sitio de trabajo y estuvieron operando por dos días completos por sitio. Las trampas fueron colocadas a una distancia aproximada de 300 m cada una y se ubicaron en sitios o senderos naturales donde se encontraron rastros de actividad animal. Las trampas fueron atadas a árboles a una altura de 50 cm del suelo para poder registrar diversos tamaños corporales (López *et al.*, 2011). El esfuerzo de colecta fue medido como el número de fototampas totales por las noches que estas estuvieron operando.

Trampas Sherman

Para mamíferos pequeños se utilizó la captura mediante trampas tipo Sherman (Sánchez-Cordero, 2000; Jones *et al.*, 1996; Gallina & López-González, 2011; Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015). Se utilizó una línea de 50 trampas por cada sitio de trabajo. Las trampas se colocaron de manera lineal con una separación entre trampas de 10 m. Las trampas se colocaron al atardecer y se cebaron con

hojuelas de avena y esencia de vainilla. La estación de trampeo se dejó operando por dos noches consecutivas, siendo revisadas a partir de las 07:00 am. Cada línea de trampas fue marcada con cinta de color y geoposicionada en su inicio y final. Los individuos capturados fueron determinados a nivel de especie con apoyo de literatura especializada (Reid 2011; Hall 1981; Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015; Ceballos y Oliva 2005). A cada individuo se le tomó las medidas morfométricas correspondientes: longitud total, longitud cola vertebral, longitud pata derecha, longitud oreja derecha. Además, los especímenes fueron sexados, pesados y se tomó nota de su estado reproductivo y edad para posteriormente ser fotografiados y liberados en el mismo sitio de captura.

Análisis de datos

Los análisis de diversidad α fueron realizados basándose en el índice de diversidad verdadera (Moreno *et al.*, 2011), que incorpora el concepto de equidad para estimar la riqueza de especies.

En el grafico rango-abundancia las especies son ordenadas en secuencia de las más abundantes a lo largo del eje "X" y en el eje "Y" su abundancia relativa (n_i/N) en escala logarítmica en base 10 (\log_{10}) (Feinsinger 2003; Magurran, 2004).

» Resultados

Listado potencial de especies

Con el objetivo de elaborar un listado de especies de mamíferos terrestres no voladores con distribución potencial en el proyecto eólico Chicxulub, se procedió a una revisión de literatura especializada que sirvió como antecedente previo sobre los registros de las distintas especies presentes en el área.

Para la elaboración del listado de distribución potencial se consultó a Hall (1981), Ceballos & Oliva (2005), Ceballos & Arroyo-Cabrales (2012), Sosa-Escalante (1994), Hernández *et al.* (2016) y Sosa-Escalante *et al.* (2014). La nomenclatura taxonómica se basó de acuerdo a Ceballos & Arroyo-Cabrales (2012), mientras que el estado de conservación de las distintas especies se especificó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-SEMARNAT 2010), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2017) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017-3).

Derivado de la revisión bibliográfica, el listado potencial de mamíferos terrestres no voladores está compuesto por un total de 53 especies agrupadas taxonómicamente en 10 órdenes, 22 familias, 13 subfamilias y 45 géneros. El orden con mayor riqueza de especies es Rodentia (roedores) con 20 especies, seguido de Carnívora (carnívoros) con 17 especies. Otros órdenes con alta riqueza son los marsupiales (Didelphimorphia) con cinco especies, de ocho especies presentes en México, los ruminantes (Artiodactyla) con cuatro especies y los Primates (monos) con dos de las de las tres

especies encontradas en el territorio nacional (Ceballos & Arroyo-Cabrales, 2012). Del total de especies con distribución potencial tres son endémicas de México (*Tlacuatzin canescens*, *Handleyomys melanotis* y *Otonyctomys hattii*). Por su parte 16 especies, se encuentran listadas en alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059 SEMARNAT 2010. Del total de especies listadas en dicha norma, ocho se encuentran en la categoría de en peligro de extinción (P), cinco están categorizadas como amenazadas (A) y finalmente tres se encuentran en la categoría de protección especial (Pr). (Cuadro 68).

Cuadro 68. Número de especies de mamíferos terrestres no voladores con distribución potencial en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub, por orden, especies endémicas y listadas en la NOM-059 SEMARNAT 2010.

ORDEN	ESPECIES POTENCIALES	ENDÉMICAS	NOM-059 SEMARNAT 2010
Didelphimorphia	5	1	0
Cingulata	1	0	0
Pilosa	1	0	1 (P)
Soricomorpha	1	0	1 (Pr)
Primates	3	0	2 (P)
Lagomorpha	2	0	0
Rodentia	18	2	2 (A)
Carnívora	17	0	4 (P), 3 (A), 2 (Pr)
Artiodactyla	5	0	0
Perissodactyla	1	0	1 (P)
Total	53	3	16

NOM-059-SEMARNAT-2010: En Peligro de Extinción (P), Amenazada (A) y Protección especial (Pr).

» Trabajo de campo

Esfuerzo de colecta de datos

Transectos

Se realizó un total de 22 transectos en las diferentes unidades ambientales presentes en el Parque Eólico Chicxulub, de los cuales 11 correspondieron al Área del Proyecto (AP), incluyendo la línea de transmisión (LT); nueve de estos fueron en modalidad diurna y dos en modalidad nocturna, todos dentro de la unidad ambiental de vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC), ya que este tipo de vegetación es el que predomina en el AP. Los otros 11 transectos correspondieron al Sistema Ambiental Regional (SAR), siete en modalidad nocturna y cuatro diurnos. De estos, cinco se ubicaron dentro de la unidad ambiental VSAR SBEC, tres en la vegetación

de sabana (SABANA), dos en la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) y uno en la vegetación de manglar (MANGLAR).

Cada transecto tuvo una duración de dos horas y una distancia aproximada de 2 km. Así, el esfuerzo total fue 44 horas/hombre y una distancia total recorrida de 22 km (*Cuadro 69*). En la *Figura 130* se muestra la ubicación geográfica de los transectos realizados dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.

Cuadro 69. Coordenadas UTM de los transectos realizados para el registro de mamíferos terrestres no voladores dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.

ÁREA DE INFLUENCIA	TRANSECTO	INICIO		FINAL		MODALIDAD	UNIDAD AMBIENTAL
		X	Y	X	Y		
Área del Proyecto (AP)	1	249134	2354907	248540	2354970	Nocturno	VSAR SBEC
	2	248055	2354899	247021	2354771	Diurno	
	3	247080	2354701	248104	2354604	Diurno	
	4	249220	2354700	248137	2354439	Diurno	
	5	249303	2352700	248842	2352386	Diurno	
	6	249120	2354941	249471	2353885	Nocturno	
	7*	246268	2352550	247807	2352380	Diurno	
	8	247936	2353867	246953	2353979	Diurno	
	9*	228262	2347124	228910	2347089	Diurno	
	10*	225982	2348274	225519	2348783	Diurno	
	11	249280	2351505	248719	2351684	Diurno	
Sistema Ambiental Regional (SAR)	1	243062	2347612	243222	2349101	Nocturno	VSAR SBEC
	2	243376	2350847	243214	2351844	Nocturno	
	3	246066	2350821	246024	2351842	Diurno	
	4	250491	2352033	251473	2352347	Nocturno	
	5	244146	2345114	244523	2346389	Nocturno	
	6	243829	2354796	244023	2355783	Diurno	SABANA
	7	244561	2356175	246177	2356376	Nocturno	
	8	246305	2356268	243976	2355538	Diurno	VSA SBEC
	9	249678	2353505	250062	2352825	Diurno	
	10	249243	2356181	249218	2355921	Nocturno	
	11	243963	2356034	243757	2356929	Nocturno	MANGLAR

*: Transectos realizados sobre el trazo de la línea de transmisión (LT)

Trampas Sherman

En el *Cuadro 70* se muestran las coordenadas UTM de los sitios de captura mediante trampas Sherman, Tomahawk y Fototrampeo en el área del Parque Eólico Chicxulub. Para la captura de mamíferos pequeños, se establecieron cuatro sitios de trapeo (tres en el AP, incluyendo la línea de transmisión y una en el SAR), abarcando la unidad ambiental de VSAR SBEC. En cada estación de captura se colocaron 50 trampas Sherman, las cuales permanecieron operando por un periodo de dos noches consecutivas. El esfuerzo total de colecta para esta técnica fue de 400 trampas/noche.

TrampasTomahawk

En el caso de las trampas Tomahawk, se establecieron cinco sitios de trapeo, tres para el AP y dos para el SAR. Todas las estaciones de trapeo correspondieron a la unidad ambiental de VSAR SBEC. El esfuerzo total de colecta para esta técnica fue de 16 trampas/noche.

Fototrampas

Se establecieron siete estaciones de fototrampeo, cinco dentro del AP y dos en el SAR. Las estaciones que se ubicaron dentro del AP correspondieron a la unidad ambiental de VSAR SBEC y las que se ubicaron en el SAR correspondieron a las unidades ambientales de MANGLAR y SABANA. Las cámaras permanecieron operando durante un periodo de dos noches consecutivas.

El esfuerzo total acumulado para este método fue 26 fototrampas/noche. En la *Figura 131* se muestran las estaciones de fototrampeo.



Figura 130. Sitios de colecta mediante el método de transectos, para el registro de mamíferos terrestres no voladores dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.

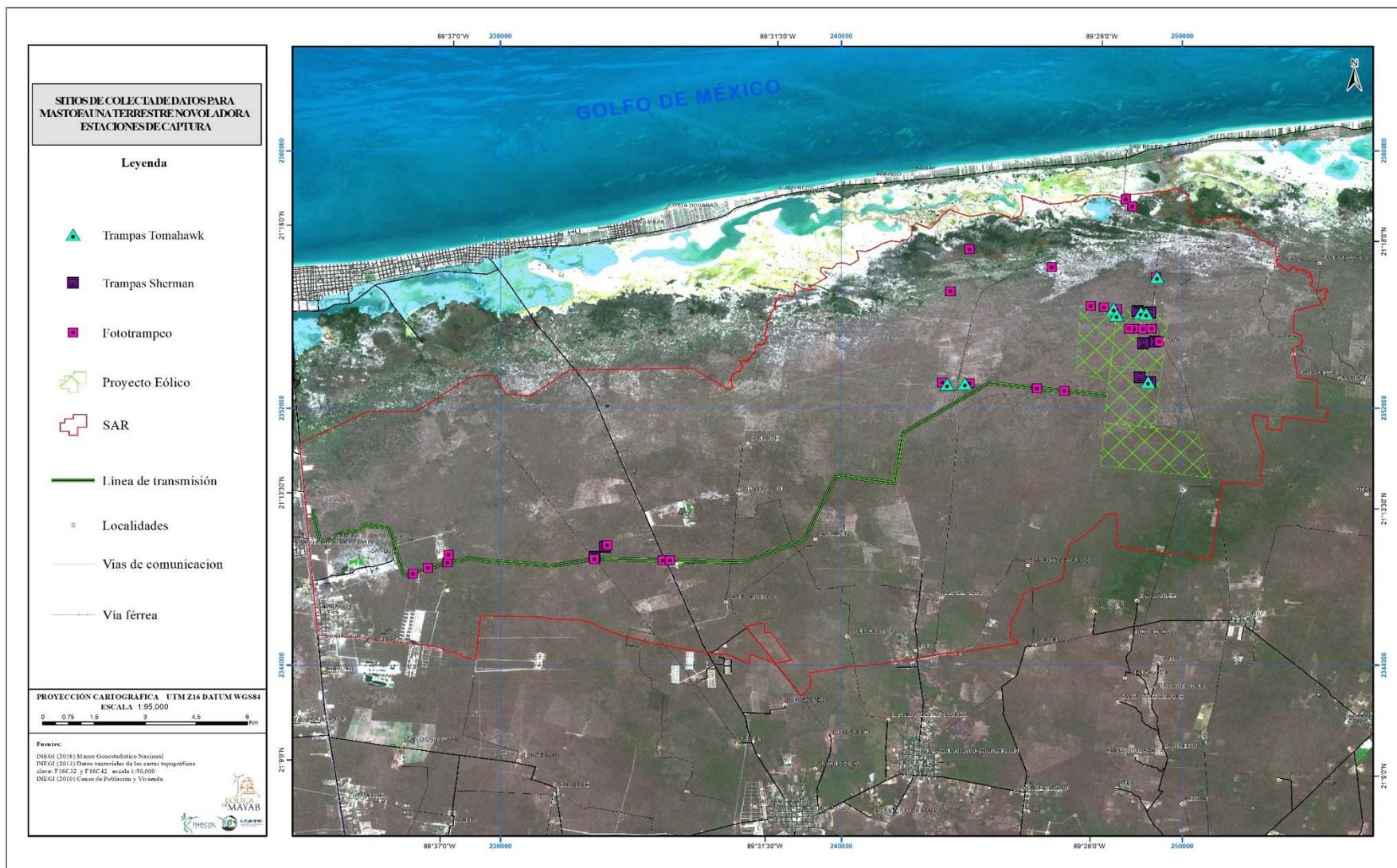


Figura 131. Sitios de colecta de datos mediante trampas Sherman, Tomahawk y cámaras de trampa, para el registro de mamíferos terrestres no voladores dentro del área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.

Cuadro 70. Coordenadas UTM de las trampas tipo Sherman, Tomahawk y Foto trampas ubicadas en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.

MÉTODO	ÁREA	SITIO	INICIO		FINAL		UNIDAD AMBIENTAL
			X	Y	X	Y	
Trampas Sherman	AP	1	249063	2354960	248693	2355004	VSAR SBEC
		2	249060	2352796	248759	2352947	
		3	249214	2354050	248860	2354009	
	SAR	4	232762	2347363	233078	2347685	
Trampas Tomahawk	AP	1	X		Y		VSAR SBEC
			249005	2352807			
		2	248078	2354882			
			248078	2355087			
		3	248788	2354960			
			248944	2354929			
	SAR	4	243628	2352760			
			243106	2352731			
		5	249266	2356070			
Fototrampas	AP	1*	227871	2347024			
			228451	2347194			
			227437	2346841			
			228482	2347433			
		2*	234765	2347260			
			234979	2347262			
			232750	2347299			
			233128	2347733			
		3*	242957	2352786			
			243760	2352767			
			245743	2352610			
			246543	2352526			
		4	248448	2354468			
			249097	2354470			
			248848	2354449			
			248588	2354461			
		5	248536	2358267			

MÉTODO	ÁREA	SITIO	INICIO		FINAL		UNIDAD AMBIENTAL
			X	Y	X	Y	
			249238		2356069		
			249332		2354064		
			248350		2358483		
	SAR	6	247318		2355160		MANGLAR
			247705		2355122		
			243757		2356929		
		7	248084		2355069		SABANA
			243204		2355627		
			246177		2356376		

*: Sitios sobre el trazo de la línea de transmisión (LT), AP: Área del Proyecto, SAR: Sistema Ambiental Regional, y VSAR SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.

Análisis de la riqueza, estructura y diversidad de la comunidad

Riqueza

Como resultado de la combinación de todas las técnicas de campo descritas con anterioridad, se obtuvo un registro total de 65 individuos de mamíferos terrestres no voladores agrupados taxonómicamente en 16 especies, cuatro órdenes, 12 familias, 10 subfamilias y 15 géneros (*Cuadro 71*).

El orden con mayor riqueza de especies fue Carnívora (carnívoros) con siete especies, seguido de Rodentia (roedores) con seis y Artiodactyla (rumiantes) con dos. El orden Lagomorpha (conejos y liebres), estuvo representado por una sola especie (*Figura 132*). La riqueza observada representa el 30.18% de las especies con distribución potencial ($S=53$).

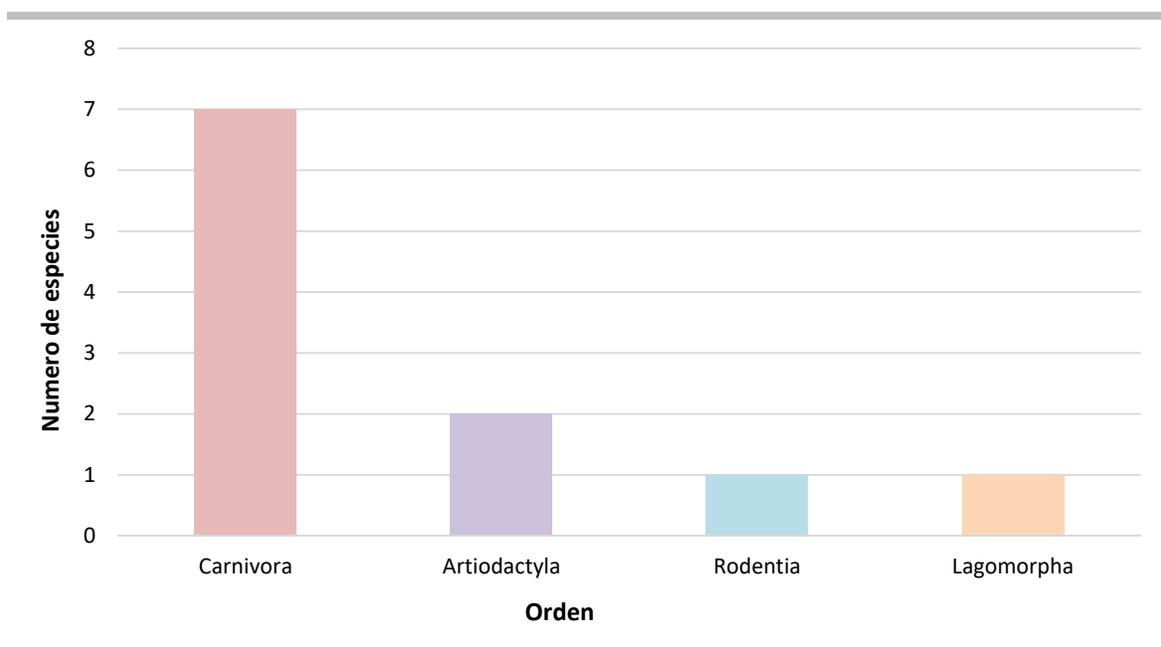


Figura 132. Número de especies de mamíferos terrestres no voladores por orden registradas en el área del proyecto eólico Chicxulub.

De los 65 individuos de mamíferos terrestres no voladores registrados en el área del Parque Eólico Chicxulub, 32 correspondieron al Área del Proyecto (AP), es decir, a la unidad ambiental de vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC); con dos especies exclusivas: el viejo de monte (*Eira barbara*) y el ratón espinoso (*Heteromys gaumeri*), lo anterior muestra una mayor dependencia por parte de estas especies hacia las condiciones presentes en la VSAR SBEC, el resto de las especies estuvieron compartidas con el SAR.

Para el Sistema Ambiental Regional se registraron 33 individuos pertenecientes a 14 especies (un individuo y tres especies más que en el AP). Las especies que resultaron ser exclusivas del SAR fueron: el mapache (*Procyon lotor*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), el ratón cosechero (*Reithrodontomys gracilis*), el ratón casero (*Mus musculus*) y el conejo de monte (*Sylvilagus floridanus*). En el SAR existe mayor heterogeneidad en cuanto a las unidades ambientales (SABANA, MANGLAR, VSAR SBEC y VSA SBEC), por lo cual, los organismos registrados presentan un mayor grado de plasticidad y preferencia hacia los diferentes ambientes presentes en el SAR.

Abundancia

En el *Cuadro 71* se pueden observar las especies con mayor abundancia, el coati (*Nasua narica*) resulto ser la especie más abundante con 12 individuos, lo que representó el 18.46% del total de mamíferos no voladores registrados. El ratón ciervo yucateco (*Peromyscus yucatanicus*), por su parte, fue la segunda especie más abundante con 10 individuos (15.38%), el venado cola blanca

(*Odocoileus virginianus*) con siete, (10.77%). La ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) y la zorrilla gris (*Urocyon cinereoargenteus*) obtuvieron seis individuos cada una (9.23%), el ratón de patas blancas (*Peromyscus leucopus*) registró cinco individuos (7.69%), el coyote (*Canis latrans*) y el conejo de monte (*Sylvilagus floridanus*) estuvieron representados por 3 individuos respectivamente (4.62%).

Cinco especies estuvieron representadas por dos individuos (3.08%), entre los que destacan por su rareza el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el viejo de monte (*Eira barbara*); por último, tres especies de roedores estuvieron representadas por un solo individuo (1.54%); esta tendencia se puede apreciar en la curva rango-abundancia (Figura 134), donde, el eje de las X representa el orden de abundancia relativa (de mayor a menor) de cada especie, y el eje Y representa el valor relativo de la proporción de muestras.

Cuadro 71. Listado de especies de mamíferos terrestres no voladores registrados en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.

ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TIPO DE REGISTRO	NÚMERO DE INDIVIDUOS			%
						AP	SAR	TOTAL	
Carnivora	Canidae	Caninae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	Tr	1	2	3	4.62
			<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	Tr, FT, TH	3	3	6	9.23
	Felidae	Felinae	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	FT	1	1	2	3.08
	Mustelidae	Mustelinae	<i>Eira barbara</i>	Cabeza de viejo	FT	2	0	2	3.08
	Mephitidae		<i>Spilogale angustifrons</i>	Zorrillo manchado	Tr	1	1	2	3.08
	Procyonidae	Procyoninae	<i>Nasua narica</i>	Coatí	Tr	11	1	12	18.46
<i>Procyon lotor</i>			Mapache	Tr, FT	0	2	2	3.08	
Artiodactyla	Cervidae	Odocoileinae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Tr	3	4	7	10.77
	Tayassuidae		<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	Tr	0	2	2	3.08
Rodentia	Sciuridae	Sciurinae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	Ardilla yucateca	Tr	3	3	6	9.23
	Heteromyidae	Heteromyinae	<i>Heteromys gaumeri</i>	Ratón espinoso	SH	1	0	1	1.54
	Cricetidae	Neotominae	<i>Peromyscus leucopus</i>	Ratón de patas blancas	SH	2	3	5	7.69
			<i>Peromyscus yucatanicus</i>	Ratón ciervo yucateco	SH	4	6	10	15.38

ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TIPO DE REGISTRO	NÚMERO DE INDIVIDUOS			%
						AP	SAR	TOTAL	
			<i>Reithrodontomys gracilis</i>	Ratón cosechero	SH	0	1	1	1.54
	Muridae	Murinae	<i>Mus musculus</i>	Ratón casero	SH	0	1	1	1.54
Lagomorpha	Leporidae	Leporinae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo de monte	Tr	0	3	3	4.62
Tr: Transecto; SH: Trampas Sherman; TH: Trampas Tomahawk; FT: Foto trampas y AR: Abundancia relativa.					Total	32	33	65	100%

En la *Figura 133* se muestra el número de especies registradas por método. Los transectos fueron los más efectivos para el registro de la riqueza de especies con siete, seguido de las trampas Sherman con la captura de cinco especies; las trampas cámara registraron fotografías de cuatro especies de mamíferos terrestres, dos de ellas difíciles de observar por sus hábitos: el ocelote (*Leopardus pardalis*) con dos individuos, uno para el AP y uno para el SAR y el viejo de monte (*Eira barbara*), también con dos individuos, ambos dentro del AP y se infiere que podría ser una pareja reproductora ya que se logró obtener un archivo de video donde se aprecia a los dos ejemplares. La zorrilla gris (*Urocyon cinereoargenteus*) también fue captada en dos eventos y el mapache (*Procyon lotor*), con solo un individuo fotografiado. Dentro de los transectos se agruparon todas aquellas observaciones directas (avistamientos) e indirectas (huellas, excretas etc.).

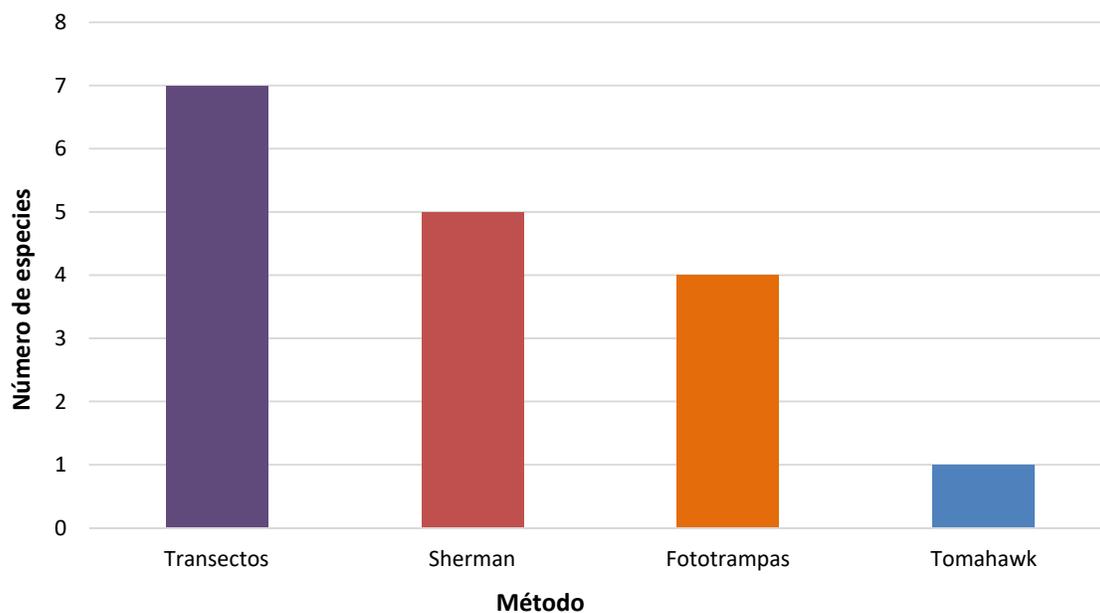


Figura 133. Número de especies de mamíferos terrestres no voladores registradas por método en el área del Parque Eólico Chicxulub.

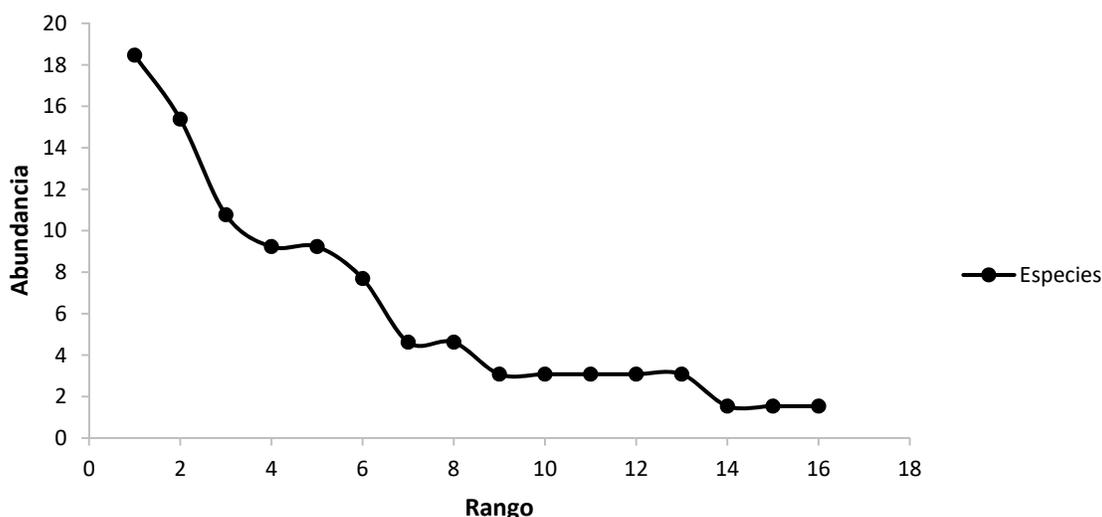


Figura 134. Curva rango-abundancia de las especies registradas mediante diferentes técnicas de campo en el área del Parque Eólico Chicxulub I.

Gremios alimenticios, tipo de locomoción y afinidad geográfica

Con el objetivo de caracterizar la comunidad de mamíferos terrestres no voladores encontrados en el área del Parque Eólico Chicxulub, se midieron algunos atributos del ensamble de especies como son: el tipo de locomoción, gremios alimenticios (Robinson & Redford, 1986) y afinidades geográficas (Ceballos & Arroyo-Cabrales, 2012; Ceballos & Oliva, 2005), para así, poder identificar aspectos de la comunidad que indiquen la importancia ecológica de las especies y determinar que especies son más sensibles a los posibles impactos.

Concerniente a el tipo de locomoción, se encontró que las especies registradas se pueden clasificar en tres categorías (Robinson & Redford, 1986) que corresponden a: escansorial, que se refiere a especies cuyos hábitos son terrestres y arborícolas; terrestres, especies cuyo ciclo de vida ocurre en el suelo y, arborícolas, especies que dependen totalmente del estrato arbóreo para cumplir sus necesidades.

En el Cuadro 72 se muestra la composición de gremios del ensamble de mamíferos terrestres no voladores, el cual está compuesto en un 63.64% (n=7) por especies terrestres; por otro lado existió un 27.27% (n=3) de especies escansoriales mientras que solo el 9.09% (n=1) de las especies fueron totalmente arborícolas, categoría en la que se encuentra la ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*).

En lo que respecta a los gremios alimenticios, las especies omnívoras fueron las dominantes con el 43.75% (n=7), seguidas de las especies herbívoras con el 25% (n=4), los carnívoros con el 18.75% (n=3) y por ultimo dentro de los gremios frugívoro-omnívoro y herbívoro-granívoro solo se registró

una especie respectivamente: la ardilla yucateca (*Sciurus yucatanensis*) y el ratón espinoso (*Heteromys gaumeri*), representando el 6.25%.

Con relación a las afinidades geográficas se encontró que la comunidad de mamíferos terrestres no voladores se agrupa en seis categorías: 1) Sudamericana, 2) Amplia distribución, 3) Mesoamericana, 4) Endémica, 5) Norteamericana y 6) Cosmopolita. El 37.5% (n=6) de las especies fueron de amplia distribución, el 18.75% (n=3) correspondió a especies con afinidad Mesoamericana y Norteamericana, respectivamente. Las especies sudamericanas representaron el 12.5% (n=2) y por último, solo se registró una especie endémica, el ratón ciervo yucateco (*Peromyscus yucatanicus*) (Cuadro 73).

Cuadro 72. Porcentaje y número de especies por tipo de locomoción, gremios alimenticios y afinidades biogeográficas.

NÚMERO DE ESPECIES		%
Tipo de Locomoción		
Escansorial	5	31.25
Terrestre	10	62.50
Arborícola	1	6.25
Total	16	100.00
Gremio alimenticio		
Omnívoro	7	43.75
Herbívoro	4	25
Frugívoro-Omnívoro	1	6.25
Herbívoro-Granívoro	1	6.25
Carnívoro	3	18.75
Total	16	100.00
Afinidad geográfica		
Sudamericana	2	12.5
Amplia distribución	6	37.5
Mesoamericana	3	18.75
Endémica	1	6.25
Norteamericana	3	18.75
Cosmopolita	1	6.25
Total	16	100

Cuadro 73. Características del ensamble de mamíferos terrestres no voladores registrados en el área de influencia del proyecto eólico Chicxulub.

	TIPO DE LOCOMOCIÓN	GREMIO ALIMENTICIO	AFINIDAD GEOGRÁFICA
Orden Lagomorpha			
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Terrestre	Herbívoro	Amplia distribución
Orden Rodentia			
<i>Sciurus yucatanensis</i>	Arborícola	Frugívoro-Omnívoro	Mesoamericana
<i>Heteromys gaumeri</i>	Terrestre	Herbívoro-Granívoro	Mesoamericana
<i>Peromyscus leucopus</i>	Escansorial	Omnívoro	Norteamericana
<i>Peromyscus yucatanicus</i>	Terrestre	Omnívoro	Endémica
<i>Reithrodontomys gracilis</i>	Escansorial	Herbívoro	Mesoamericana
<i>Mus musculus</i>	Terrestre	Omnívoro	Cosmopolita
Orden Carnivora			
<i>Leopardus pardalis</i>	Terrestre	Carnívoro	Sudamericana
<i>Canis latrans</i>	Terrestre	Carnívoro	Norteamericana
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Terrestre	Omnívoro	Amplia distribución
<i>Eira barbara</i>	Escansorial	Omnívoro	Sudamericana
<i>Spilogale angustifrons</i>	Terrestre	Carnívoro	Norteamericana
<i>Nasua narica</i>	Escansorial	Omnívoro	Amplia distribución
<i>Procyon lotor</i>	Escansorial	Omnívoro	Amplia distribución
Orden Artiodactyla			
<i>Odocoileus virginianus</i>	Terrestre	Herbívoro	Amplia distribución
<i>Pecari tajacu</i>	Terrestre	Herbívoro	Amplia distribución

Estado de protección

De las 16 especies de mamíferos terrestres no voladores registradas en el área del Parque Eólico Chicxulub, dos especies se encuentran listadas como en peligro de extinción (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que es el caso del viejo de monte (*Eira barbara*) y el ocelote (*Leopardus pardalis*) (Cuadro 74). Ninguna de las dos especies es endémica de México, pero tienen un rol importante en la dinámica de los ecosistemas.

Cuadro 74. Especies de mamíferos terrestres no voladores presentes en el área del proyecto eólico Chicxulub listadas en la NOM-059 SEMARNAT 2010.

ESPECIE	NOM-059	ENDÉMICA	CITES	IUCN
<i>Leopardus pardalis</i>	Peligro de extinción (P)	No	I	LC

ESPECIE	NOM-059	ENDÉMICA	CITES	IUCN
<i>Eira barbara</i>	Peligro de extinción (P)	No	III	LC

Curva de acumulación de especies

En la *Figura 135* se muestra la curva de acumulación de especies obtenida de la colecta de datos mediante los diferentes métodos empleados.

Para calcular la riqueza de especies se utilizó Chao2 como estimador (*Figura 135*). Se obtuvo un valor de Chao2 de 29.82, que serían las especies esperadas en función del esfuerzo de colecta realizado. De acuerdo a esto se ha alcanzado una representatividad del 53.65% de las especies esperadas de acuerdo al estimador.

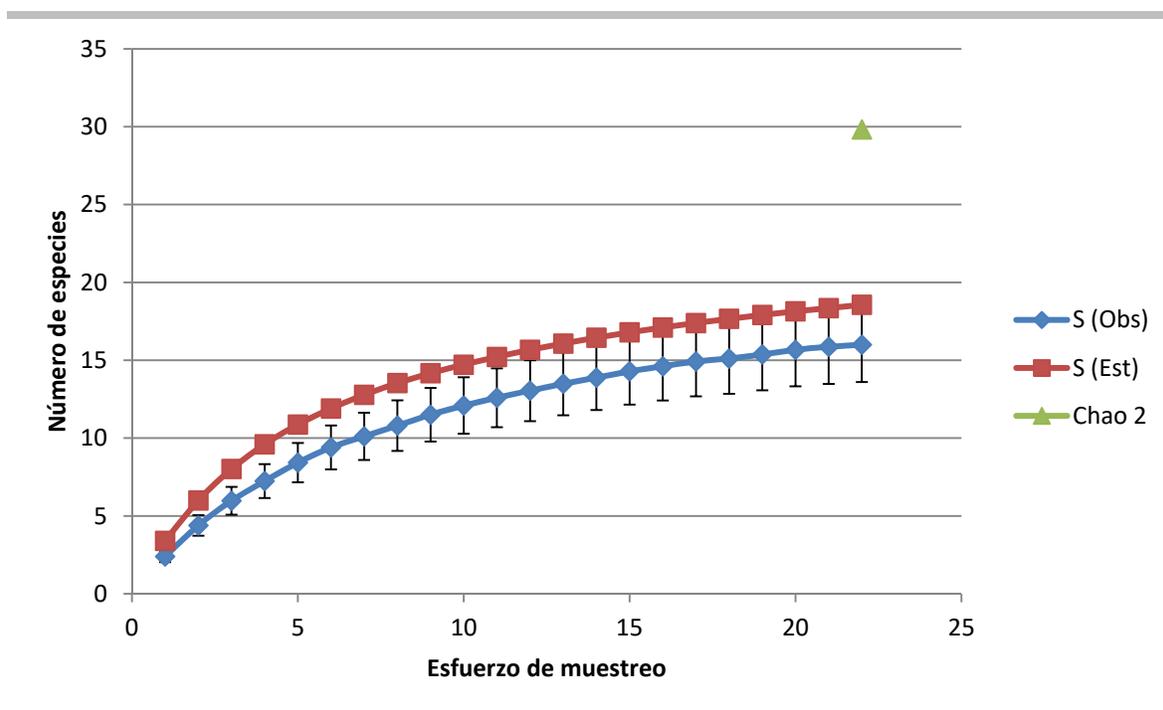


Figura 135. Curva de acumulación de especies obtenida de la colecta de datos de mamíferos terrestres no voladores registrados en el área del Parque Eólico Chicxulub.

Diversidad alfa

Se calculó, mediante el índice diversidad verdadera, la diversidad de las especies de mamíferos terrestres no voladores presentes en el área del Parque Eólico Chicxulub.

Con base a los 65 individuos registrados en el presente trabajo, se obtuvo un valor de diversidad verdadera de 12.05 para la totalidad de la mastofauna no voladora encontrada durante la colecta de datos. Esto significa que la diversidad de esa comunidad es igual a la diversidad que tendría una comunidad virtual con 12.05 especies, en la cual todas las especies tuvieran exactamente la misma abundancia.

En el *Cuadro 75* se puede observar la presencia-ausencia de las especies de mamíferos no voladores con base en las unidades ambientales, ya que ello permite inferir de mejor manera en que sitios se encuentran la mayoría de las especies. Las 16 especies registradas se encontraron en la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC) con 47 individuos, seguido de la vegetación de sabana (SABANA), la cual se encontró representada por nueve individuos pertenecientes a seis especies. Siete individuos pertenecientes a cuatro especies se encontraron en la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC).

Lo anterior, muestra una marcada distribución de los organismos hacia la VSAR SBEC, aunado a ello, cabe mencionar que en su mayoría el Area del Proyecto está conformada por este tipo de vegetación, contrario a lo que sucede en el Sistema Ambiental Regional, en donde la vegetación es más heterogénea, abarcando vegetación de manglar, sabana y vegetación secundaria arbórea. La vegetación de manglar (MANGLAR) registró únicamente dos individuos, que fue el caso del ocelote (*Leopardus pardalis*) y el mapache (*Procyon lotor*).

Cuadro 75. Presencia-ausencia de las especies de mamíferos terrestres no voladores encontradas en las diferentes unidades ambientales del Parque Eólico Chicxulub.

ESPECIE	ABUNDANCIA	VSAR SBEC	VSA SBEC	SABANA	MANGLAR
<i>Nasua narica</i>	12	12	0	0	0
<i>Peromyscus yucatanicus</i>	10	10	0	0	0
<i>Odocoileus virginianus</i>	7	3	2	2	0
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	6	3	1	2	0
<i>Sciurus yucatanensis</i>	6	3	3	0	0
<i>Peromyscus leucopus</i>	5	5	0	0	0
<i>Canis latrans</i>	3	1	0	2	0
<i>Sylvilagus floridanus</i>	3	1	1	1	0
<i>Leopardus pardalis</i>	2	1	0	0	1
<i>Eira barbara</i>	2	2	0	0	0
<i>Spilogale angustifrons</i>	2	1	0	1	0
<i>Procyon lotor</i>	2	1	0	0	1
<i>Pecari tajacu</i>	2	1	0	1	0

ESPECIE	ABUNDANCIA	VSAR SBEC	VSA SBEC	SABANA	MANGLAR
<i>Heteromys gaumeri</i>	1	1	0	0	0
<i>Reithrodontomys gracilis</i>	1	1	0	0	0
<i>Mus musculus</i>	1	1	0	0	0
Total	65	47	7	9	2

Especies con importancia económica

Derivado de la riqueza de especies obtenida mediante la combinación de diferentes técnicas de campo, se identificaron las especies con importancia económica dentro del área del proyecto. La cacería de subsistencia y de comercio resultó ser una importante actividad económica para los pobladores de las comunidades aledañas y, básicamente, el uso más importante de las mastofauna terrestre no voladora en el área.

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) fue la especie con mayor importancia económica entre los pobladores, ya que es la principal pieza de caza. Otros ungulados como el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) son animales de importancia cinegética, sin embargo, los pobladores mencionan que son animales escasos. En otros estudios (Hernández-Castillo & Segovia-Castillo 2010) reportan la importancia económica del serete (*Dasyprocta punctata*), el pizote (*Nasua narica*) y el armadillo (*Dasybus novemcinctus*) como piezas de caza menor.

» **Discusión y conclusiones**

La riqueza de especies correspondiente a los mamíferos terrestres no voladores registrados en el **área de influencia del Parque Eólico Chicxulub** fue de 16 especies, lo que significa el 30.18% de las especies con distribución potencial; de las cuales 14 fueron registradas para el Sistema Ambiental Regional (SAR) con un total de 32 individuos y para el área del Proyecto (AP) se registraron un total de 11 especies con 33 individuos. Lo anterior muestra que la riqueza de especies resulta ser ligeramente mayor en el SAR respecto al AP, aunque, en el AP se registraron más individuos. Cabe mencionar que para el AP se registró la presencia de dos especies bajo alguna categoría de protección en la NOM.059-SEMARNAT-2010, que fue el caso del ocelote (*Leopardus pardalis*) (el cual también fue registrado en el SAR), y el viejo de monte (*Eira barbara*). Es probable que el área del ámbito hogareño (según Caso y Tewes, 1995; es de 11.5-8 km² para el ocelote y 16 a 24 km² para el viejo de monte) este compartida entre estos individuos y que además, abarque el área de los predios donde se pretende establecer el Proyecto. A nivel de estado, la riqueza encontrada representa el 18.82% de las especies no voladoras registradas para Yucatán (Sosa-Escalante *et al.*, 2014). La zona norte de la entidad ha preservado algunos de los fragmentos de selva baja caducifolia en tres reservas principales: Dzilam, Río Lagartos y Río Celestún (Hernández-Betancourt & Segovia-Castillo 2010). Estas áreas protegidas han preservado poblaciones de varias especies de mamíferos,

y algunas de esas reservas, han sido estudiadas, por lo que se pueden hacer algunas comparaciones de la riqueza observada en el presente trabajo y lo registrado en otras áreas adyacentes.

Sosa-Escalante (1994) reporta 38 especies de mamíferos terrestres no voladores en la reserva estatal de Dzilam, que es la más cercana al sistema ambiental regional. En ese estudio se reportan especies con importancia para la conservación como el jaguar (*Panthera onca*), el mono araña (*Ateles geoffroyi*) y el tapir (*Tapirus bairdii*), especies que no se encontraron en el área. Hernández-Pérez (2015) registró 16 especies de mamíferos terrestres no voladores en la zona de petenes en la zona noroeste del estado y señala la importancia de esa zona como corredores biológicos.

otras áreas naturales protegidas como Cuxtal, Dzibilchaltún y Dzilam se ha estudiado a profundidad el componente de los mamíferos pequeños (Vázquez-Piña, 2011, Meneses-Lazo, 2009; Cimé-Pool *et.al.*, 2010, 2002, 2007,2006). En conjunto estos estudios reportan la presencia de ocho especies de roedores pequeños (*Ototylomys phyllotis*, *Heteromys gaumeri*, *Reithrodontomys gracilis*, *Baiomys musculus*, *Mus musculus*, *Sigmodon hispidus*, *Peromyscus yucatanicus* y *Peromyscus leucopus*); para el presente estudio se registraron cinco de esas ocho especies (*Heteromys gaumeri*, *Reithrodontomys gracilis*, *Peromyscus yucatanicus*, *Peromyscus leucopus* y *Mus musculus*), mediante el uso de trampas Sherman durante el periodo de muestreo, corroborando su presencia con base en el listado potencial.

En reservas de mayor tamaño como Sian Ka'an en Quintan Roo se han reportado 70 especies de mamíferos silvestres de las cuales 35 son especies no voladoras. Al ser una reserva con mejor estado de conservación y presentar mayor cobertura arbórea se han reportado mayor cantidad de mamíferos arbóreos, a diferencia de los observados en el área de influencia.

Al analizar atributos del ensamble de mamíferos en el área de influencia del Proyecto como lo fueron las afinidades biogeográficas, se observó que la comunidad de mamíferos estuvo compuesta en su mayoría por especies de amplia distribución y con afinidad mesoamericana y norteamericana. Un menor porcentaje corresponde a especies con afinidades sudamericanas, se registró una especie cosmopolita, catalogada como introducida en México, el ratón casero (*Mus musculus*), por último, cabe mencionar la presencia de una especie endémica de México, el ratón ciervo yucateco (*Peromyscus yucatanicus*). La tendencia observada concerniente a las afinidades biogeográficas puede estar indicando que el área donde se pretende desarrollar el parque eólico presenta condiciones más adecuadas para especies con mayor plasticidad ecológica y tolerancia a la perturbación de origen antropogénico. No obstante, cabe mencionar que también fueron registradas dos especies (*Leopardus pardalis* y *Eira barbara*), que por sus requerimientos ecológicos resultan tener cierta preferencia hacia las zonas tropicales semiáridas de Yucatán, que se caracterizan por presentar una mezcla de sabana y bosque tropical caducifolio. Ocasionalmente se

les ha encontrado en ambientes perturbados como plantaciones o bosques con vegetación secundaria (Oliveira, 1998; Reid, 2006). Por lo tanto, la composición de especies obedece a elementos con distribución amplia como lo fueron *Procyon lotor* y *Urocyon cinereoargenteus* y a elementos con requerimientos específicos, como es el caso del ocelote y el viejo de monte (Valenzuela, 2005; Colchero F. *et al.*, 2005; Servín & Chacón, 2005; Zarza, 2005).

Al analizar la composición de los gremios alimenticios, se observó una ligera tendencia de dominancia de las especies con hábitos omnívoros, seguidas por los herbívoros y carnívoros. Las especies omnívoras típicamente son aquellas con amplia distribución, lo que se explica debido a que las especies con mayor distribución son aquellas con mayor plasticidad para obtener recursos alimenticios. A pesar de esta dominancia de especies omnívoras también fue posible encontrar representadas a las especies herbívoras y carnívoras. La mayoría de los herbívoros (venados, conejos y pecaríes) resultan ser presas potenciales para carnívoros como el ocelote (*Leopardus pardalis*) o el coyote (*Canis latrans*). Esto indica que los diferentes nichos que han ocupado los mamíferos están siendo utilizados dentro del área, lo que significa que existen diversas interacciones ecológicas entre las especies y por lo tanto, son susceptibles ante alteraciones.

El tipo de locomoción de las especies de mamíferos puede indicar ciertas afinidades hacia los diferentes tipos de hábitat y estructura de estos (Robinson & Redford, 1986), por lo tanto, es un buen indicador de qué especies pueden verse afectadas por ciertos disturbios. El 62.50% de las especies fueron terrestres y apenas una fue estrictamente arborícola, sin embargo cinco especies fueron escansoriales lo que muestra que la cobertura vegetal, y en particular la vegetación secundaria arbórea y arbustiva juegan un papel importante en la distribución de las especies dentro del área. Especies como el pizote (*Nasua narica*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), el viejo de monte (*Eira barbara*) y el mapache (*Procyon lotor*) dependen de las especies arbóreas para realizar actividades de forrajeo y refugio. La densa cobertura vegetal es el factor clave que explica los movimientos de los ocelotes, de ahí que se explique su especificidad a ciertos microhabitats.

Debido a que en el área existe menor cantidad de vegetación con un estado de sucesión arbórea es factible que esta variable pueda estar limitando la presencia de algunas especies como de los monos araña (*Ateles geoffroyi*) y representantes del género *Allouata*.

En el caso de especies de importancia para la conservación como el jaguar (*Panthera onca*) la alta presencia humana y la cacería influyen de manera directa en la ausencia de este depredador en el área, sin embargo, no se descarta su posible presencia en las inmediaciones del SAR. Esta especie ha sido registrada en otras áreas como la reserva estatal Dzilam. En ese estudio reportan una densidad de 3.016 (± 0.14) individuos en la reserva (Zetina-Tejero, 2013). Por otro lado Zarza &

Chávez (2009) reportan que gran parte de la zona norte y noreste del estado de Yucatán tiene distribución potencial para el jaguar, así como potenciales zonas de conflicto con ganaderos.

Referente a los mamíferos terrestres no voladores con algún grado de protección de acuerdo a la NOM-059, se postula que, culturalmente el ocelote (*Leopardus pardalis*) ha jugado un papel importante dentro de la cosmovisión de las culturas precolombinas (Aztecas y Mayas) (Oliveira, 1994). Aunado a ello, se piensa que el efecto en el ecosistema de los grandes carnívoros puede llegar a ser equiparable al impuesto por los llamados mesocarnívoros. Esto se debe a que los últimos sobrepasan numéricamente a los grandes carnívoros y de igual forma tienen una gran diversidad de hábitos alimenticios (Roemer, *et al*, 2009). Por lo cual es crítica su conservación a lo largo de toda su distribución.

El ocelote presenta un estilo de vida terrestre, pero tiene una gran dependencia a hábitats con estrato arbóreo conservado, aunado a esto el hecho de que las hembras usualmente tienen camadas de una a dos crías hacen que el ocelote sea una especie vulnerable. De acuerdo a la IUCN la tendencia poblacional de este felino a nivel mundial va en declive (Oliveira *et al.* 2015). Datos acerca de la densidad de *L. pardalis* son escasos en México, sin embargo existen datos de su abundancia relativa obtenidos por medio de rastros, López-González *et al.*, (1995) reportan un índice de abundancia relativa de 0.27 rastros/km para *L. pardalis* en la Estación de Biología Chamela, en la Costa de Jalisco. Lira (2007) en la localidad de Tuza de Monroy, municipio de Santiago Jamiltepec, ubicado al suroeste del estado de Oaxaca reporta un índice de 0.06 rastros/km. Fuera de México, en localidades como en el Pantanal, Brasil por medio de fototrampeo se reporta una densidad de 2.82 individuos por cada 5 km² (Trolle y Kéry, 2003). En Wildlife Refuge in Cameron County y en Willacy County, ambas en Texas, E. U. A. se estimaron los tamaños poblaciones efectivos (Ne) por medio de técnicas genéticas un Ne de 8 a 13.9 y de 2.9 a 3.1 respectivamente (Jan *et al.*, 2007). En la selva baja al norte de Argentina se tiene una estimación de la densidad de 13.7 ocelotes/100km² (Crawshaw, 1995). La estimación de la densidad más alta es de 80 ocelotes/100 km² en selva alta en Perú (Emmons, 1988).

Entre las principales amenazas para la conservación del ocelote se encuentra la pérdida y fragmentación de su hábitat, cientos de hectáreas de bosques tropicales son destruidos o fragmentados anualmente debido a las actividades agrícolas principalmente en el sureste mexicano; y la intensa cacería furtiva sobre la especie (importante en el comercio ilegal de pieles) y sobre sus presas (Leopold, 1959; Álvarez del Toro, 1977; Broad *et al.*, 1988; Oliveira, 1998). El comercio de esta especie representa una amenaza real para la supervivencia de las poblaciones a largo plazo, debido al bajo número de crías por camada de cada hembra y que en toda su vida una hembra en promedio tiene 5 crías en total (Olivera, 1998; Sunquist y Sunquist, 2000).

Por otro lado, para el viejo de monte (*Eira barbara*) su principal amenaza al igual que para el ocelote, es la deforestación y fragmentación del hábitat como consecuencia de la ganadería, agricultura y extracción ilegal de especies maderables, construcción de carreteras, invasión de terrenos dentro de las reservas, así como incendios forestales; y la cacería furtiva ya que se le acusa de causar estragos en las aves de corral (no hay evidencia) (Leopold, 1965).

La situación actual del hábitat con respecto a las necesidades del viejo de monte, resulta ser de alto riesgo ya que se destruye o se fragmenta a un ritmo alarmante debido a perturbaciones antropogénicas (agricultura, ganadería, etcétera); se estima que las selvas en México han sido reducidas a un 10% de su área original (Pennington y Sarukhán, 1998); en la Selva Lacandona el porcentaje de deforestación de 1981-1991 fue de 1.6% anual (Mendoza y Dirzo, 1999); aunado a esto están los incendios forestales (naturales o los provocados por el método de tumba, roza, quema). Actualmente no existe ninguna acción específica para la conservación del viejo de monte, por lo cual su subsistencia dependerá en gran medida de la conservación y recuperación de las selvas tropicales, así como de los diferentes hábitats donde se encuentra.

La mastofauna terrestre no voladora presente en el área del Proyecto está sometida a un fuerte grado de presión de carácter antropogénico, debido, entre otras cosas, a la cacería de subsistencia. Se **observó** una alta extracción del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), la cual es muy probable, esté sobrepasando la tasa de reproducción de los venados. Esto se deduce de la información obtenida al conversar con algunos pobladores, reportando que los cazadores matan por igual a los individuos, incluyendo a las hembras preñadas.

Aunque el componente de la cacería de subsistencia ha sido estudiado y descrito en varias regiones de la península de Yucatán (Hernández-Betancourt y Segovia-Castillo; Reyna-Hurtado y Tanner, 2010; Briceño-Méndez *et al.*, 2011), en el área se observó que debido a las condiciones socio económicas la cacería se ha vuelto una actividad de subsistencia que puede poner en riesgo la permanencia de algunas especies en el mediano y largo plazo. La inclusión de las comunidades en las actividades derivadas del proyecto sin duda es de gran importancia, ya que permitirá que ellas gestionen sus recursos mejor y puedan implementar medidas más apropiadas para el aprovechamiento y conservación de los recursos. Sin duda el venado cola blanca juega un papel importante en la economía local, por lo que creación de unidades de manejo ambiental (UMAs) resultaría viable como una actividad derivada de la implementación del parque eólico que la empresa puede gestionar en conjunto con las comunidades para dar un manejo con una tendencia hacia la sustentabilidad de la fauna silvestre.

El principal impacto que se prevé sobre los mamíferos terrestres no voladores sin duda será la pérdida de hábitat por las actividades de preparación del sitio. Esto puede mermar las poblaciones y limitar su área de actividad, así como ocasionar fragmentación del hábitat. La apertura de caminos puede ocasionar un incremento de la actividad cinegética en el área ya que facilita el acceso de los cazadores, aumentar la incidencia de atropellamiento de fauna, etc. La mayoría de las especies de mamíferos terrestres no voladores pueden considerarse de lento desplazamiento, principalmente especies de talla pequeña como los roedores y algunas especies pequeñas de carnívoros y marsupiales (Bustamante, 2009). Aunque las especies de talla mediana, grande y las listadas en la NOM-059 SEMARNAT 2010, a pesar de poseer mayor movilidad deben ser sujetas de planes de rescate, translocación (Massei, 2010), así como monitoreo para asegurar su permanencia y conservación a mediano y largo plazo.

Mastofauna voladora

Introducción

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 60 se han registrado en la Península de Yucatán y 37 para el Estado de Yucatán (Arita, 1993; MacSwiney, 2010; Selem *et al.*, 2012). En México se cuenta con 15 especies endémicas, una de ellas se encuentra en el Estado de Yucatán (*Rhogeessa aeneus*) (Medellin *et al.*, 2008).

En el estado de Yucatán uno de los grupos de mamíferos más estudiados en las últimas décadas son los quirópteros (Sosa-Escalante, 2014). El interés sobre estos mamíferos pone en manifiesto su importancia ecológica, resaltando los servicios ambientales que brindan de forma indirecta. Asimismo, distintos estudios se han orientado en el conocimiento de la diversidad, principalmente en áreas naturales protegidas, resaltando las estrategias de manejo y conservación (Hernández-Betancourt, 1996; Sélem-Salas, 2012).

En años recientes, se ha documentado que los desarrollos eólicos son una de las principales amenazas para los murciélagos en el hemisferio norte. En el caso de zonas tropicales, donde la diversidad de especies es mayor que en zonas templadas (Arita *et al.*, 2014), los trabajos sobre estos impactos aún son escasos. No obstante, se han registrado impactos directos (colisiones) sobre especies que hacen uso de distintos estratos de la vegetación (Bolívar-Cimé *et al.*, 2016), tanto inferiores como el sotobosque, como superiores como arriba del dosel (Rodríguez-Durán y Feliciano-Robles, 2015). Esta situación resulta particular para zonas tropicales, surgiendo la necesidad de mayores estudios al respecto.

De acuerdo a lo descrito, ante la posibilidad de un nuevo desarrollo eólico en el estado de Yucatán, es necesario realizar los estudios pertinentes para conocer la riqueza de especies en el área del proyecto. El creciente interés sobre los posibles impactos está dirigido por las características específicas en la biología de los murciélagos, pues son muy longevos, presentan tasas de crecimiento lentas y su capacidad de recuperación ante la disminución de sus poblaciones es muy limitada (Barclay y Harder, 2003).

Es importante analizar el grado del impacto de los parques eólicos y proponer estrategias para minimizarlo. Para lo anterior es necesario contar con información que nos revele cómo, cuándo y dónde se presentan las tasas más altas de mortalidad de estos vertebrados, pero lamentablemente este conocimiento es poco o casi nulo, por lo que es de vital importancia llevar a cabo estudios a corto, mediano y largo plazo pre y post establecimiento del parque, para generar el conocimiento

básico que nos permita proponer estrategias adecuadas que minimicen los riesgos a los murciélagos.

Entre las acciones que se recomiendan ante los impactos generados por esta industria eólica en los murciélagos, están: 1) Realizar estudios sobre la riqueza, abundancia, variaciones espaciales y temporales de los murciélagos que habitan en los sitios antes y después del establecimiento de las turbinas. 2) Monitorear la mortalidad de los murciélagos, en etapa de operación, permanentemente para determinar las variaciones temporales de acuerdo a la época del año, condiciones ambientales y características de las turbinas.

Por lo anterior es muy importante hacer una descripción de este componente ambiental, ya que los murciélagos, al igual que las aves, son de los grupos biológicos que interactúan con los aerogeneradores instalados y algunas interacciones producen muerte de individuos por colisión.

Para la descripción de este componente ambiental se cuenta con información generada de un programa de monitoreo de un año que permitió hacer una descripción detallada de la comunidad de murciélagos, que incorpora la variabilidad temporal de los procesos biológicos, un aspecto que es difícil encontrar en un estudio de Manifestación de Impacto Ambiental. A lo largo de este apartado se estará proporcionando información que permita tener una descripción detallada de la comunidad de murciélagos que se distribuye por el área de influencia que incluye el Sistema Ambiental Regional y el área del proyecto.

» Métodos

Trabajo de campo

Durante el trabajo de campo se emplearon dos métodos para la colecta de datos biológicos, redes de niebla y grabaciones ultrasónicas. La eficiencia de los métodos utilizados ha sido ampliamente documentada para áreas tropicales (MacSwiney *et al.*, 2008; Pech-Canche *et al.*, 2011), donde converge una alta riqueza de especies que utilizan diferentes estratos de la vegetación (Arita *et al.*, 2014). El uso complementario de estos métodos maximiza las probabilidades de registrar la mayor riqueza de especies en lugares específicos, logrando así un inventario rápido en cortos periodos de colecta.

Redes de niebla

La captura de murciélagos con el uso de redes de niebla es uno de los métodos más utilizados para estudiar la diversidad de murciélagos a pesar de sus limitaciones (Larsen *et al.*, 2007). Este procedimiento otorga información sobre riqueza de especies y abundancia de individuos, así como otros datos poblacionales (ej. sexo, edad y estado reproductivo). Además, a partir de manipular directamente a los murciélagos, es posible lograr una identificación más acertada de las especies, y

en caso de tratarse de murciélagos insectívoros aéreos, se pueden hacer grabaciones de sus sonidos de ecolocación, lo que permite reducir la incertidumbre asociada a la identificación de especies utilizando el método acústico.

Estas son útiles para capturar especies de vuelo lento y que emiten llamados de baja intensidad, como aquellas pertenecientes a la familia Phyllostomidae; además, debido a sus hábitos alimenticios, estas especies hacen mayor uso de los estratos inferiores de la vegetación, por lo que podrían ser más propensas a ser capturadas con redes (Flaquer *et al.*, 2007; Kalko *et al.*, 2008).

Las redes que se utilizaron tienen una longitud de 12 m y una altura de 2.5 m, con una apertura de malla de 33 mm. Estas se instalaron con la ayuda de postes, lo cuales se aseguraron con cuerdas. Durante cada muestreo se colocaron ocho redes, las cuales se abrieron a la hora de la puesta del sol y permanecieron activas durante cuatro horas a partir de su apertura (Figura 136). En ese periodo las redes se revisaron cada veinte minutos, y todo ejemplar capturado se guardó en sacos de manta individuales para su posterior procesamiento. Cada red instalada se geo-referenció con el uso de un GPS.

Para calcular el esfuerzo de colecta con el método de redes, se sumó el total de metros red de cada noche y se multiplicó por el número de horas trabajadas, obteniendo metros red por hora (MxH red) para cada noche de muestreo (Medellín, 1993).

La identificación a nivel de especie de los individuos capturados se realizó con el uso de claves de campo (Medellín *et al.*, 2008; Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015). También se registró la hora de captura, peso y longitud de antebrazo, se determinó el sexo, edad y estado reproductivo. Posteriormente se realizó un registro fotográfico de cada especie y finalmente todos los ejemplares fueron liberados. Con la información obtenida de este método se consiguieron valores de riqueza y abundancia de especies.

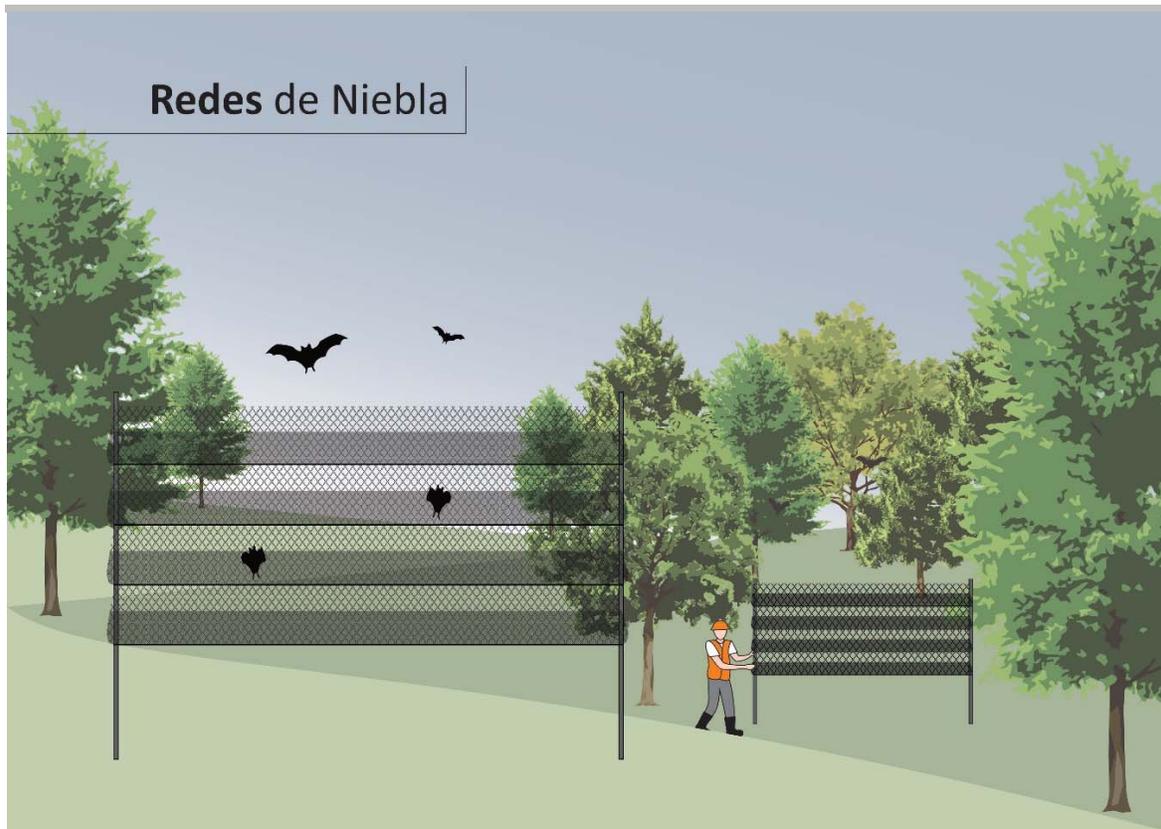


Figura 136. Instalación de redes de niebla.

Grabaciones ultrasónicas

El método acústico permite el registro de especies difíciles de capturar con redes de niebla, como algunas insectívoras aéreas, las cuales, además de hacer uso de los estratos superiores de la vegetación, poseen un sistema de ecolocación más desarrollado que les permite evitarlas. Este procedimiento requiere el uso de detectores de ultrasonidos, con los cuales es posible grabar los llamados de ecolocación que emiten los murciélagos durante su desplazamiento, y las características de estos llamados permiten identificar a qué especie pertenecen (O'Farrell y Gannon, 1999; MacSwiney *et al.*, 2008; Kalko *et al.*, 2008; Pech-Canche *et al.*, 2011). Con la información obtenida se determinó la riqueza de especies de murciélagos insectívoros, pero no su abundancia, ya que no es posible cuantificar el número de individuos registrados.

La colecta de información biológica con grabaciones ultrasónicas se realizó a partir de transectos de grabación continua. Esto permitió el registro de llamados de ecolocación de murciélagos insectívoros que realizan sus actividades a bajas alturas, pero que logran evadir las redes de niebla. Consistió en la realización de recorridos a pie de aproximadamente 1 km de longitud portando un detector de ultrasonidos (EM3+; Wildlife Acoustics, Inc.) y utilizando expansión en tiempo real (RTE);

Figura 137). La colecta de datos comenzó con la puesta astronómica del sol, realizando una grabación continua de 90 minutos, con el objetivo de incluir el primer pico de mayor actividad de murciélagos (Hayes, 1997). Con este método el observador puede aumentar la probabilidad de encuentro con los murciélagos al permitirse dirigir el micrófono hacia donde se detecte actividad.

Posteriormente se examinaron las grabaciones obtenidas con todos los componentes del método acústico utilizando software de análisis de ultrasonidos (BatSound 3.31b; Pettersson Elektronik AB). Sólo se tomaron en cuenta secuencias que contenían más de tres llamados de ecolocación de la fase de búsqueda, pues únicamente con estos se puede realizar la identificación de especies. Se registraron las características de los pulsos frecuencia inicial (FI), frecuencia final (FF), intervalo entre pulsos (Int) y duración del pulso (Dur). Los valores de estos parámetros se compararon con aquellos de la sonoteca elaborada previamente para identificar a qué especies corresponden los llamados de ecolocación registrados en los eventos de colecta (O’Farrell y Miller 1999; Rydell *et al.*, 2002).

Una vez identificadas las especies a las que pertenecen los llamados de ecolocación, se obtuvo la riqueza y se registró el número de ocasiones en que se presentaron secuencias con fases de captura, como posible indicador de uso de hábitat.

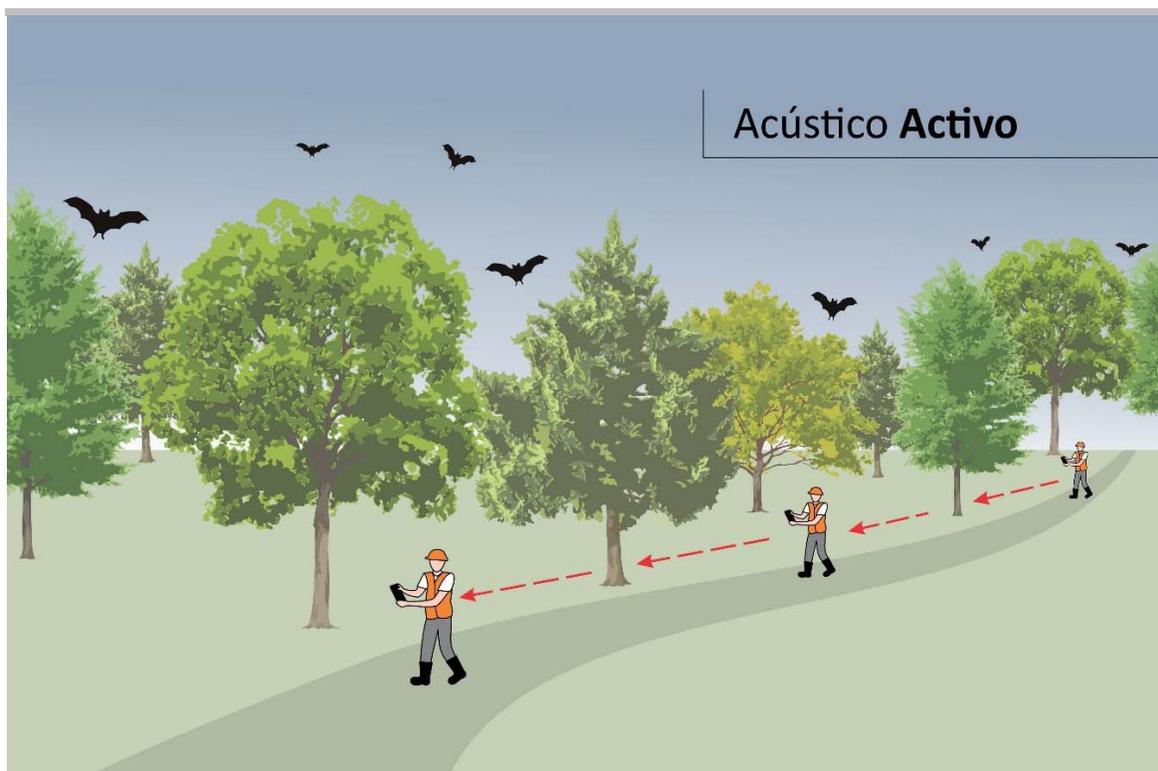


Figura 137. Transecto de grabación ultrasónica en modalidad acústico activo.

Análisis de datos

A partir de los resultados obtenidos durante la colecta de datos, se procedió a realizar los diversos análisis de acuerdo a cada método utilizado. En el caso de redes de niebla, fue posible obtener riqueza, abundancia y diversidad de especies. La riqueza de especies fue comparada con el estimador de riqueza Chao 1, el cual resulta menos sensible a muestras pequeñas (<30) y es más efectivo con datos de abundancia (Hortal *et al.*, 2006); posteriormente se hizo una curva de acumulación de especies para comparar visualmente la riqueza observada, la riqueza estimada a través de rarefacción con 100 iteraciones y el estimador de riqueza. Así mismo se calculó la diversidad (true diversity) de especies efectivas, empleada para medir la equidad de especies y no la entropía de una comunidad (Moreno *et al.*, 2011).

En el caso de los datos obtenidos con las grabaciones ultrasónicas, se calculó la riqueza de especies a partir de la presencia o ausencia, se calculó el estimador de riqueza CHAO 2 para datos de ocurrencia. Se realizaron curvas de acumulación de especies para comparar la riqueza observada, la riqueza estimada a través de rarefacción con 100 iteraciones y el estimador de riqueza. Para estos análisis se utilizó el programa estadístico EstimateS 9.1.

Posteriormente se realizó un dendograma de similitud para comparar los sitios de colecta, en donde se proyectan los valores de distancia a partir del análisis de Bray-Curtis, el cual resulta más apropiado para representar la diversidad beta. Para este análisis se utilizó el programa estadístico Biodiversity Pro.

Resultados

- ***Listado potencial de especies***

Entre los trabajos que sobre la diversidad de quirópteros se han llevado a cabo en el Estado de Yucatán, podemos citar el de Sélem *et al.* (2012) que en un estudio que se llevó a cabo durante un año, reportó 27 especies para la reserva de la biósfera de Ría Lagartos, número semejante al registrado para el área de influencia. Otros realizados por Cervantes (2001) y Ramírez (2005) en la reserva ecológica Cuxtal, reportan ocho y once especies, respectivamente, ambos con un total de 12 especies, pertenecientes a tres familias. Además otro trabajo realizado por Estrella-Martínez (2008) en Dzibilchaltún y Kabah, el cual emplea tres técnicas de captura (Trampas arpa, red de sotobosque y redes de dosel) registra 20 especies, pertenecientes a cuatro familias. Considerando lo anterior, en el área de influencia se ha registrado una diversidad media de la quiropterofauna de la Península de Yucatán.

Con base en la literatura consultada y a los trabajos antes citados, se elaboró un listado de 43 especies distribuidas en siete familias (Sosa-Escalante *et al.*, 2014). De las especies enlistadas seis se encuentra bajo el estatus de amenazadas (A) y dos en protección especial (Pr) según la NOM-059

(SEMARNAT, 2010). A nivel internacional, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) registra al murciélago mula mexicano (*Corynorhinus mexicanus*) en la categoría de casi amenazado (NT), el resto de las especies se encuentran bajo el estatus de preocupación menor (LC por sus siglas en inglés; UICN, 2016). En el caso del acuerdo internacional CITES, no se encuentra ninguna especie bajo alguna categoría de protección.

» Trabajo de campo

En el Sistema Ambiental Regional (SAR) predomina la vegetación secundaria de selva baja espinosa caducifolia, representada por el estrato arbóreo y arbustivo. La vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) predominó en la porción sur del SAR, mientras que la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC) estuvo presente en el extremo norte. De acuerdo a lo descrito, la colecta de datos con redes de niebla y transectos de grabación ultrasónica se establecieron en estos dos principales estratos de la vegetación, y fueron distribuidos en el SAR con la finalidad de representar toda el área; esto debido a la alta vagilidad de los murciélagos y su capacidad de aprovechar grandes extensiones durante sus actividades de forrajeo.

Esfuerzo de colecta de datos

Redes de niebla

En el SAR se realizaron cinco eventos de colecta de datos con redes de niebla y se obtuvo un total de 1,776 metros por hora red (*Cuadro 76*). El número de redes en cada sitio fue variable, colocándose entre siete y ocho redes, en cada evento se realizaron cuatro horas de trabajo. Los sitios de colecta de datos se establecieron al sur, centro-sur, este, oeste y norte del SAR (*Figura 138*); tres se establecieron en VSA SBEC y dos en VSAR SBEC, con la finalidad de representar ambos estratos.

Cuadro 76. Esfuerzo de colecta de datos con redes de niebla.

SITIOS DE COLECTA	NO. DE REDES	HORAS DE COLECTA	ESFUERZO DE COLECTA (MXH RED)
VSA SBEC 01_Sur	8	4	384
VSA SBEC 02_Centro-Sur	7	4	336
VSA SBEC 03_Este	7	4	336
VSAR SBEC_Oeste	7	4	336
VSAR SBEC_Norte	8	96	384
Total			1,776

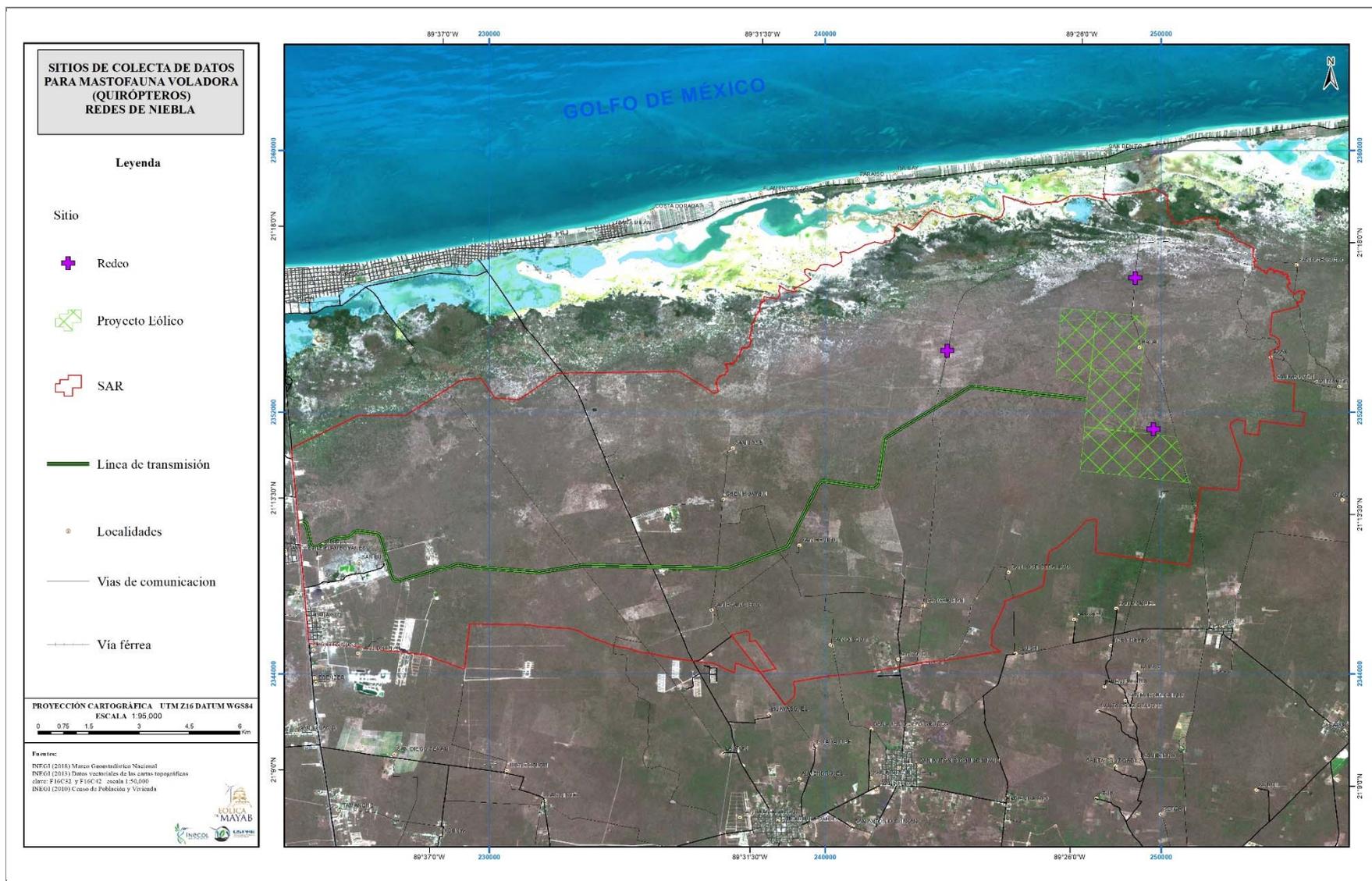


Figura 138. Localización de los sitios de colecta de datos con redes de niebla para el registro de quirópteros en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.

Transectos de grabación ultrasónica

- Para colecta de datos con el método de transectos de grabación ultrasónica se establecieron seis transectos dentro del SAR, cada transecto tuvo una longitud mínima de 2 km, con una duración de 1.5 horas de grabación (*Cuadro 77*), con un de 9 horas de grabación. Los transectos se establecieron al sur, centro-sur, centro-norte, norte, este y oeste del SAR, donde tres estuvieron en estrato arbóreo y tres en estrato arbustivo (*Figura 139*).

Cuadro 77. Esfuerzo de colecta y coordenadas de los transectos de grabación ultrasónica.

SITIO		COORDENADA X	COORDENADA Y	HORAS DE GRABACIÓN
VSA SBEC_Sur AA_01	Inicio	250614	2350576	1.5
	Final	251269	2347527	
VSAR SBEC_Centro-Norte AA_02	Inicio	250053	2352837	1.5
	Final	249234	2354677	
VSAR SBEC_Norte AA_03	Inicio	249195	2357532	1.5
	Final	249359	2357242	
VSA SBEC_Este AA_04	Inicio	251466	2352345	1.5
	Final	249897	2351456	
VSAR SBEC_Centro-Sur AA_05	Inicio	256897	2349674	1.5
	Final	256129	2351610	
VSAR SBEC_Oeste AA_06	Inicio	243218	2351601	1.5
	Final	243853	2354801	
Total				9



Figura 139. Localización de los transectos de grabación ultrasónica para el registro de quirópteros en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.

Análisis de la riqueza, estructura y diversidad de la comunidad en el SAR

- **Riqueza y abundancia**

La riqueza registrada fue de 18 especies y un fonotipo determinado a nivel de género (*Cuadro 78*). El método de grabaciones ultrasónicas reportó el mayor número de especies con más del 78% de los registros, esto muestra la presencia de especies que utilizan principalmente los estratos superiores de la vegetación.

Cuadro 78. Especies registradas durante la colecta de datos para mastofauna voladora.

FAMILIA	ESPECIE	GREMIO ALIMENTICIO	MÉTODO DE REGISTRO	
			REDES	ACÚSTICO
Molossidae	<i>Eumops ferox</i>	Insectívoro		x
	<i>Eumops nanus</i>	Insectívoro		x
	<i>Eumops sp.</i>	Insectívoro		x
	<i>Molossus molossus</i>	Insectívoro		x
	<i>Molossus rufus</i>	Insectívoro		x
	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	Insectívoro		x
Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	Insectívoro		x
	<i>Pteronotus davyi</i>	Insectívoro		x
	<i>Pteronotus parnellii</i>	Insectívoro		x
	<i>Pteronotus personatus</i>	Insectívoro		x
Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Frugívoro	x	
	<i>Desmodus rotundus</i>	Sanguínivoro	x	
	<i>Glossophaga soricina</i>	Nectarívoro	x	
	<i>Micronycteris schmidtorum</i>	Insectívoro	x	
Natalidae	<i>Natalus mexicanus</i>	Insectívoro		x
Vespertilionidae	<i>Eptesicus furinalis</i>	Insectívoro		x
	<i>Myotis keasy</i>	Insectívoro		x
	<i>Myotis nigricans</i>	Insectívoro		x
	<i>Rhogeessa aeneus</i>	Insectívoro		x

Redes de niebla

En total se registraron 11 individuos pertenecientes a cuatro especies y una familia (*Cuadro 79*). La especie más abundante fue el murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*) con cuatro registros, mientras que el resto de las especies estuvieron representadas por dos individuos cada una. De manera paralela, se identificó el gremio alimenticio de cada especie capturada de acuerdo a lo

documentado en la bibliografía existente. Con base en lo anterior, se identificaron cuatro gremios alimenticios, los cuales sugieren la importancia y función ecológica de las especies registradas como dispersores de semillas, polinizadoras y depredadores primarios en el ecosistema estudiado.

Cuadro 79. Especies registradas durante la colecta de datos con redes de niebla.

FAMILIA	ESPECIE	GREMIO ALIMENTICIO	NO. DE INDIVIDUOS
Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Frugívoro	2
	<i>Desmodus rotundus</i>	Sanguínivoro	5
	<i>Glossophaga soricina</i>	Nectarívoro	2
	<i>Micronycteris schmidtorum</i>	Insectívoro de sustrato	2

Transectos de grabación ultrasónica

Se registraron 14 especies y un fonotipo determinado a nivel de género (*Figura 140*), las especies registradas se distribuyen en cuatro familias, siendo la mejor representada la familia Molossidae con seis especies (*Cuadro 80*). La especie con mayor número de ocurrencias fue el murciélago lomo pelón (*Pteronotus dayvi*) con 727, es decir más del 85% del total obtenido. Mientras que las especies que presentaron la menor ocurrencia fueron cuatro con tan solo una ocurrencia en toda la colecta de datos.

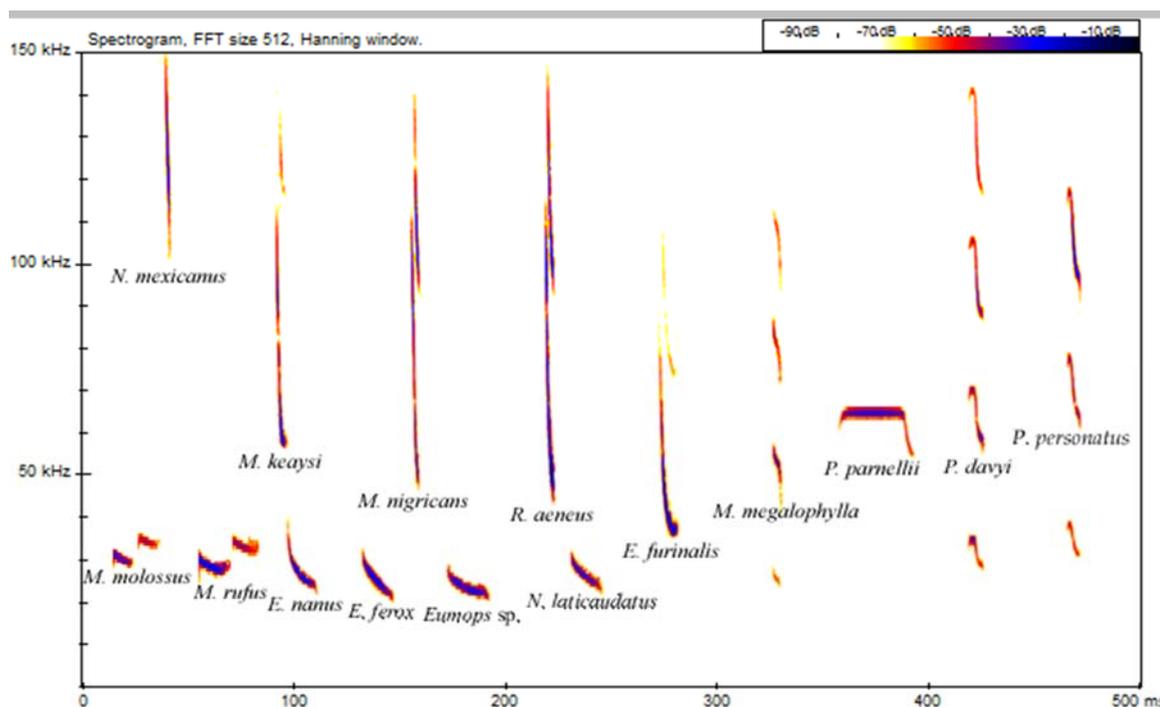


Figura 140. Sonograma de las especies registradas durante los transectos de grabación ultrasónica dentro del SAR del proyecto eólico Chicxulub.

Cuadro 80. Especies registradas en transectos de grabación ultrasónica.

FAMILIA	ESPECIE	OCURRENCIA
Molossidae	<i>Eumops ferox</i>	4
	<i>Eumops nanus</i>	2
	<i>Eumops sp.</i>	1
	<i>Molossus molossus</i>	2
	<i>Molossus rufus</i>	2
	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	1
Mormoopidae	<i>Mormoops megalophylla</i>	1
	<i>Pteronotus davyi</i>	727
	<i>Pteronotus parnellii</i>	15
	<i>Pteronotus personatus</i>	7
Natalidae	<i>Natalus mexicanus</i>	1
Vespertilionidae	<i>Eptesicus furinalis</i>	3
	<i>Myotis keasy</i>	17
	<i>Myotis nigricans</i>	22
	<i>Rhogeessa aeneus</i>	43
Total		848

Análisis de la riqueza, estructura y diversidad de la comunidad en el área del proyecto

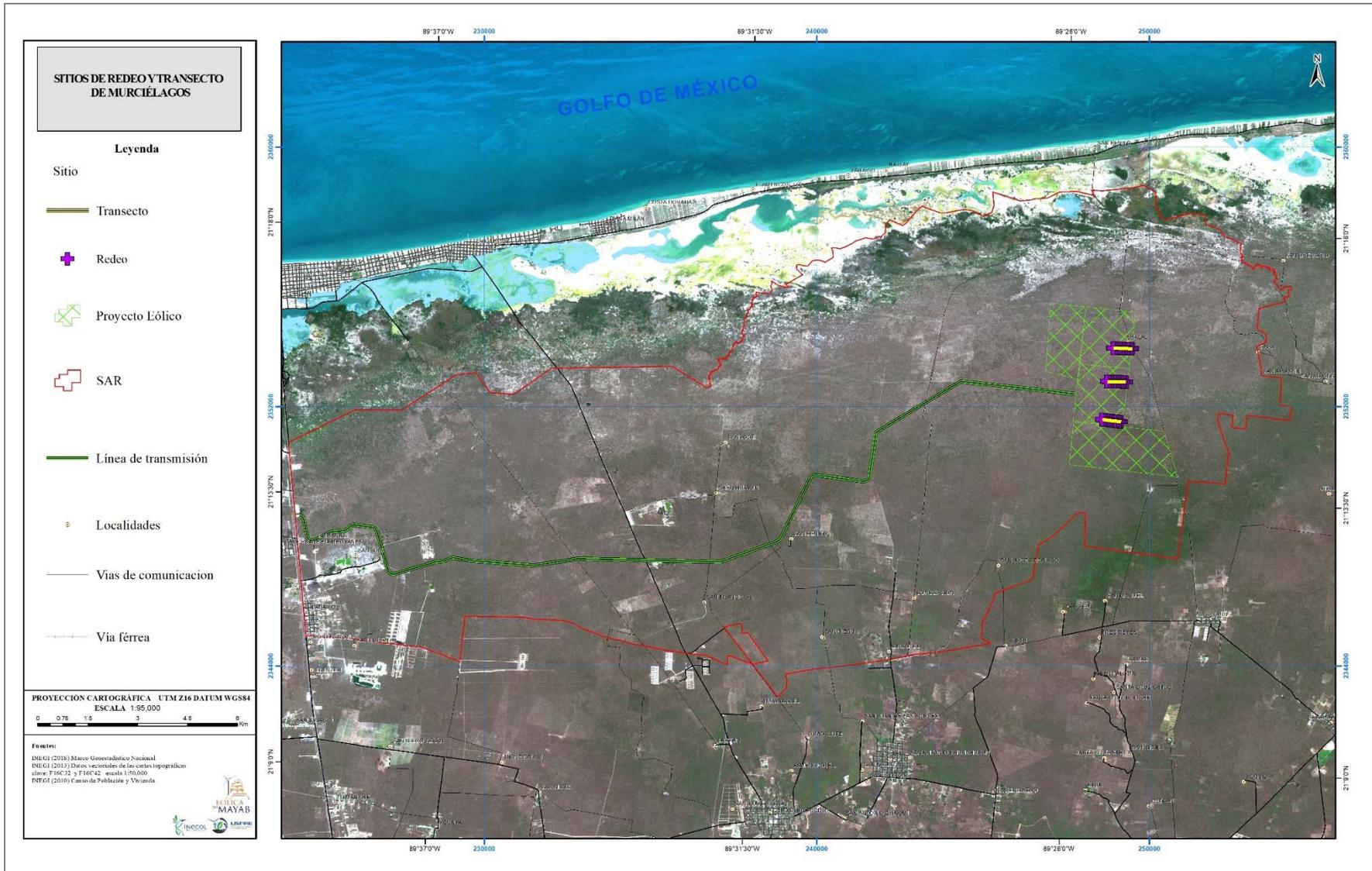
La descripción detallada de la quiropterofauna dentro del área del proyecto proviene del monitoreo realizado durante un ciclo anual (abril del 2017-marzo del 2018). Durante el monitoreo se emplearon los mismos métodos, es decir captura de murciélagos por medio de redes de niebla y grabaciones ultracústicas (los detalles metodológicos se pueden consultar en el Anexo).

Los métodos antes descritos se realizaron en tres sitios de muestreo dentro del área del proyecto (*Cuadro 81 y Figura 141*).

Cuadro 81. Coordenadas geográficas de los sitios de redeo.

NO. RED	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3	
1	249150	2351530	249298	2352762	249485	2353786
2	249099	2351536	249246	2352763	249433	2353788
3	249047	2351543	249194	2352764	249381	2353789
4	248995	2351550	249142	2352766	249329	2353791
5	248944	2351557	249090	2352767	249277	2353792
6	248892	2351563	249038	2352768	249225	2353794
7	248841	2351570	248986	2352769	249173	2353795

NO. RED	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3	
8	248789	2351577	248934	2352771	249121	2353797
9	248738	2351584	248882	2352772	249069	2353799
10	248686	2351591	248830	2352773	249017	2353800
11	248635	2351597	248778	2352774	248965	2353802
12	248583	2351604	248726	2352776	248913	2353803



De esta manera se logró registrar 21 especies y un fonotipo determinado a nivel de género. Las especies registradas forman parte de cinco familias taxonómicas y 17 géneros (*Cuadro 82*). El 52.9% de las especies registradas se realizó por medio de las redes de niebla mientras que el porcentaje restante solamente se realizó por el método acústico (47.6%). Tres especies (*Molossus alvarezii*, *Pteronotus parnellii* y *Rhogeessa aeneus*) fueron registradas por ambos métodos (*Cuadro 82*). Lo anterior demuestra la complementariedad de los métodos utilizados.

Cuadro 82. Listado taxonomico de especies registradas dentro del área del proyecto.

FAMILIA	ESPECIE	GREMIO ALIMENTICIO	MÉTODO DE REGISTRO	
			REDES	ACÚSTICO
Emballonuridae				
	<i>Saccopteryx bilineata</i>	Insectívoro		x
Molossidae				
	<i>Eumops ferox</i>	Insectívoro		x
	<i>Eumops nanus</i>	Insectívoro		x
	<i>Molossus alvarezii</i>	Insectívoro	x	x
	<i>Molossus rufus</i>	Insectívoro		x
	<i>Molosso 1</i>	Insectívoro		x
Mormoopidae				
	<i>Pteronotus davyi</i>	Insectívoro		x
	<i>Pteronotus parnellii</i>	Insectívoro	x	x
Phyllostomidae	<i>Glossophaga soricina</i>	Nectarívoro	x	
	<i>Chiroderma villosum</i>		x	
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Frugívoro	x	
	<i>Artibeus lituratus</i>	Frugívoro	x	
	<i>Dermanura phaeotis</i>	Frugívoro	x	
	<i>Sturnira parvidens</i>	Frugívoro	x	
	<i>Micronycteris microtis</i>	Frugívoro	x	
	<i>Mimon bennettii</i>		x	
	<i>Desmodus rotundus</i>	Sanguínivoro	x	
	<i>Diphylla ecaudata</i>	Sanguínivoro	x	
Vespertilionidae	<i>Rhogeessa aeneus</i>	Insectívoro	x	x
	<i>Eptesicus furinalis</i>	Insectívoro		x

FAMILIA	ESPECIE	GREMIO ALIMENTICIO	MÉTODO DE REGISTRO	
			REDES	ACÚSTICO
	<i>Lasiurus ega</i>	Insectívoro		x
	<i>Myotis keaysi</i>	Insectívoro		x

Dentro de la comunidad de murciélagos se presenta una diversidad de gremios alimenticios que está dominada por los insectívoros seguido de los frugívoros (Figura 142).

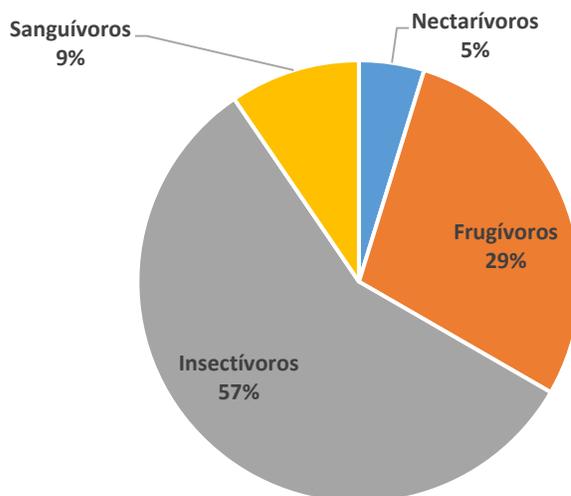


Figura 142. Gremios alimenticios representados en la comunidad de murciélagos descrita dentro del área de proyecto.

Redes de niebla

En total se invirtió un esfuerzo total de muestreo de 6480/mrh. Durante un ciclo anual se capturaron 883 individuos pertenecientes a 13 especies, 12 géneros y tres familias. De acuerdo a los estimadores de Chao 1 (13 especies) y Bootstrap (13.66 especies), el muestreo representó el 100 y 95.2% de las especies esperadas en el área del proyecto, respectivamente. Asimismo, los *singletons* o especies registradas una vez y los *doubletons* o especies registradas dos veces, tienden a cruzarse, disminuyendo los primeros, lo que indica que disminuye el posible registro de nuevas especies (Figura 143).

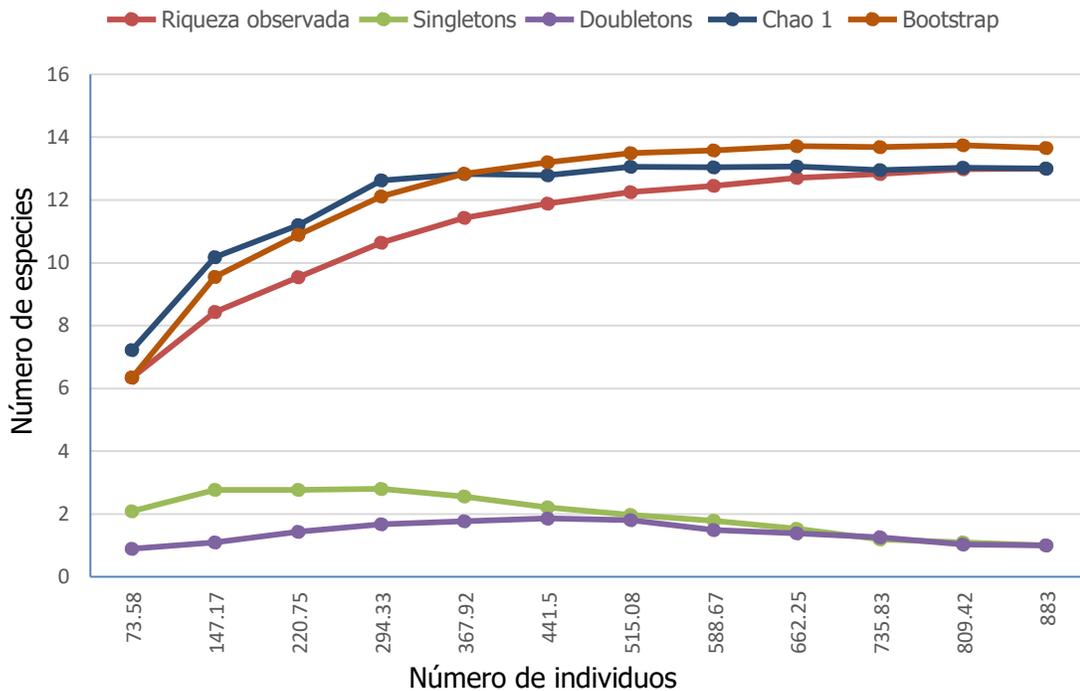


Figura 143. Curva de acumulación de especies de murciélagos durante los muestreos durante un ciclo anual dentro del área del proyecto.

La riqueza y la abundancia de las especies presentaron una variación a largo del ciclo anual, siendo durante la temporada de secas cuando se registraron los menores números (Figura 144). La mayor riqueza de especies se registró en julio mientras que la menor fue en marzo; con respecto a las abundancias las mayores se presentaron en julio y noviembre mientras que también en marzo se capturaron menos individuos.

La diversidad estimada fue de $H' = 1.49$ un valor bajo que representa que puede ser explicada por las abundancias de dos especies: *Glossophaga soricina* (336 individuos) y *Desmodus rotundus* (278), esta última especie es indicadora de paisajes altamente transformados y con presencia de ganado.

Riqueza y abundancia durante un ciclo anual

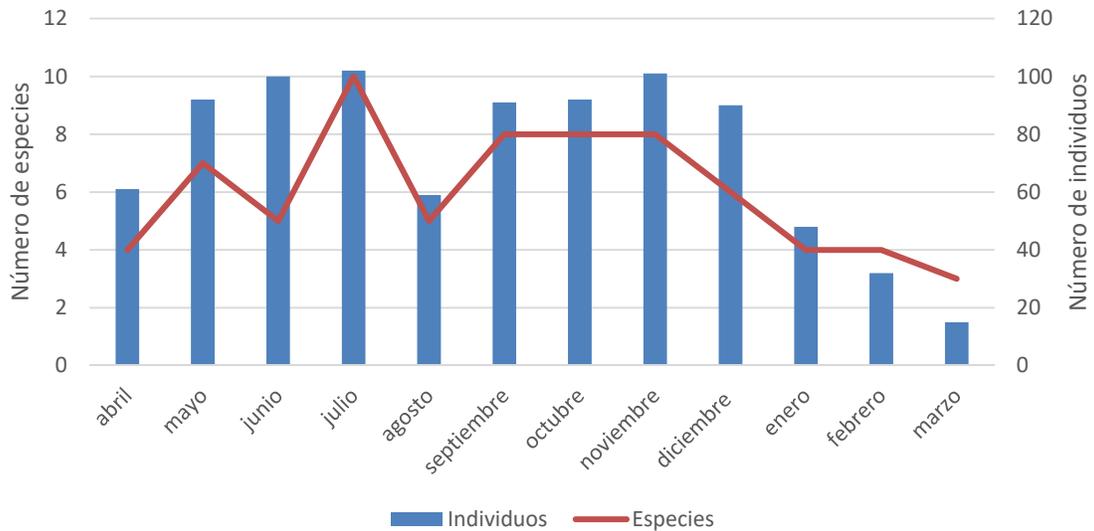


Figura 144. Fluctuaciones de la riqueza y abundancia de murciélagos descrita durante un ciclo anual dentro del área de proyecto.

La comunidad de murciélagos descrita por medio de redes de niebla está dominada por el murciélago nectarívoro *Glossophaga soricina*, seguida por el murciélago sanguívoro (*Desmodus rotundus*) y un frugívoro (*Artibeus jamaicensis*). Mientras que la especie insectívora *Molossus alvarezi* fue la que registró menos capturas (*Figura 145*). La distribución de las abundancias descritas en la comunidad dentro del área de estudio es como típicamente se estructuran las comunidades biológicas, donde hay unas pocas especies dominantes, seguidas por especies con abundancias intermedias y pocas especies poco abundantes o raras.

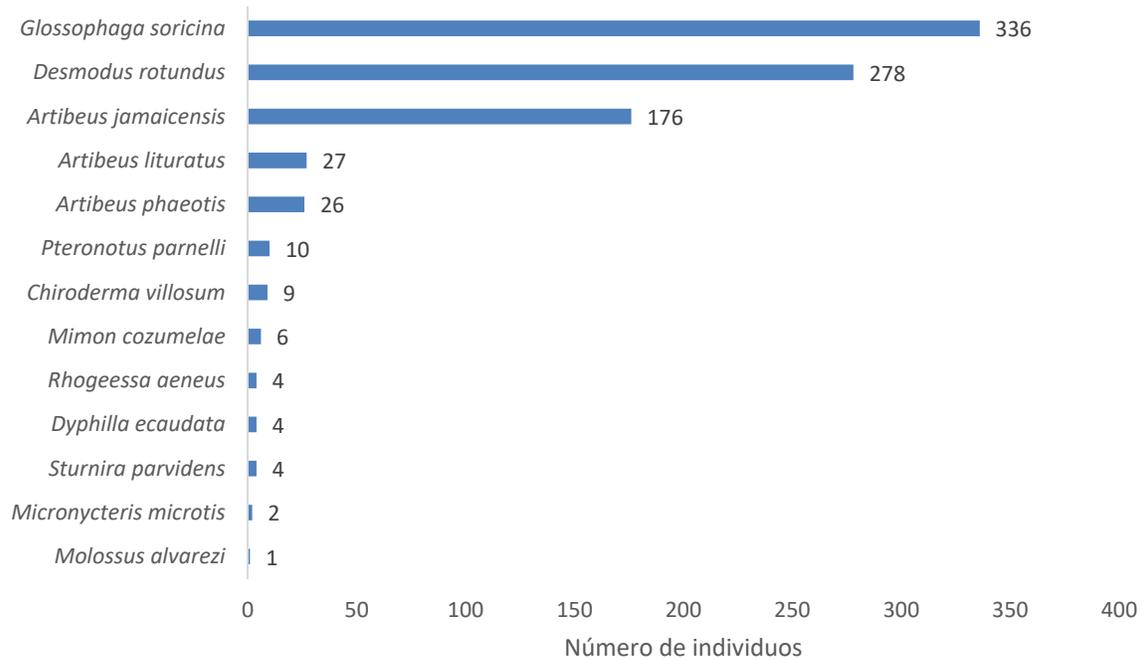


Figura 145. Abundancia de especies registradas durante un ciclo anual dentro del área del proyecto.

La comunidad está estructurada por las especies dominantes, la pendiente que se observa en la gráfica de rango abundancia se debe a la dominancia de las dos especies más abundantes (*Glossophaga soricina* y *Desmodus rotundus*); el resto de las especies presentan abundancias que no difieren entre sí. La ausencia de una “cola” al final de la gráfica indica que no se registraron muchas especies raras o poco abundantes (*Figura 146*).

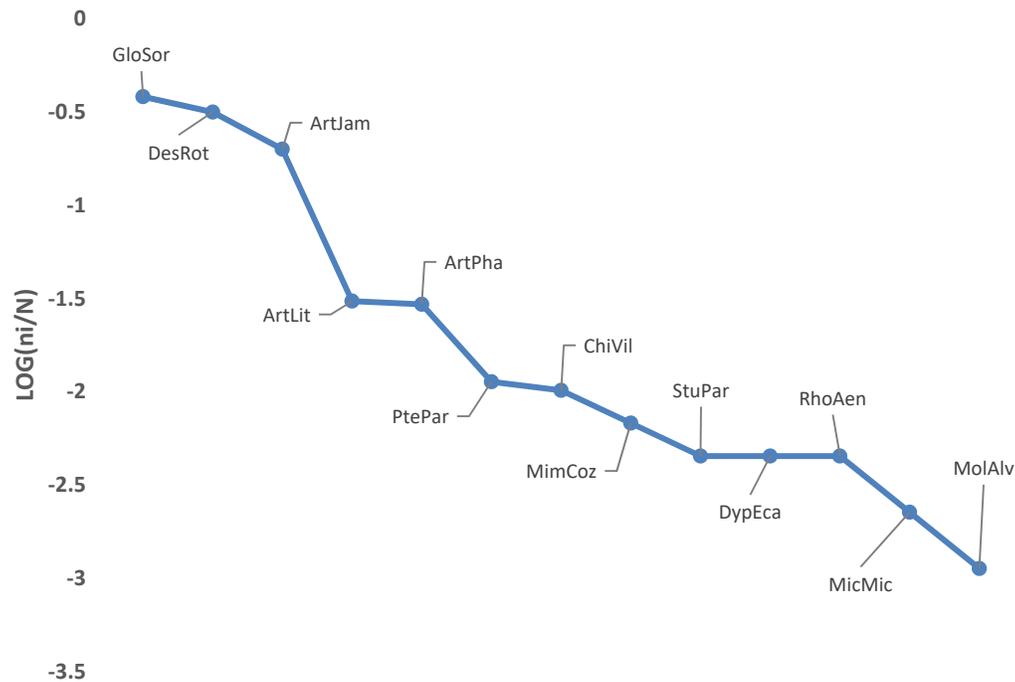


Figura 146. Gráfico de rango-abundancia que describe la estructura de la comunidad de murciélagos presente en el área del proyecto. Las abreviaciones son: **GloSor:** *Glossophaga soricina*, **DesRot:** *Desmodus rotundus*, **ArtJam:** *Artibeus jamaicensis*, **ArtLit:** *Artibeus lituratus*, **ArtPha:** *Artibeus phaeotis*, **PtePar:** *Pteronotus parnelli*, **ChiVil:** *Chiroderma villosum*, **MimCoz:** *Mimon cozumelae*, **StuPar:** *Sturnira parvidens*, **DypEca:** *Dyphilla ecaudata*, **RhoAen:** *Rhogeessa aeneus*, **MicMic:** *Miconycteris microtis*, **MolAlv:** *Molossus alvarezii*.

Transectos de grabación ultrasónica

Durante el monitoreo de murciélagos dentro del área del proyecto se logró durante un ciclo anual a lo largo de los recorridos en transectos se registraron 599 grabaciones, de las cuales únicamente 298 fueron útiles para la identificación de especies. De las anteriores, se registraron 11 especies y un fonotipo identificado hasta familia, estando representadas cuatro familias y ocho (Los sonogramas se pueden consultar en el Anexo). Todas las especies identificadas fueron insectívoras (Cuadro 83). Por este método se logró registrar la única especie endémica de la Península de Yucatán *Rhogeessa aeneus*. De acuerdo al número de sonidos registrados, *Pteronotus davyi* fue la más abundante, mientras que *Saccopteryx bilineata* se registró una sola vez (Figura 147).

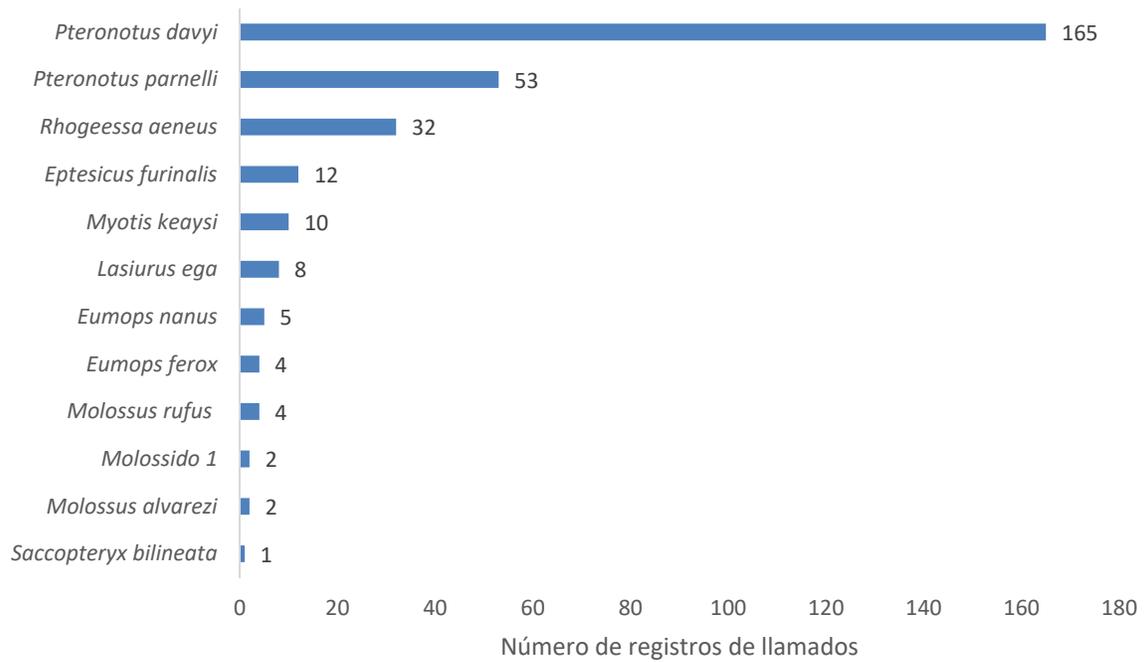


Figura 147. Número de llamados detectados por especie de murciélagos dentro del área del proyecto.

Se logró describir los parámetros de los llamados de las especies de murciélagos detectados. Lo anterior permitió dar mayor certeza a la identificación de las especies al contrastar estos parámetros con los descritos en la literatura especializada (*Cuadro 83*).

Cuadro 83. Caracterización de los sonidos emitidos por murciélagos en Dzemul, Yucatán, México.

ESPECIES	FME (KHZ)	FMIN (KHZ)	FMAX (KHZ)	DUR (MS)	IPI (MS)	N
EMBALLONURIDAE						
Saccopteryx bilineata alta	48	44	50	8.6	67.7	1
Saccopteryx bilineata baja	46	42	46	9	51.2	
MORMOOPIDAE						
Pteronotus davyi	70.23±1.30 68.3-72.7	55.7±1.4 53-57	70.9±1.6 68-74	7.7±0.7 6.3-8.7	59.5±15.2 27.8-79.3	165
Pteronotus parnelli	66.2 ± 0.7 65.4-67.5	54.8 ± 1.9 52-57	66 ± 2.6 61-68	21.8 ± 4.2 17.7-28.2	66.2 ± 0.7 35.8-49.8	53
MOLOSSIDAE						
Molossus alvarezi alta	40.2 ± 0 40.2	37 ± 1.41 36-38	41.5 ± 0.7 41-42	9 ± 0.28 8.8- 9.2	159.7 ± 59.25 117.8-159.7	2
Molossus alvarezi baja	34.6 ± 0.70 34.1 - 35.1	31.5 ±0.70 31 - 32	36 ± 0 36	8.85 ± 1.34 7.9 - 9.8	98.15 ± 11.10 90.3 - 106	
Molossus rufus alta	36.3±2.05 34.9-37.8	33.5±2.12 32-35	36.5±2.12 38-35	9.5±2.1 9.4-9.7	1176 117.6	4
Molossus rufus baja	32.7±1.69 31.5-33.9	28±1.4 27-29	34±1.4 33-35	10.5±0.9 9.9-11.2	119.4±8.2 113.6-125.3	
Eumops ferox	24.65±1.90 23.3-26	19±1.41 18-20	25.5±3.53 23-28	18.25±0.49 17.9-18.6	387.25±30.47 408.8-365.7	4
Eumops nanus	28.8 ±1.04 28-30	24.6 ± 0.5 24-25	34.3 ± 2.5 32-37	13.16 ± 1.19 12.2-14.5	301.6 ± 101.7 237.9- 418.9	5

Molossido 1	30 30-32.6	27 27-28	31 31-34	24.5 14.8-24.5	312.2 223.7-312.2	2
VESPERTILIONIDAE						
<i>Eptesicus furinalis</i>	38.7±1.3 37.8-39.7	35 35	55±2.8 53-57	8.3±1 7.6-9.1	91.2±37.3 64.4-117.7	12
<i>Lasiurus ega</i>	29.9±1.7 28.6-32.5	22.5±0.5 22-23	41.5±2.5 38-44	11.1±5.5 3.7-15.3	191.4±105.5 80.1-299	8
<i>Rhogeessa aeneus</i>	48.9± 2.1 46-51.9	44.4± 2.2 41-48	62.3± 5.6 57-74	3.4± 1 2.5-5.5	84.6± 44.3 48-179.8	32
<i>Myotis keaysi</i>	59.8±1.7 58.6-61.1	52.5±4.9 49-56	79 79	2.8±0.4 2.5-3.1	42.6±3.7 40-45.3	10

Diversidad beta

En el área de influencia los tipos de vegetación que predominan son la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) y vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC). La VSA SBEC cubre el 30.93% del área de influencia mientras que la VSAB SBEC cubre el 56.33%, por lo que los procesos ecológicos y de diversidad deben estar fuertemente influenciados por las especies vegetales que componen a estas dos asociaciones de vegetación. Para medir el grado de recambio de las especies de murciélagos que se presentan dentro del área de influencia se analizó los componentes la biodiversidad beta.

La diversidad beta muestra un alto porcentaje de recambio entre la VSA SBEC y la VSAR SBEC ya que comparten bajos porcentajes de especies (entre el 25 y el 33%). La mayor similitud se presentó (66%) en sitios con donde tienen la misma cobertura vegetal (*Cuadro 84 y Figura 148*) VSA SBEC pero ubicados diferentes partes (Centro-sur y sur). Lo anterior se puede explicar a la diferencia de la estructura de vegetación en donde por un lado predomina el estrato arbóreo y en el otro el estrato arbustivo, esta diferencia en estructura de la vegetación influye en la composición de las especies de murciélagos.

Cuadro 84. Matriz de similitud de acuerdo al análisis de Sorensen para las redes de niebla.

	VSA SBEC 01_SUR	VSA SBEC 02_CENTRO- SUR	VSA SBEC 03_ESTE	VSAR SBEC_OESTE	VSAR SBEC_NORTE
VSA SBEC 01_Sur	*	0.6660	0	0	0
VSA SBEC 02_Centro- Sur	*	*	0	0.5	0
VSA SBEC 03_Este	*	*	*	0.285	0.333
VSAR SBEC_Oeste	*	*	*	*	0
VSAR SBEC_Norte	*	*	*	*	*

Análisis Bray-Curtis

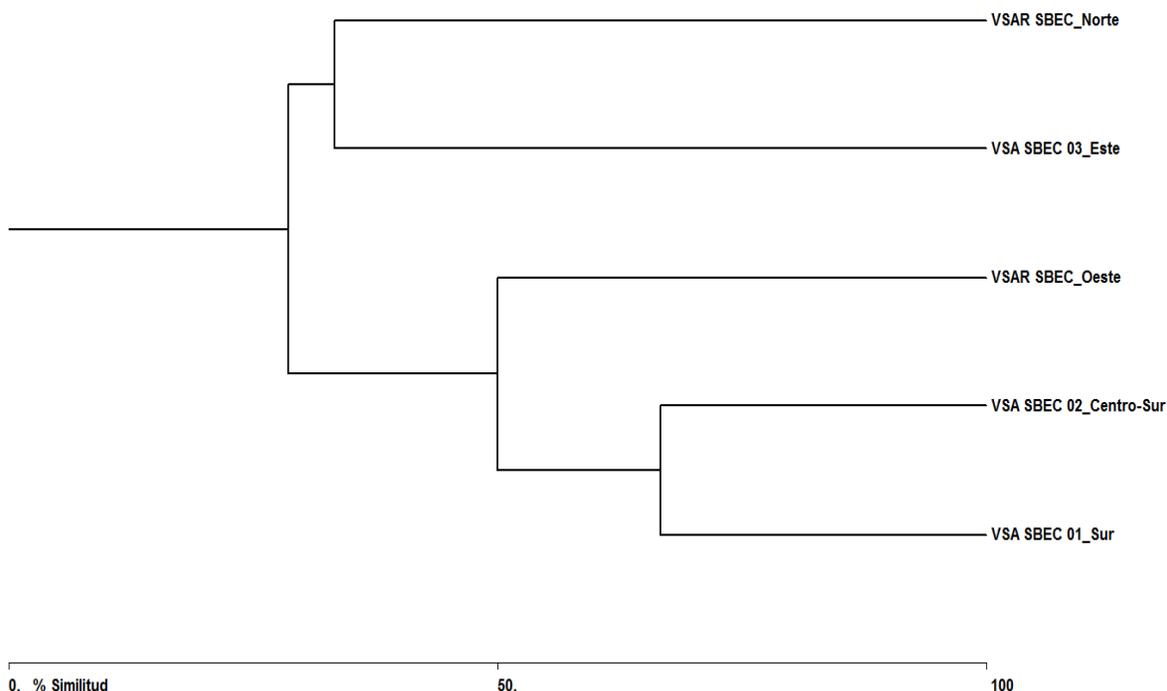


Figura 148. Dendrograma de similitud para los sitios de colecta de datos con redes de niebla en el área de influencia. VSAR SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia; VSA SBEC Vegetación arbórea de selva baja espinosa caducifolia.

Estado de protección y/o endemismos

En total se registraron tres especies de murciélagos que se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y una especie endémica a la península de Yucatán. Dentro de la categoría de Amenizada (A) se encuentran el murciélago orejón centroamericano (*Micronycteris schmidtorum*) y murciélago lanza de Cozumel (*Mimon cozumelae*); ambas especies pertenecientes a la subfamilia Phyllostominae; en la categoría de Protección especial (Pr) se registró al murciélago con bonete enano (*Eumops nanus*) perteneciente a la familia Molossidae. En el caso de endemismos, se registró al murciélago amarillo yucateco (*Rhogeessa aeneus*) como endémico a la Península de Yucatán, aunque localmente es abundante y por lo tanto su población no se encuentra amenazada.

Importancia ecológica y/o económica

En los murciélagos sobresale su alta variedad de tipos de alimentación, principalmente los que se alimentan de frutos (frugívoros), néctar (nectarívoros), polen (polinívoros), insectos (insectívoros), peces (piscívoros), sangre (sanguinívoros o hematófagos), así como algunos vertebrados como ranas y lagartijas (carnívoros). De acuerdo a las especies registradas, se representaron casi en su totalidad los gremios alimenticios, con excepción de los carnívoros y picívoros (comen peces).

Lo anterior, nos sugiere la importancia ecológica y económica de la comunidad de murciélagos en el área de estudio. Por un lado, la dispersión de semillas, pues se ha documentado que los murciélagos frugívoros dispersan la misma cantidad, o incluso más que las aves; dispersando principalmente semillas de plantas pioneras, favoreciendo la regeneración de bosques y selvas (Medellín y Gaona, 1999; Galindo *et al.*, 2000). Por otro lado, en el área sólo se registró un murciélago con hábitos principalmente nectarívoros, el murciélago lengüetón (*Glossophaga soricina*). Su importancia recae en que este es el único murciélago con estos hábitos en el estado de Yucatán (Sosa-Escalante *et al.*, 2014) y es posible que se alimenten de plantas que solo abren sus flores durante la noche, resultando una relación en la cual las plantas y los murciélagos dependen de manera mutua (Neuweiler, 2000).

También se registraron dos especies sanguívoras, el murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*) y el murciélago pata peluda (*Diphylla ecaudata*), el primero es el único que se alimenta de sangre de mamíferos, y es el principal causante de pérdidas en ganadería, ya que son transmisores de la rabia parálitica o “derriengue”, mientras que el segundo se alimenta principalmente de sangre. No obstante, por falta de información se realizan acciones perjudiciales hacia otras especies que, como ya se mencionó, tienen beneficios directos e indirectos en los ecosistemas.

Finalmente, la mayor presencia registrada en el área fue de murciélagos insectívoros, los cuales tienen un rol importante en la agricultura. Pues mantienen reguladas las poblaciones de insectos que potencialmente se convertirían en plagas de muchos cultivos. Por ejemplo, se ha documentado que un solo murciélago insectívoro consume en una noche una tercera parte de su peso corporal, y se ha demostrado en plantaciones de café que, ante la ausencia de murciélagos, las poblaciones de insectos aumentan hasta un 84% (Williams-Guillén *et al.*, 2008).

Discusión y conclusiones

La riqueza de especies que actualmente se tiene registrada en el estado de Yucatán es de 43 murciélagos (Sosa-Escalante *et al.*, 2014). En el área de influencia del proyecto parque eólico Chicxulub se logró registrar 26 especies y dos fonotipo, logrando una representación del 60.4 % de las especies a nivel estatal y el 18.7% de la quiropterofauna de México. Estos resultados se derivan de la complementariedad de los métodos de colecta de datos, pues se ha comprobado su eficiencia en áreas tropicales, registrando la mayor cantidad de especies en el menor tiempo posible (Pech-Canché *et al.*, 2011). Aunado a lo anterior, la incorporación de la información derivada del monitoreo de murciélagos realizado durante un ciclo anual permitió incorporar la variabilidad temporal que puede existir a la hora de describir una comunidad biológica. En este sentido, se tiene la certeza de que se logró establecer una buena línea base sobre la riqueza y abundancia que tendrá que ser monitoreada en las siguientes etapas de proyecto.

La riqueza y abundancia de murciélagos descrita en este estudio es similar a la descrita en otras localidades cercanas al área de influencia. Por ejemplo la que se describió en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos que se encuentra a más de 150 km de distancia del proyecto. En esta Reserva la abundancia de especies fue baja en el primer semestre del año, aumentando considerablemente en los meses de julio y agosto, los cuales representan la temporada de lluvias en la entidad (Sélem-Salas *et al.*, 2012; Tzab-Hernández, 2012). Asimismo, se registró menor abundancia en vegetación de selva baja caducifolia, en comparación con selva mediana subperennifolia (Tzab-Hernández, 2012). Lo anterior coincide con lo descrito para el presente estudio donde la riqueza y la abundancia fue menor durante la temporada de secas, mientras que en la temporada de lluvias (específicamente en los meses de julio y noviembre) fue cuando se presentó la mayor riqueza y abundancia de especies. Lo anterior puede ayudar a implementar medidas de mitigación de impactos principalmente de aquellas que se propongan para reducir el número de colisiones contra los aerogeneradores.

Por otro lado, la Reserva Dzilam que se encuentra aproximadamente a 56 km del área del proyecto se han registrado 19 especies (omitiendo *Artibeus intermedius* por reacomodo taxonómico), registrándose la mayoría a los 14 días de colecta; destacando especies que comúnmente no son capturadas en redes de niebla (Segovia-Castillo, 1995; Hernández-Betancourt *et al.*, 1996).

Con el uso de grabaciones ultrasónicas se aumentó el número de especies en el área del proyecto. Estudios similares en esta región han mostrado que el uso complementario maximiza el registro de especies, un ejemplo de ello es el trabajo de Tapia-Aguilar (2013), quién hace uso de grabaciones ultrasónicas en la Reserva Ría Lagartos, aumentando en siete especies a las registradas por Sélem-Salas (2012), obteniendo un total de 26 especies para esta Reserva (Sélem-Salas *et al.*, 2012; Tapia-Aguilar, 2013). En el presente estudio se logró demostrar la complementariedad del inventario gracias al empleo de los métodos de redes de niebla y el método acústico (MacSwiney *et al.*, 2008). El 42% de las especies registradas dentro del área de influencia (n=26) se logró por medio de capturas con redes de niebla mientras que el 53.8% se logró solamente por el medio acústico. Es decir si solamente se hubiera empleado uno de estos métodos (como en la mayoría de los estudios de impacto se hace) se estaría subestimando la riqueza total de murciélagos.

Dentro de la comunidad de murciélagos descrita se pueden resaltar tres especies de alto valor de conservación. Se trata de el murciélago orejón centroamericano (*Micronycteris schmidtorum*), murciélago lanza de Cozumel (*Mimon cozumelae*) del murciélago con bonete enano (*Eumops nanus*) ya que se encuentran incluidas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (las dos primeras en la categoría de amenazada y la tercera en protección especial). En el contexto del proyecto eólico *E. nanus* es la que podría verse más afectada por la instalación y operación de los aerogeneradores, ya que se trata de un murciélago insectívoro aéreo que vuela a alturas por arriba del dosel y en espacios

abiertos por lo que su interacción con los aerogeneradores es probable. De hecho, se han encontrado cadáveres de esta especie dentro de parques eólicos del Istmo de Tehuantepec (Villegas-Patracca obs. per.) por lo que se tendrá que considerarse como una especie focal dentro del programa de monitoreo que se implemente. Para el caso de *M. schmidtorum* y *Mimon cozumelae* su vulnerabilidad se debe sobre todo a la pérdida de su hábitat, ya que estas especies son características de condiciones de interior de bosque en buen estado de conservación. Se prevé que una vez instalados los aerogeneradores estas especies se vean poco afectadas. Por último, hay que destacar al murciélago amarillo yucateco (*Rhogeessa aeneus*) especie endémica de la Península de Yucatán ya que, por los registros obtenidos en el presente estudio, al parecer es abundante dentro del área de proyecto; su forma de forrajeo en busca de pequeños insectos, en espacios abiertos y en los bordes de vegetación puede producir interacciones con los aerogeneradores. Esta especie tendrá que ser considerada como una especie focal dentro de programa de monitoreo que se implemente en las siguientes etapas de proyecto.

Desde el punto de vista de los proyectos eólicos, las especies insectívoras son relevantes ya que algunas especies forrajean a alturas entre los 10-30 m, o de 40 m hacia arriba haciéndolos más susceptibles a interactuar con las aspas de los aerogeneradores. Este grupo de murciélagos se puede dividir en dos grupos, los insectívoros aéreos que se caracterizan por presentar alas angostas y cuerpo pequeño que les permite desarrollar un vuelo acrobático, y los insectívoros de follaje que por lo regular vuelan a menor altura (2-5 m), y que se caracterizan por presentar alas más anchas y una masa corporal mayor (Neuweiler, 2000). Las especies de murciélagos insectívoros que se lograron registrar dentro del área de influencia, 16 especies, se pueden dividir dentro de estos dos grupos. Los miembros de la familia Mormoopidae y Natalidae entrarían dentro del primer grupo mientras que los miembros de las familias Emballonuridae, Molossidae y Vespertilionidae entrarían dentro del segundo grupo. De este segundo grupo especial atención se debe poner a las siguientes especies: *Eumops ferox*, *Molossus rufus*, *Nyctinomops laticaudatus*, *Eptesicus furinalis* y *Laiurus ega* ya que son frecuencia se registran cadáveres dentro de los parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec (Bolívar-Cimé *et al.*, 2016).

Pero sin duda el registro del murciélago lomo pelón (*Pteronotus davyi*) y de otros miembros de la familia Mormoopidae como los son *Mormoops megalophylla* y *Pteronitius parnellii* son los que mayor atención y seguimiento deben tener en las siguientes etapas del proyecto ya que son especies que han presentado el mayor número de registros de colisión en parques eólicos de México (Arnett *et al.* 2016). Aunque se desconocen las razones sobre las colisiones de murciélagos, algunos autores han desarrollado hipótesis al respecto (Kunz *et al.*, 2007). Ante esta situación, es posible que estas especies se vean afectadas durante el desarrollo eólico, siendo necesario encaminar estudios de poblaciones e identificar refugios dentro y en las inmediaciones donde se establecerá el proyecto, principalmente los aerogeneradores.

Con respecto a las especies frugívoras y nectarívoras, si bien son importantes en el funcionamiento de los ecosistemas, son poco relevantes en el contexto de parques eólicos porque generalmente vuelan por abajo del dosel. Lo anterior no significa que no se les deba poner atención a éstas, ya que pueden presentar cambios en su comportamiento de vuelo una vez instalados los parques eólicos o verse afectadas por la pérdida de cobertura vegetal, lo cual las obligaría a desplazarse hacia otros lugares buscando refugio y alimento.

Herpetofauna

Introducción

Como muchos otros grupos de seres vivos, los anfibios y reptiles se encuentran seriamente amenazados (Stuart *et al.*, 2010; Bhöm *et al.*, 2012; Van Dijk *et al.*, 2012), siendo ampliamente aceptado que su declinación actual está relacionada con factores antrópicos que se diferencian de las fluctuaciones ecológicas naturales (Gibbons *et al.*, 2000; Stuart *et al.*, 2010).

Debido a la complejidad de su biología, puede ser considerada como indicadora de la integridad ambiental al cumplir funciones importantes en los ecosistemas (Tuberville *et al.*, 2005). Por esta razón, los anfibios y reptiles son considerados un grupo vulnerable y el conocimiento básico de los parámetros ecológicos como su riqueza, diversidad, abundancia y distribución son de gran importancia para caracterizar un ecosistema.

La Península de Yucatán es una de las partes más reconocibles de México, son tres los estados mexicanos que la conforman, siendo el estado de Yucatán el que menos estudios formales sobre este grupo presenta (Chablé-Santos, 2014). Pese a ello, en estado se registran 87 especies de reptiles y 19 especies de anfibios, de las cuales 21 especies son endémicas de la Provincia Biótica Península de Yucatán (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006; Chablé-Santos, 2014). Pese a esto los estudios sobre este grupo en la entidad son pocos y relativamente recientes, y en su mayoría se trata de listados de áreas específicas y en menor medida estudios enfocados en alguna especie que se encuentra en una situación ambiental vulnerable. Por esta razón cualquier estudio relacionado con el impacto de factores antrópicos directos o indirectos a este grupo en particular, es de alto valor para una mejor comprensión del grupo en los ecosistemas que integran la Península de Yucatán.

Métodos

» Trabajo de campo

Transectos

La metodología utilizada en la colecta de datos para la herpetofauna del área de interés consistió en la observación, conteo y captura (relevamiento por encuentro visual), de individuos en los diferentes tipos de hábitats y micro hábitats (bajo rocas, troncos, hojarasca, grietas, etc.), a lo largo de transectos de distancia y tiempo fijo (transecto de 500x10 m recorrido en tres horas). Este tipo de método (Angulo *et al.*, 2006; Aguirre-León, 2011: En Gallina y López-Gonzales, 2011), permite evaluar diferencias faunísticas entre varias áreas (gradientes topográficos, gradientes de hábitat, zonas con diferentes tipos de vegetación, etc.).

También se realizaron colectas *Ad libitum*, las cuales consisten en registrar aquellas especies de manera oportunista en diferentes puntos y que para fines del método no entran en los transectos y

no se tomaron en cuenta para los análisis de diversidad alfa, estimación de la riqueza, abundancia relativa y complementariedad de especies. Para los objetivos del estudio, estos registros se denominaron como registros fuera de transecto.

La captura de los organismos se realizó de manera manual, utilizando la experiencia en aquellas especies que no representarían peligro alguno. La captura de animales que, por defenderse, pudieran ocasionar algún daño (serpientes), se realizó con la ayuda de ganchos herpetológicos. Todos los individuos colectados, fueron identificados, evaluados físicamente, medidos, pesados, fotografiados, georreferenciados y liberados en los mismos sitios donde se colectaron. La identificación de las especies se realizó mediante experiencia personal y con ayuda de guías y claves taxonómicas (Lee, 1996; Brito-Castillo, 1998; Campbell, 1998; Lee, 2000; González-Martínez y Chablé-Santos, 2005; Peña-Peniche, 2006).

» Análisis de datos

Los análisis de diversidad α fueron realizados basándose en el índice de diversidad verdadera (Moreno *et al.*, 2011), que incorpora el concepto de equidad para estimar la riqueza de especies.

El gráfico rango-abundancia las especies son ordenadas en secuencia de las más abundantes a lo largo del eje X y en el eje Y su abundancia relativa (n_i/N) en escala logarítmica en base 10 (\log_{10}) (Feinsinger 2003; Magurran, 2004).

Los índices de completitud para evaluar el porcentaje de herpetofauna registrada, fueron obtenidos con el estimador Chao 1. Para el análisis de la diversidad β (similitud) entre los estados de sucesión, se utilizó el estimador Bryan-Curtis y se representó mediante un dendrograma y una matriz de similitud. Los programas utilizados para los análisis antes mencionados fueron EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013) y PAST.exe (Hammer *et al.*, 2001).

» Resultados

Listado potencial de especie

El listado de distribución potencial de las especies se generó en base a bibliografía especializada tanto escrita como electrónica (Flores-Villela, 1993a; Flores-Villela, 1993b; Lee, 1996; Brito-Castillo, 1998; Campbell, 1998; Lee, 2000; González-Martínez y Chablé-Santos, 2002; González-Martínez y Chablé-Santos, 2005; Peña-Peniche, 2006; Liner, 2007; Flores-Villela y García-Vázquez, 2014; Parra-Olea *et al.*, 2014). El estado de protección legal de las especies se analizó con base en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2014) y los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2014).

De esta manera, se obtuvo un listado de especies de anfibios y reptiles de 106 especies de herpetofauna, de las cuales 19 son anfibios y 87 reptiles. La clase Amphibia estuvo representada por dos órdenes, Anura (ranas y sapos) con 18 especies, de las cuales cinco se encuentran listadas en alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, y una especie del orden Caudata (Salamandras). De este grupo son tres las especies endémicas de México.

Por su parte la clase Reptilia (reptiles) estuvo compuesta por tres órdenes; Squamata, Testudines y Crocodylia. El orden Squamata (lagartos y serpientes) fue el más rico con 77 especies, seguido de Testudines (Tortugas) con ocho y Crocodylia (Cocodrilos) con dos (*Cuadro 85*).

Cuadro 85. Número de especies de anfibios y reptiles con distribución potencial en el SAR del proyecto eólico Chicxulub.

CLASE	ORDENES	ESPECIES	NOM-059 SEMARNAT 2010	ENDÉMICAS
Amphibia	Anura	18	4	2
	Caudata	1	1	1
Reptilia	Squamata	77	20	12
	Testudines	8	6	2
	Crocodylia	2	2	0
	Total	106	33	17

» Trabajo de campo

Esfuerzo de colecta de datos

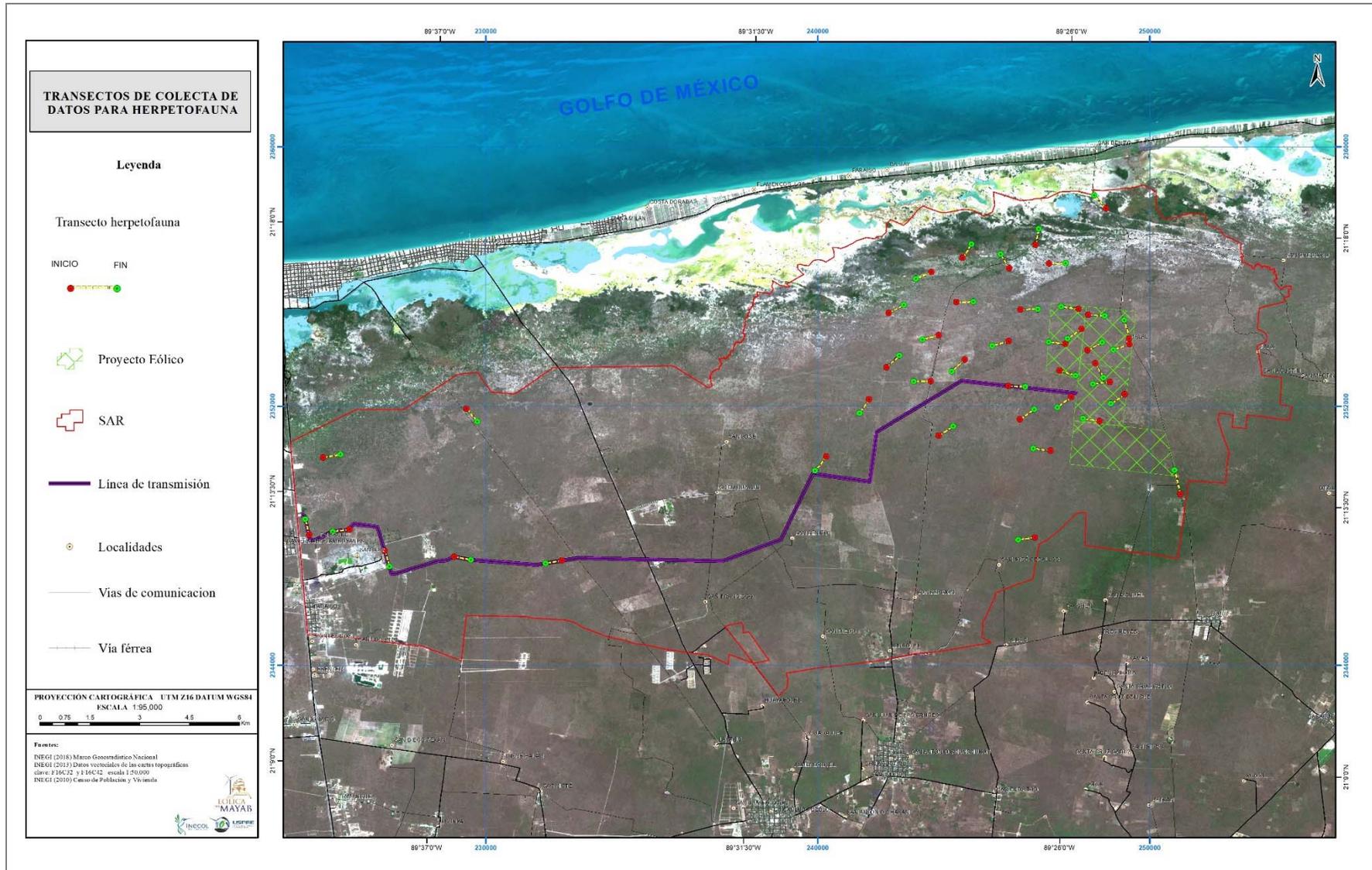
- **Transectos**

Se realizó un total de 36 transectos para el conteo de individuos por relevamiento de encuentro visual (*Cuadro 86*) La cantidad total recorrida fue de 18 kilómetros. La duración de cada transecto fue de tres horas por lo que el total fue 108 horas/hombre. Los transectos realizados 18 transectos dentro del Área del Proyecto y 18 más en el SAR (*Figura 149*). No fue posible realizar el mismo esfuerzo de colecta en todas las unidades ambientales ya que la superficie de estas dentro del SAR y el área del proyecto eólico Chicxulub no es equitativa.

Adicionalmente se realizaron transectos oportunistas sobre los caminos y rutas de acceso al sistema ambiental regional (SAR) con la finalidad de incrementar la posibilidad de registrar especies de amplia tolerancia a las perturbaciones antrópicas.

Cuadro 86. Coordenadas UTM de los transectos para el conteo de individuos por relevamiento visual de anfibios y reptiles dentro del SAR del proyecto eólico Chicxulub.

UBICACIÓN	TIPO DE VEGETACIÓN	TRANSECTO	COORDENADAS UTM			
			INICIO		FINAL	
			X	Y	X	Y
Área de Proyecto	VSA SBEC	1	249247	2352361	248833	2352074
	VSAR SBEC	2	248363	2353318	248609	2352872
	VSAR SBEC	3	248495	2351536	247990	2351619
	VSA SBEC	4	248124	2353728	248568	2353967
	VSA SBEC	5	247854	2355001	247334	2355068
	VSAR SBEC	6	247948	2354384	247527	2354085
	VSAR SBEC	7	247288	2353096	247771	2352941
	VSAR SBEC	8	249393	2353914	248904	2353734
	VSAR SBEC	9	249379	2354084	249238	2354656
	VSAR SBEC	10	245738	2352621	246254	2352596
	VSAR SBEC	11	243400	2352769	242896	2352764
	VSAR SBEC	12	241540	2352206	241257	2351789
	VSA SBEC	13	240259	2350447	239920	2350010
	VSA SBEC	14	232295	2347237	231797	2347154
	VSA SBEC	15	229045	2347358	229549	2347258
	VSAR SBEC	16	226955	2347534	227102	2347054
	VSAR SBEC	17	225892	2348196	225390	2348129
	VSAR SBEC	18	224680	2348025	224559	2348515
SAR	SABANA	1	245766	2356257	245507	2356685
	SABANA	2	246962	2356396	247464	2356411
	MANGLAR	3	248682	2358102	248332	2358503
	VSAR SBEC	4	246109	2354982	246624	2354989
	VSAR SBEC	5	244174	2355211	244689	2355219
	VSAR SBEC	6	245753	2354004	245254	2353862
	VSA SBEC	7	247636	2352283	247220	2351962
	VSAR SBEC	8	246087	2351593	246518	2351899
	VSA SBEC	9	247012	2350624	246494	2350698
	VSAR SBEC	10	243645	2354188	243150	2354055
	VSAR SBEC	11	242143	2354876	242593	2355127
	VSAR SBEC	12	242070	2353196	242456	2353561
	VSA SBEC	13	243647	2351092	244084	2351382
	VSA SBEC	14	246538	2347946	246037	2347879
	VSA SBEC	15	225100	2350414	225616	2350510
	VSAR SBEC	16	229416	2351922	229744	2351520
	VSAR SBEC	17	244425	2353435	244035	2353071
	VSA SBEC	18	250924	2349288	250747	2350027



» Análisis de la riqueza, estructura y diversidad de la comunidad

Riqueza

Como resultado de la colecta de datos mediante transectos y registros adicionales, se reportó una riqueza de anfibios y reptiles de 31 especies, además de una abundancia total de 320 individuos, siendo únicamente 270 los registros realizados por medio de transectos. Del total de especies siete correspondieron a anfibios y 24 reptiles, de las cuales tres especies son endémicas de México. La riqueza de herpetofauna encontrada durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub es del 29.25% del total de especies con distribución potencial en la región de la planicie noroccidental de la Península de Yucatán.

Los anfibios estuvieron representados solamente por el orden Anura que incluye ranas y sapos. Se reportó la presencia de tres familias. Las familias Bufonidae, Hylidae y Ranidae, siendo la familia Hylidae quien presenta la mayor riqueza con cuatro especies registradas, siguiendo de la familia Bufonidae con dos especies y Ranidae con una sola especie.

La clase Reptilia estuvo representada por tres órdenes: Crocodilia (cocodrilos) con una familia e igual número de especies, Squamata (lacertilios y serpientes) con 12 familias y 20 especies, y el orden Testudines (tortugas) estuvo representado por tres familias e igual número de especies (*Cuadro 87*).

Las familias Colubridae fue la de mayor riqueza habiendo sido registradas cinco especies, seguida por la familia Hylidae con cuatro especies. Las familias Bufonidae, Corytophanidae, Iguanidae, Phrynosomatidae y Teiidae estuvieron representadas por dos especies cada una, mientras que el resto de las familias aportaron únicamente una especie (*Figura 150*).

Cuadro 87. Listado taxonómico de especies de anfibios y reptiles registrados mediante transectos y registros adicionales dentro del SAR y el área del proyecto eólico Chicxulub.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	SAR	ÁREA DEL PROYECTO
Amphibia	Anura	Bufonidae	<i>Incilius valliceps</i>	Sapo costero		TR
			<i>Rhinella horribilis</i>	Sapo gigante		TR
		Hylidae	<i>Scinax staufferi</i>	Rana arborícola trompuda		TR
			<i>Smilisca baudinii</i>	Rana de árbol mexicana	TR	
			<i>Trachycephalus typhonius</i>	Rana arborícola lechosa	TR	TR
			<i>Tripurion petasatus</i>	Rana cabeza de pala	TR	
			Ranidae	<i>Lithobates brownorum*</i>	Rana leopardo	
Reptilia	Crocodilia	Crocodylidae	<i>Crocodylus moreletii</i>	Cocodrilo de pantano		TR, RA

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	SAR	ÁREA DEL PROYECTO
	Testudines	Emydidae	<i>Trachemys venusta</i>	Tortuga de Guadalupe		TR
		Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Tortuga mojina de monte		TR
		Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	Tortuga pecho quebrado labios blancos	TR	
	Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Toloque rayado		TR
			<i>Laemanctus serratus</i>	Toloque coronado	TR	
		Dactyloidae	<i>Anolis rodriguezi</i>	Abaniquillo liso del sureste	TR, RA	TR, RA
		Eublepharidae	<i>Coleonyx elegans</i>	Geco de bandas yucateco	TR	
		Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Besucona		TR, RA
		Iguanidae	<i>Cachryx defensor*</i>	Iguana yucateca de cola espinosa	TR, RA	TR, RA
			<i>Ctenosaura similis</i>	Iguana negra de cola espinosa	TR, RA	TR, RA
		Scincidae	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	Eslizón yucateco	TR	
		Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	Lagartija espinosa de puntos amarillos	TR, RA	TR, RA
			<i>Sceloporus lundelli</i>	Lagartija espinosa yucateca	TR	TR
		Teiidae	<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	Huico yucateco	TR, RA	TR, RA
			<i>Holcosus undulatus</i>	Lagartija arcoiris	TR, RA	TR, RA
		Boidae	<i>Boa imperator</i>	Mazacuata		TR
		Colubridae	<i>Drymarchon melanurus</i>	Culebra arroyera de cola negra		TR
			<i>Leptophis ahaetulla</i>	Ranera perico		TR
			<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla parda	TR	
			<i>Spilotes pullatus</i>	Serpiente tigre		TR
			<i>Boa constrictor</i>	Coniophanes imperialis		TR
		Elapidae	<i>Micrurus diastema*</i>	Serpiente coralillo del sureste	TR	
		Viperidae	<i>Crotalus tzabcan</i>	Cascabel yucateca	TR	TR
T: Transecto; RA: Registro adicional. *Especie endémica						

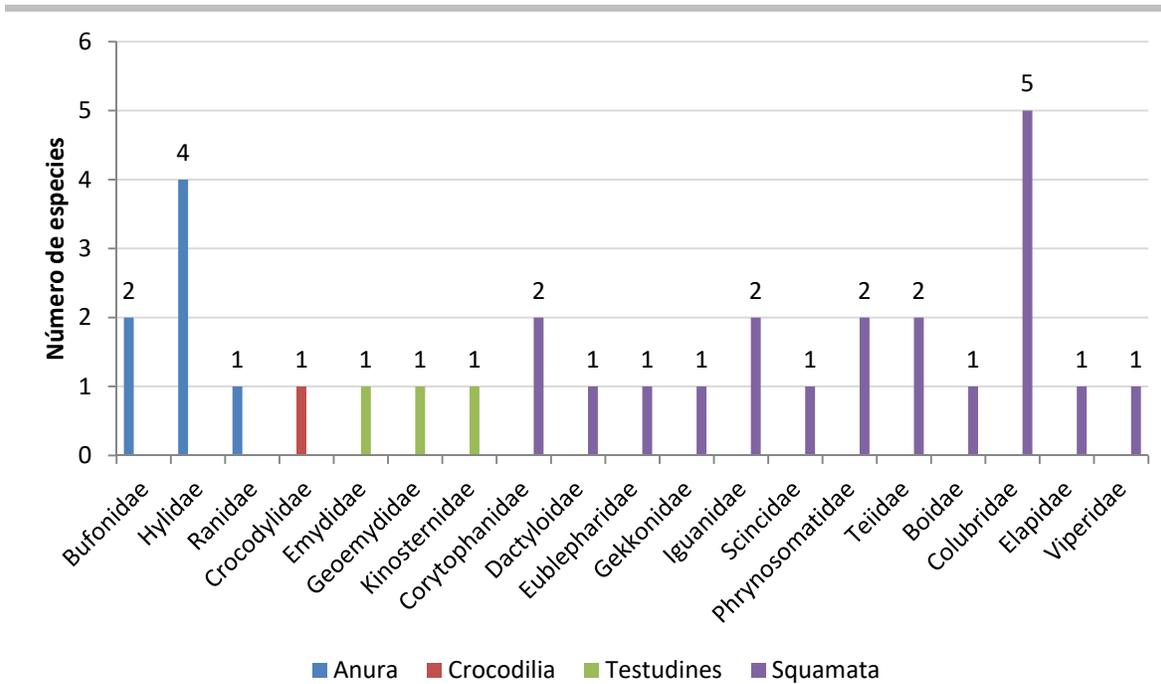


Figura 150. Especies de anfibios y reptiles registradas por familia durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

El 70.97% (N=22) de las especies fue registrada mediante los transectos de conteo por relevamiento visual mientras que el 29.03% (N=9) fue registrada en ambos métodos que fue el caso de *Lithobates brownorum*, *Crocodylus moreletii*, *Anolis rodriguezi*, *Hemidactylus frenatus*, *Cachryx defensor*, *Ctenosaura similis*, *Sceloporus chrysostictus*, *Aspidoscelis angusticeps* y *Holcosus undulatus* (Figura 151). En durante la colecta de datos no se obtuvieron registros exclusivos por el método de “registro adicional”.

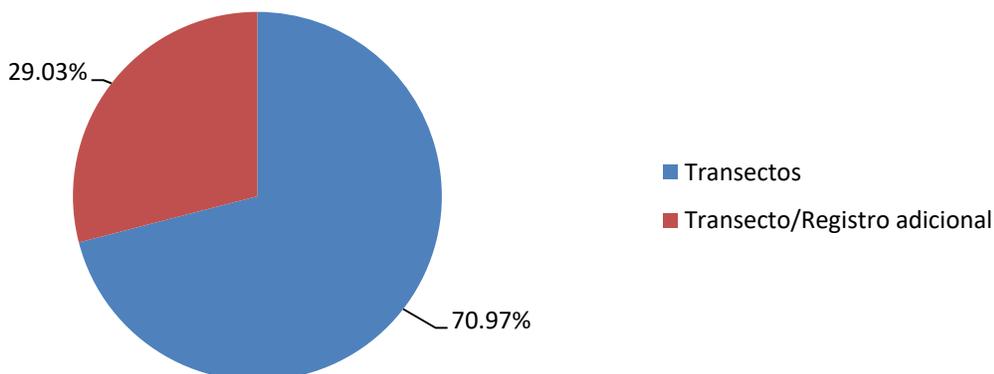


Figura 151. Porcentaje de especies de herpetofauna registradas por método durante la colecta de datos Abundancia relativa del proyecto eólico Chicxulub.

Abundancia relativa

Se calculó la abundancia relativa de las especies de anfibios y reptiles encontradas mediante transectos (*Cuadro 88*). Se excluyeron aquellos datos obtenidos por registros adicionales ya que no formaron parte del método empleado de manera sistemática para estimar la riqueza, abundancia y diversidad.

Se contabilizó un total de 270 individuos de herpetozoos distribuidos en el SAR y el área del proyecto eólico Chicxulub durante el periodo de colecta de datos, pertenecientes a 31 especies. La especie la más abundante fue la lagartija espinosa de puntos amarillos (*Sceloporus chrysostictus*) con 93 individuos (0.344 AR), seguido de la iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) con 67 (0.248 AR), el huico yucateco (*Aspidoscelis angusticeps*) con 51 (0.189 AR) y la iguana yucateca de cola espinosa (*Cachryx defensor*) con 14 (0.052 AR). De las especies restantes, ocho tuvieron entre dos y ocho individuos registrados, mientras que las 19 especies restantes estuvieron representadas únicamente por un ejemplar. Cabe mencionar que no hubo especies registradas exclusivamente de manera adicional (Registro adicional).

En la curva de rango abundancia, uno de los métodos más conocidos e informativos (Krebs, 1986; Feinsinger 2003), se aprecia la tendencia de los registros de las especies distribuidas en el proyecto eólico Chicxulub durante la colecta de datos (*Figura 152*).

Cuadro 88. Abundancia por especie de herpetofauna registrada mediante transectos durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

SAR			ÁREA DE PROYECTO		
ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	AR	ESPECIE	NÚMERO DE INDIVIDUOS	AR
<i>Incilius valliceps</i>	1	0.008	<i>Smilisca baudinii</i>	1	0.007
<i>Rhinella horribilis</i>	1	0.008	<i>Trachycephalus typhonius</i>	2	0.014
<i>Scinax staufferi</i>	2	0.016	<i>Tripriion petasatus</i>	1	0.007
<i>Trachycephalus typhonius</i>	1	0.008	<i>Kinosternon leucostomum</i>	1	0.007
<i>Lithobates brownorum</i>	1	0.008	<i>Laemanctus serratus</i>	2	0.014
<i>Crocodylus moreletii</i>	3	0.025	<i>Anolis rodriguezi</i>	2	0.014
<i>Trachemys venusta</i>	1	0.008	<i>Coleonyx elegans</i>	1	0.007
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	1	0.008	<i>Cachryx defensor</i>	8	0.054
<i>Basiliscus vittatus</i>	1	0.008	<i>Ctenosaura similis</i>	22	0.149
<i>Anolis rodriguezi</i>	1	0.008	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	1	0.007
<i>Hemidactylus frenatus</i>	1	0.008	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	65	0.439
<i>Cachryx defensor</i>	6	0.049	<i>Sceloporus lundelli</i>	2	0.014
<i>Ctenosaura similis</i>	45	0.369	<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	31	0.209
<i>Sceloporus chrysostictus</i>	28	0.230	<i>Holcosus undulatus</i>	6	0.041
<i>Sceloporus lundelli</i>	1	0.008	<i>Oxybelis aeneus</i>	1	0.007
<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	20	0.164	<i>Micrurus diastema</i>	1	0.007
<i>Holcosus undulatus</i>	2	0.016	<i>Crotalus tzabcan</i>	1	0.007
<i>Boa imperator</i>	1	0.008		148	
<i>Drymarchon melanurus</i>	2	0.016			
<i>Leptophis ahaetulla</i>	1	0.008			
<i>Spilotes pullatus</i>	1	0.008			
<i>Coniophanes imperialis</i>	1	0.008			
Total	122				

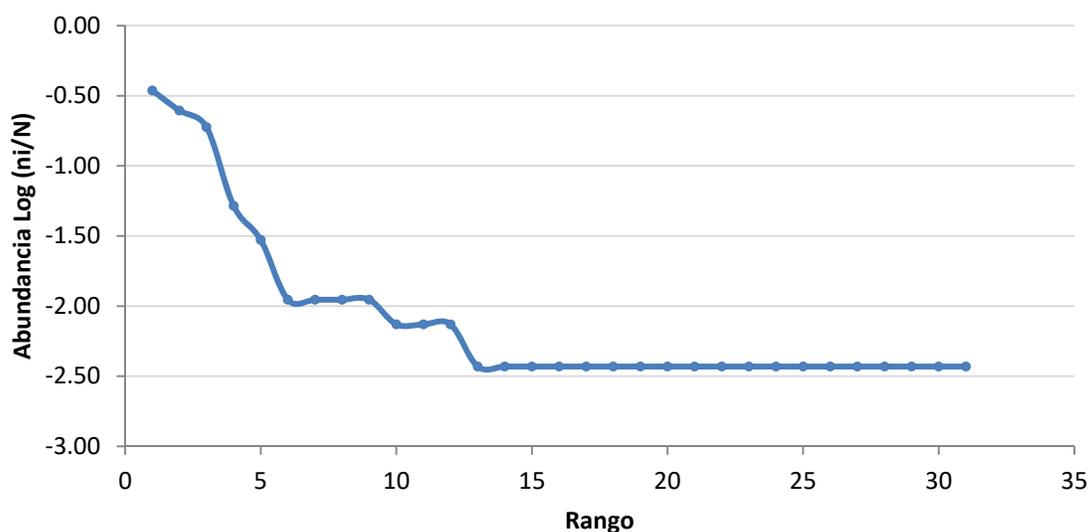


Figura 152. Curva rango-abundancia de las especies de anfibios y reptiles registradas mediante transectos durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

Estado de protección y endemismo

Del total de especies, 11 se encontraron listadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Cuadro 89). De estas, una especie se encuentra en la categoría de En peligro de extinción (P), cuatro se encuentran listadas como Amenazadas (A) mientras que las seis restantes están en la categoría de Protección especial (Pr). Del total de especies listadas, tres son endémicas: la rana leopardo (Pr), la iguana yucateca de cola espinosa (P) y la serpiente coralillo del sureste (Pr).

Son 22 las especies de herpetozoos listada en el IUCN, de las cuales una se encuentra en la categoría Vulnerable (VU), una en la categoría de Casi amenazada (NT), y las 20 especies restantes se encuentran en la categoría de Preocupación menor (LC). Solo una especie esta listada en el CITES: *Crocodylus moreletii* (II).

La presencia de estas especies no se limita a un área en particular, siendo evidente que los individuos se distribuyen en toda la extensión del proyecto eólico Chicxulub (Figura 153), por lo que no es posible definir una zona en la que las estas se encuentren.

Cuadro 89. Estado de conservación de las especies de anfibios y reptiles registrados durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

ESPECIE	NOM-059 SEMARNAT 2010	IUCN	CITES	ENDÉMICA
<i>Incilius valliceps</i>		LC		
<i>Rhinella horribilis</i>		LC		
<i>Scinax staufferi</i>		LC		

ESPECIE	NOM-059 SEMARNAT 2010	IUCN	CITES	ENDÉMICA
<i>Smilisca baudinii</i>		LC		
<i>Trachycephalus typhonius</i>		LC		
<i>Tripion petasatus</i>	Pr	LC		
<i>Lithobates brownorum</i>	Pr			Si
<i>Crocodylus moreletii</i>	Pr	LC	II	
<i>Trachemys venusta</i>				
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	A	NT		
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Pr			
<i>Basiliscus vittatus</i>		LC		
<i>Laemanctus serratus</i>	Pr	LC		
<i>Anolis rodriguezi</i>				
<i>Coleonyx elegans</i>	A	LC		
<i>Hemidactylus frenatus</i>		LC		
<i>Cachryx defensor</i>	P	VU		Si
<i>Ctenosaura similis</i>	A	LC		
<i>Mesoscincus schwartzei</i>		LC		
<i>Sceloporus chrysostictus</i>		LC		
<i>Sceloporus lundelli</i>		LC		
<i>Aspidoscelis angusticeps</i>		LC		
<i>Holcosus undulatus</i>		LC		
<i>Boa imperator</i>				
<i>Drymarchon melanurus</i>		LC		
<i>Leptophis ahaetulla</i>	A			
<i>Oxybelis aeneus</i>				
<i>Spilotes pullatus</i>				
<i>Coniophanes imperialis</i>		LC		
<i>Micrurus diastema</i>	Pr	LC		Si
<i>Crotalus tzabcan</i>				

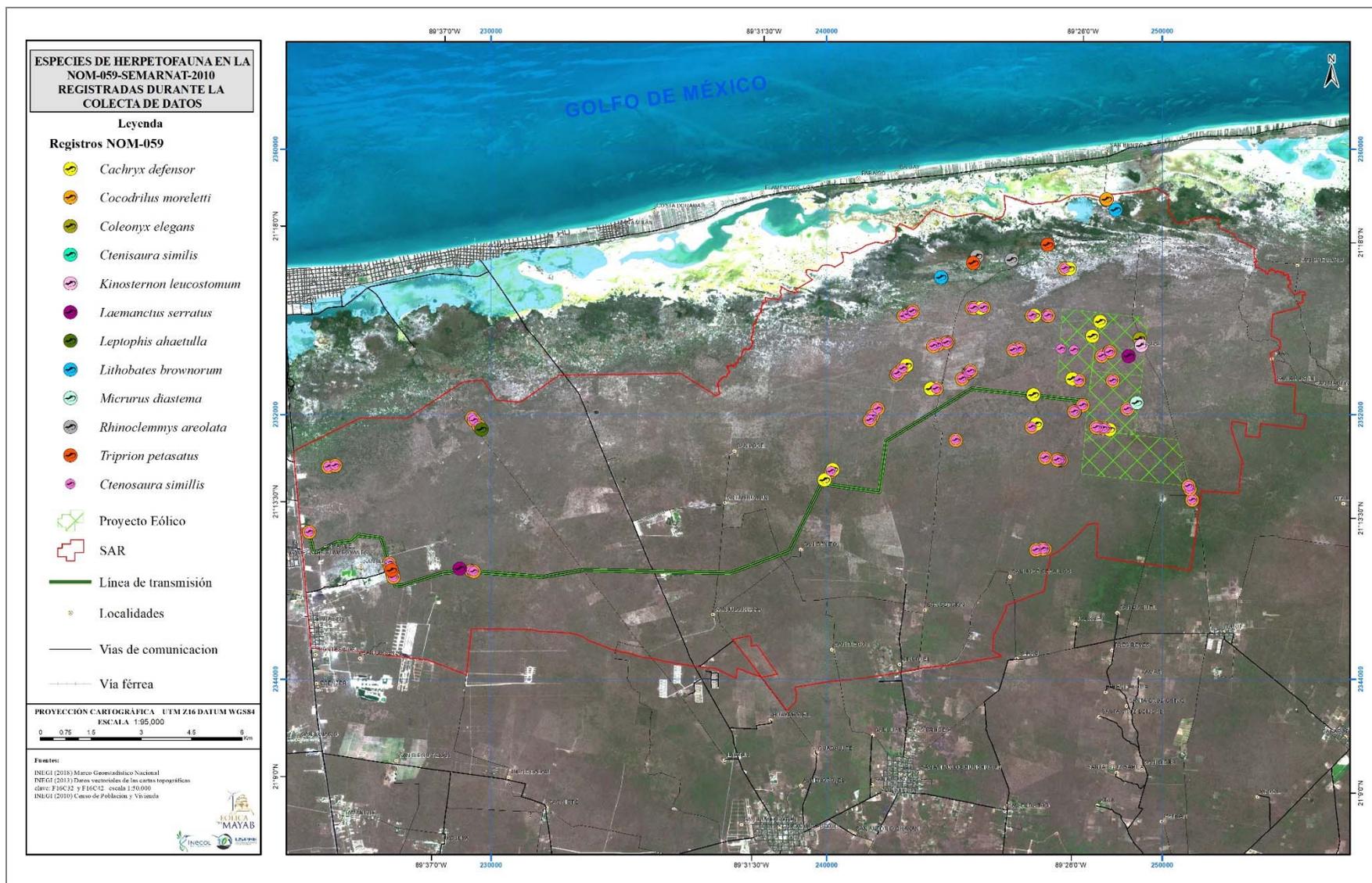


Figura 153. Distribución de las especies de anfibios y reptiles vulnerables registrados durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

Curva de acumulación de especies

Para calcular la riqueza de especies se utilizó Chao2 como estimador (Figura 154). Se obtuvo un valor de Chao2 de 61.79, que serían las especies esperadas en función del esfuerzo de colecta realizado. De acuerdo a esto se ha alcanzado una representatividad del 50.17% de las especies esperadas de acuerdo al estimador.

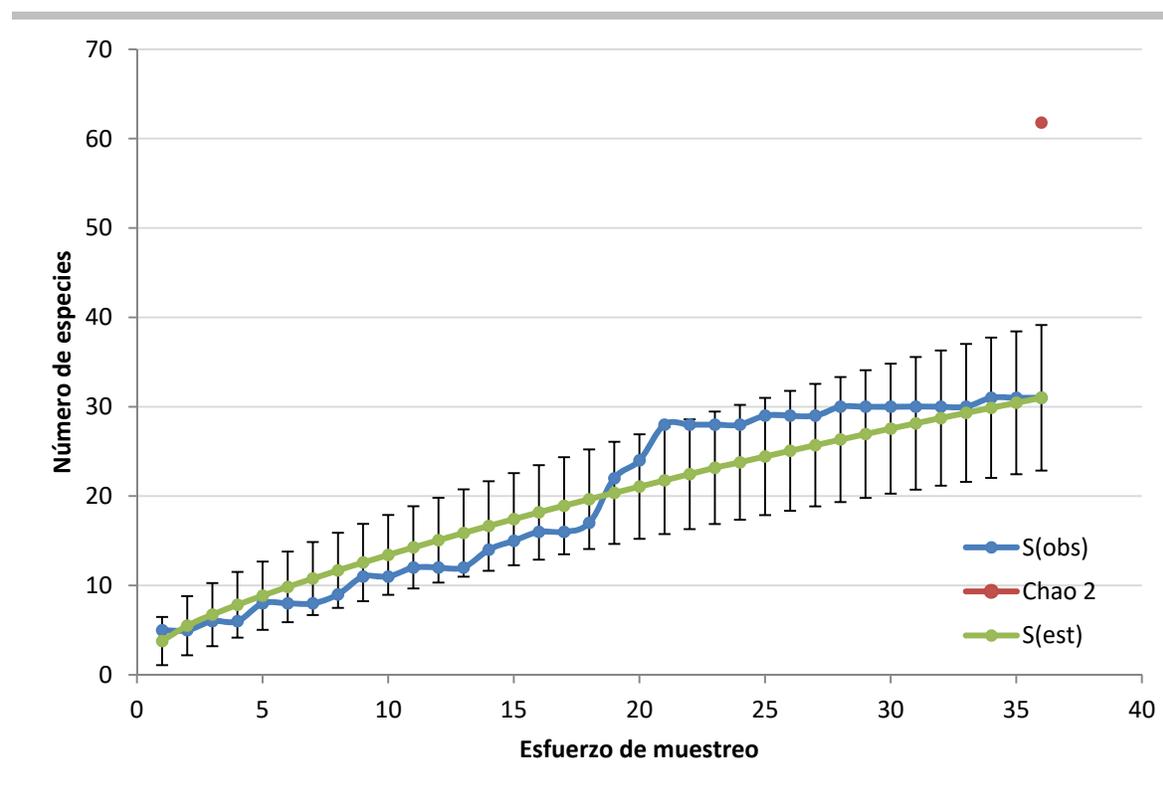


Figura 154. Curva de acumulación de especies obtenida de la colecta de datos de herpetofauna registrados durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

Diversidad alfa

Se calculó, mediante el índice diversidad verdadera, la diversidad de especies de herpetofauna en el sistema ambiental regional (SAR) y en cada uno de los tipos de vegetación presentes. Se utilizaron solamente los datos obtenidos de los transectos para el conteo por relevamiento visual. Por esta razón se excluyeron los datos referentes a los registros adicionales.

Con base a los 270 individuos registrados en este estudio, se obtuvo un valor de diversidad verdadera de 7.3 para la totalidad de la herpetofauna encontrada durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub. Esto significa que la diversidad de esa comunidad es igual a la diversidad

que tendría una comunidad virtual con 7.3 especies, en la cual todas las especies tuvieran exactamente la misma abundancia (*Cuadro 90*).

El valor más alto de diversidad verdadera por unidad ambiental fue observado en la vegetación de sabana (SABANA) que obtuvo un valor de 9.52, seguido de la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) obtuvo un valor de 5.62, la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC) que con 5.39 especies y por último la vegetación de manglar (MANGLAR) con 3.46 especies. El número de especies observadas por tipo de vegetación fue más alto en la vegetación de sabana (SABANA) con 9.52 especies, aunque el mayor número de individuos fue registrado en la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC) con 159 individuos totales.

Cuadro 90. Índice de diversidad de diversidad verdadera de la herpetofauna obtenido para los tres tipos de vegetación presentes durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

TIPO DE VEGETACIÓN	NO. ESPECIES	NO. INDIVIDUOS	DIVERSIDAD VERDADERA
VSAR SBEC	15	159	5.39
VSA SBEC	13	93	5.62
SABANA	10	12	9.52
MANGLAR	4	6	3.46

Diversidad beta

Se midió el componente beta de diversidad, mediante el índice de Sorensen para medir la similitud de especies entre los diferentes tipos de vegetación presentes en el proyecto eólico Chicxulub (*Cuadro 91*). Los tipos de vegetación con mayor similitud de especies fue la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC) y la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) que arrojo un valor de 0.571, seguido de la comparación entre la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) y la vegetación de sabana (SABANA) cuyo valor de Sorensen es de 0.261. La comparación entre la vegetación de manglar (MANGLAR) y cualquier otro tipo de vegetación registrado es de cero.

En el dendrograma de similitud derivado de un análisis Cluster Bray-Curtis (*Figura 155*), se observa la tendencia descrita por el índice de Sorensen donde los tipos de vegetación más parecidos (VSAR SBEC/VSA SBEC) forman un agrupamiento con el mayor índice de similitud.

Cuadro 91. Índice de Sorensen de los cuatro tipos de vegetación presentes durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

MATRIZ DE SIMILITUD	VSAR SBEC	VSA SBEC	SABANA	MANGLAR
VSAR SBEC	*	0.571	0.240	0

MATRIZ DE SIMILITUD	VSAR SBEC	VSA SBEC	SABANA	MANGLAR
VSA SBEC	*	*	0.261	0
SABANA	*	*	*	0
MANGLAR	*	*	*	*

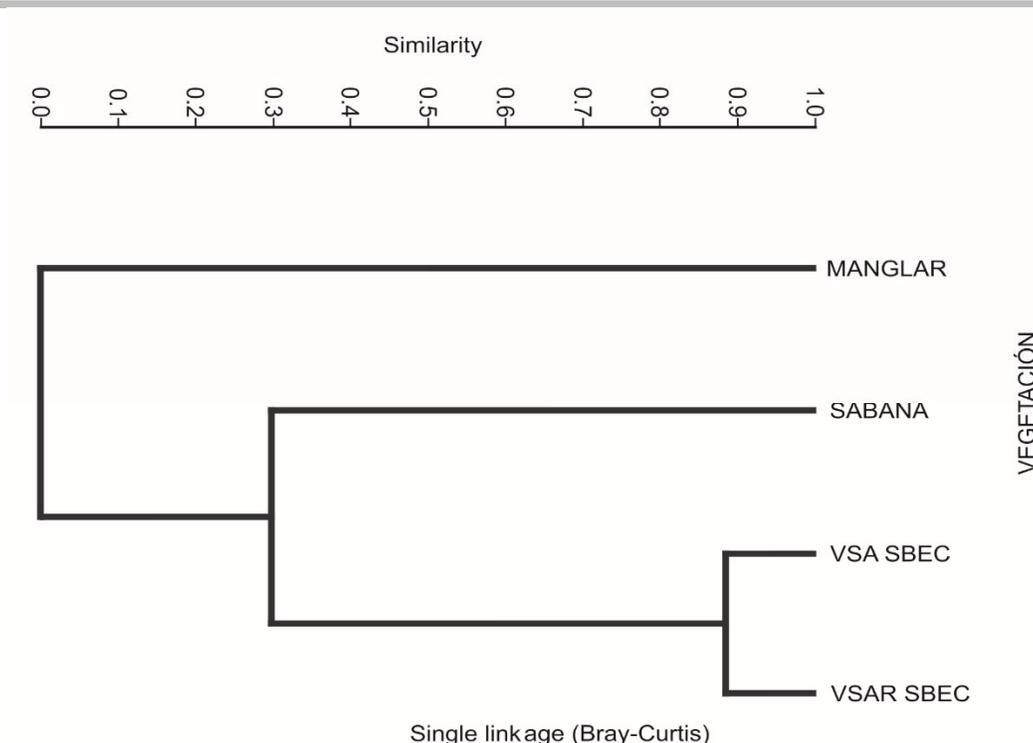


Figura 155. Dendrograma de similitud de la composición de especies presentes en los cuatro tipos de vegetación descritos en proyecto eólico Chicxulub.

Los tipos de vegetación más parecidos que fueron VSAR SBEC y VSA SBEC compartiendo ocho especies, cinco de las cuales fueron exclusivas para estos tipos de vegetación. Un total de tres especies fueron afines a tres tipos de vegetación: *Cachryx defensor*, *Ctenosaura similis* y *Aspidoscelis angusticeps* (Cuadro 92). No se registraron especies afines a todos los tipos de vegetación presentes en Proyecto Eólico Chicxulub.

Cuadro 92. Presencia-ausencia de las especies de anfibios y reptiles encontradas mediante transectos en los tres tipos de vegetación identificados durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

ESPECIE	VSAR SBEC	VSA SBEC	SABANA	MANGLAR
<i>Incilius valliceps</i>	0	0	1	0
<i>Rhinella horribilis</i>	0	0	1	0

ESPECIE	VSAR SBEC	VSA SBEC	SABANA	MANGLAR
<i>Scinax staufferi</i>	0	0	1	0
<i>Smilisca baudinii</i>	1	0	0	0
<i>Trachycephalus typhonius</i>	0	1	0	0
<i>Tripirion petasatus</i>	1	0	0	0
<i>Lithobates brownorum</i>	0	0	0	1
<i>Crocodylus moreletii</i>	0	0	0	1
<i>Trachemys venusta</i>	0	0	1	0
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	0	0	1	0
<i>Kinosternon leucostomum</i>	1	0	0	0
<i>Basiliscus vittatus</i>	0	0	0	1
<i>Laemanctus serratus</i>	1	1	0	0
<i>Anolis rodriguezii</i>	1	1	0	0
<i>Coleonyx elegans</i>	1	0	0	0
<i>Hemidactylus frenatus</i>	0	0	0	1
<i>Cachryx defensor</i>	1	1	1	0
<i>Ctenosaura similis</i>	1	1	1	0
<i>Mesoscincus schwartzei</i>	1	0	0	0
<i>Sceloporus chrysostrictus</i>	1	1	0	0
<i>Sceloporus lundelli</i>	1	1	0	0
<i>Aspidoscelis angusticeps</i>	1	1	1	0
<i>Holcosus undulatus</i>	1	1	0	0
<i>Boa imperator</i>	0	0	1	0
<i>Drymarchon melanurus</i>	0	1	0	0
<i>Leptophis ahaetulla</i>	1	0	0	0
<i>Oxybelis aeneus</i>	0	1	0	0
<i>Spilotes pullatus</i>	1	0	0	0
<i>Coniophanes imperialis</i>	0	0	1	0
<i>Micrurus diastema</i>	0	1	0	0
<i>Crotalus tzabcan</i>	0	1	0	0

Importancia ecológica y económica

Los anfibios y reptiles juegan un papel importante en la cadena trófica de los ecosistemas regulando las poblaciones de otros grupos y a su vez sirviendo de presa para depredadores superiores. Aunado

a esto, las interacciones de este grupo en particular con otras especies y su entorno son complejas y diversas.

Dentro de los grupos que componen la herpetofauna, encontramos especies que cumplen con cierto nicho o función dentro del medio, uno de estos grupos es el de los saurios o lagartijas y el de los anfibios. Estos grupos están integrados por una gran diversidad de especies que habitan en ambientes muy variados, pero su característica principal dentro del ecosistema es el de regular la cantidad de invertebrados, arácnidos e insectos, y en menor medida a roedores y algunas especies vegetales.

El grupo de las serpientes tienen como función principal el de regular las poblaciones de mamíferos medianos y pequeños, siendo los principales depredadores de roedores en el ecosistema. Como segunda función se encuentra el de ser presa de muchas especies de mamíferos medianos y grandes, además de aves e inclusive del hombre.

Algunas de las especies registradas también poseen un potencial económico cinegético (*Cuadro 93*), ya sea por caza deportiva, alimenticia, peletera o para su comercio como mascotas (*Cuadro 93*). Especies como el sapo costero (*Incilius valliceps*), la rana cabeza de pala (*Tripirion petasatus*), la tortuga de Guadalupe (*Trachemys venusta*), la tortuga mojina de monte (*Rhinoclemmys areolata*), la tortuga pecho quebrado labios blancos (*Kinosternon leucostomum*), el toloque coronado (*Laemanctus serratus*), el geco de bandas yucateco (*Coleonyx elegans*), la serpiente mazacuata (*Boa imperator*), o la iguana yucateca de cola espinosa (*Cachryx defensor*), presentan un gran valor en el mercado de las mascotas exóticas por sus llamativos colores y formas.

Por otra parte algunas serpientes tienen un importante rol dentro de las actividades peleteras así como farmacéuticas tradicionales como es el caso de la serpiente ranera perico (*Leptophis ahaetulla*), la serpiente tigre (*Spilotes pullatus*), la serpiente coralillo del sureste (*Micrurus diastema*), y la cascabel yucateca (*Crotalus tzabcan*).

Otra de las especies a las que se infiere un valor alimenticio es la iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*), pese al hecho de que en gran parte de la entidad no se le asigna dicho valor.

Cuadro 93. Usos e importancia de las especies de herpetofauna registradas durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub.

ESPECIE	USO/IMPORTANCIA
<i>Incilius valliceps</i>	Mascota/Peletero/Alimenticio/Medicinal
<i>Tripirion petasatus</i>	Mascota
<i>Trachemys venusta</i>	Mascota/ Alimenticio
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Mascota/ Alimenticio
<i>Kinosternon leucostomum</i>	Mascota/ Alimenticio
<i>Laemanctus serratus</i>	Mascota

ESPECIE	USO/IMPORTANCIA
<i>Coleonyx elegans</i>	Mascota
<i>Ctenosaura similis</i>	Mascota/ Alimenticio
<i>Mesoscincus schwartzei</i>	Mascota
<i>Holcosus undulatus</i>	Mascota
<i>Boa imperator</i>	Mascota/ Alimenticio
<i>Leptophis ahaetulla</i>	Peletero/Medicinal
<i>Spilotes pullatus</i>	Peletero
<i>Coniophanes imperialis</i>	Mascota
<i>Micrurus diastema</i>	Peletero/Medicinal
<i>Crotalus tzabcan</i>	Peletero/Alimenticio/Medicinal

» Discusión y conclusiones

En términos generales la zona se encuentra en un estado secundario de sucesión, donde el tamaño del estrato arbóreo está en función de tiempo de resiliencia que presenta cada sitio, lo que da lugar a la formación de un mosaico con características acordes a las necesidades de las diferentes especies que ahí se distribuyen. De acuerdo a Köhler (2003) las selvas secas tienen una estacionalidad marcada entre las temporadas de lluvias y secas lo que ha llevado a diversos animales a adaptarse a estas condiciones.

Aunque la riqueza observada de anfibios y reptiles en el sistema ambiental regional fue de solo el 29.25% de las especies con distribución potencial en la región de la planicie noroccidental de la Península de Yucatán, cabe destacar que más del 35% de estas, se encuentran dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y que en términos de abundancia esto representa el 34.07% de todos los registros obtenidos en este estudio.

Otro punto importante es el registro de la iguana yucateca de cola espinosa (*Cachryx defensor*), especie cuya distribución se restringe al norte de la península, encontrándose poblaciones aisladas en el oriente de Campeche, y que recientemente fue catalogada una especie prioritaria para la conservación (Brito-Castillo, 1998; González-Martínez y Chamblé-Santos, 2005 y Peña-Peniche, 2006). Siendo que también fue posible la ubicación de un nido activo en el área del proyecto, lo que hace inferencia en el valor de este sitio como área de reproducción y crianza, más allá de la simple distribución de los organismos.

La escasa representatividad del orden Crocotalia, Testudines y Anura se puede deber a la falta de condiciones adecuadas para la presencia de estos organismos, ya que sus características ecológicas los hacen depender en gran medida de cuerpos de agua permanentes o temporales para llevar a cabo sus procesos biológicos, y dado que el periodo de colecta de datos se llevó a cabo en el pico de la temporada de secas, esto fue un factor limitante para la presencia de estos organismos.

Otro grupo con baja representatividad fueron las serpientes que en conjunto (registros adicionales y transectos) tuvieron una riqueza de 7 especies mientras que en otros estudios se ha reportado una riqueza de hasta 16 especies. De igual manera, esto se puede explicar por la marcada estacionalidad que caracteriza a la mayoría de las especies que integran la herpetofauna, lo que con lleva a que el registro de estos sea bajo en la época de secas. En la curva de acumulación de especies se ve reflejada claramente lo anterior ya que los indicadores de riqueza estimaron que se ha alcanzado a registrar solo la mitad de las especies (*Figura 154*).

Ejemplo de lo anterior es el estudio realizado por Brito-Castillo (1998) en la reserva de Dzilam, área próxima al SAR, se reportan 37 especies herpetofaunísticas, de las cuales 8 son anfibios y 29 reptiles,

González-Martínez y Chamblé-Santos (2005) en su estudio realizado en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, reportan 49 especies de anfibios y reptiles, mientras que Peña-Peniche (2006) reporta 50 especies para la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos. Algunas de las familias que no fueron registradas en el SAR y en los sí tuvieron representatividad en los estudios antes mencionados fueron: Leptodactylidae, Anguidae, Sphaerodaitylidae, Xantusiidae, Xenosauridae y Leptotyphlopidae.

Los análisis de complementariedad de especies (diversidad beta) indican que los tipos de vegetación más parecidos en su composición de especies son la vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) y la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAR SBEC), pero también evidencia que no es posible identificar un tipo de vegetación en particular que sea prioritario para la conservación de la herpetofauna del SAR ya que todo el sistema funciona como un mosaico donde el efecto de borde durante el periodo de colecta de datos puede estar beneficiando a algunas especies en particular (Uribe-Cardona y Reynoso, 2005), siendo representadas en su mayoría a especies con hábitos generalistas (Gascon y Lovejoy, 1998), no así debiendo descartarse la distribución en el lugar de especies con requerimientos mucho más específicos.

Como lo menciona Bustamante *et al.* (2009), los anfibios y reptiles caen en la categoría de animales de lento desplazamiento por lo que los impactos iniciales serán mayores para este grupo de fauna, Siendo el mayor impacto para la herpetofauna en la fase inicial del proyecto la pérdida de la cobertura arbórea, por el proceso de desmonte o despalme, ya que además de representar una limitante en su capacidad de dispersión, afecta las múltiples y complejas relaciones ecológicas que este grupo presenta con la vegetación (Gibbons *et al.*, 2000; Zug *et al.*, 2001; Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2006; Vitt y Caldwell, 2009). La pérdida de la cobertura foliar también reduce la humedad en el medio, así como las fuentes de agua potenciales al reducir el número de plantas epifitas como las bromelias de las que dependen principalmente las ranas arborícolas y las salamandras (Ramírez *et al.*, 2009), representadas dentro del SAR por las familias Hylidae, Leptodactylidae y Plethodontidae, que presentan alta fidelidad y permanencia a sus hábitats y microhábitats (Semlitsch, 2003; Young *et al.*, 2004).

En el caso de la fase operacional del proyecto eólico Chicxulub, la mortalidad por colisión en el tráfico es el mayor impacto que tanto anfibios como reptiles enfrenta (Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2006). Esto a causa de las características fisiológicas que presentan el grupo, al ser ectotérmicos, las carreteras o brechas se convierte en un elemento atractivo para ellos, ya que les permiten regular de manera más fácil su temperatura corporal. Por otra parte, el factor indirecto principal para estos organismos en todas las fases del proyecto es el estrés; ya que reduce su capacidad inmunológica, los debilita y los vuelve más susceptible a patógenos (Carey *et al.*, 2001).

Las especies con mayor especialización de hábitat como la *Ctenosaura defensor* (Kohler, 2004), son más vulnerables a la extinción y estos cambios tienen repercusiones en la estructuración de las comunidades (Crump, 2003).

De esta manera la información obtenida en este apartado sirve como una línea base o un panorama general de cómo está compuesta la herpetofauna en el SAR y a partir de esto describir y evaluar detalladamente los impactos del proyecto en este grupo de fauna, para subsecuentemente, diseñar estrategias específicas que minimicen al máximo los efectos negativos de este en los anfibios y reptiles ya que ante los cambios estos grupos modifican su relación sinérgica con otros factores, derivando en cambios en las tasas de crecimiento de los individuos, en la capacidad reproductiva, fluctuación en la duración de los periodos reproductivos, cambios en el ámbito hogareño, en los patrones de actividad y en el uso del microhábitat (Gibbons *et al.*, 2000; Crump, 2003).

IV.2.3 MEDIO SOCIOECONOMICO

IV.2.3.1 SOCIEDAD, ECONOMÍA Y CULTURA

Para realizar el análisis del medio socioeconómico, en este proyecto se tomó de referencia el Sistema Ambiental Regional (SAR) propuesto en la MIA, ya que la conformación de este considera una extensión razonable en la que se pueden reconocer las dinámicas socioeconómicas más importante en el contexto regional.

Contexto regional

El Estado de Yucatán se caracteriza por sus atractivos turísticos y culturales como sitios arqueológicos, grutas, cenotes, playas, ciudades coloniales y las comunidades Mayas. En una constante búsqueda del cambio económico, cultural y social, en fechas recientes ha proyectado la construcción de parques eólicos para la generación de energía renovable, gracias a ello se colocará en los próximos años como la segunda entidad del país en desarrollo de energía eólica (sólo debajo del estado de Oaxaca).

Este hecho fomentará el desarrollo económico de la población, así como contribuirá a una transición del uso de energías contaminantes hacia un consumo cada vez mayor de energías limpias. De la misma manera la entidad podría beneficiarse con un impulso turístico, ya que una gran parte de la derrama económica del Estado proviene del turismo extranjero, que cada vez es más crítico y consiente de la necesidad de un cambio de paradigma en cuanto al aprovechamiento de los recursos para la producción de energía.

Un gran reto que enfrenta este tipo de proyectos de energía limpia, es la forma en la que son percibidos en las comunidades y pueblos originarios en donde son construidos, ya que existe la opinión generalizada de que señala que los proyectos de esta naturaleza generan un impacto ambiental negativo y que no significan un beneficio para las comunidades. Por lo que el desafío hoy es cambiar la dinámica de interacción entre empresas y comunidades para generar un cambio de perspectiva de la población.

De acuerdo al INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) Yucatán se divide en 9 regiones geográficas de acuerdo a su ubicación, 1. Litoral Oriente, 2. Oriente, 3. Litoral centro, 4. Centro, 5: Centro sur, 6. Influencia metropolitana, 7. Litoral poniente, 8. Sur poniente y 9. Sur.¹

¹ INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2010

Los municipios del SAR Chicxulub se encuentran divididos en dos de estas regiones: a) Litoral Centro: municipios de Baca, Dzemul y Motul, b) Influencia metropolitana: municipios de Ixil y Progreso. A ésta última región pertenece también los municipios de Mérida y Chicxulub Puerto, que si bien no se encuentran propiamente dentro del SAR será necesario referirnos a ellos en este apartado dada su proximidad al área de estudio y a que algunos terrenos distribuidos en el SAR pueden corresponder a ejidatarios que habitan en municipios adyacentes (*Figura 156*).

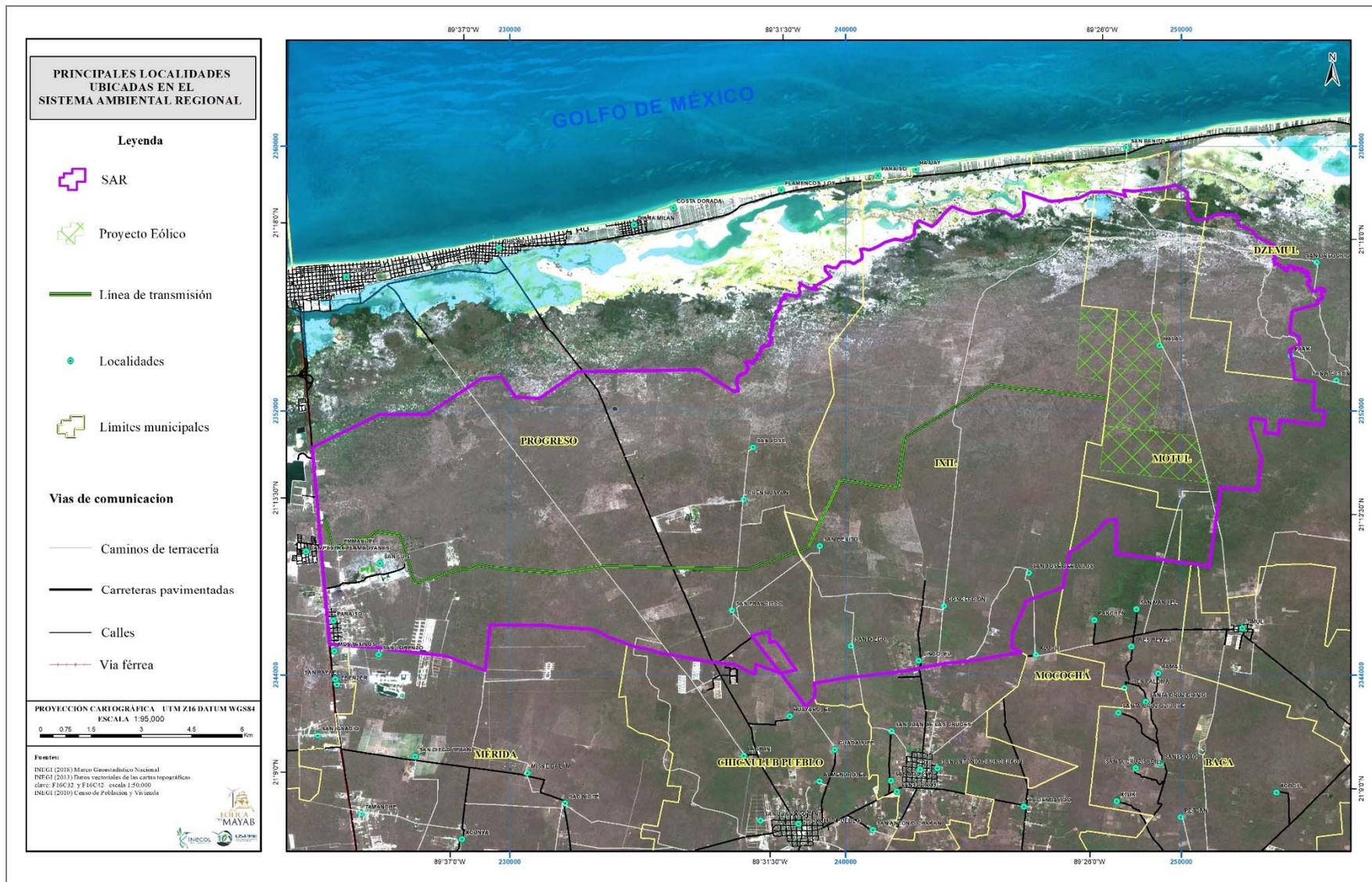


Figura 156. Principales localidades ubicadas en el Sistema Ambiental Regional para el Proyecto.

La superficie del SAR es de 281.16 km², donde se ubican 125 localidades dentro de los municipios antes mencionados, destacando que solo 35 localidades reportan datos relevantes, debido a que son viviendas dispersas cuya población en conjunto alcanza 180 habitantes, la más grandes agrupa a 45 habitantes. Para el análisis inicial de la región se tomará en cuenta la información correspondiente a las 35 localidades con datos de relevancia (INEGI, 2010), las cuales se muestran en el *Cuadro 94*, mientras que, para el análisis en extenso de este apartado, sólo se consideró lo referente a las localidades ubicadas dentro del área del proyecto y las localizadas en el SAR.

Cuadro 94. Localidades y número total de habitantes, dentro del SAR del Proyecto.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL	RELACIÓN HOMBRE MUJER	POBLACIÓN DE HABLA INDÍGENA DE 3 Y MÁS AÑOS
Chicxulub Pueblo	Chicxulub Pueblo	4080	106.8	458
	La Guadalupeana	2		-
	Guadalupe Labastida	1		-
	Santa Cruz Dos	7		-
	X-Cotún	2		-
	El Guadalupano	1		-
	Loc. Sin nombre	5		8
	San José Chakán	2		-
	Santa María Ontiveros	8		3
	Almendros	1		-
Progreso	Progreso	37,369	99.60	1348
	San Antonio	1		-
	Chen Huayúni	1		-
	San Luis	3		-
	El Paraíso	315		75
	Chicxulub Puerto	6010		557
	Campestre Flamboyanes	4027		155
	Santa Cruz	3		-
	Montesino	8		-
	El Divino Redentor	4		-
	San Ignacio	766		115
Ixil	Ixil	3728	104.79	514
	Los Cuatro Hermanos	6		-

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL	RELACIÓN HOMBRE MUJER	POBLACIÓN DE HABLA INDÍGENA DE 3 Y MÁS AÑOS
	San Isidro Dos	4		-
	Santa Cruz	11		-
	El Faro	39		9
	El Salvador	10		-
	San Bartolomé Xtún	2		-
	Otros	3		-
Motul	Timul	943	98	278
	Santa María	1		-
	Sacapuc	831		114
Baca	Tumben Há	1	97.81	-
	Nok Ak	5		-
Dzmeul	Xtampú	4	103.80	-
	San Bruno	45		6

Investigación de campo

Para el trabajo de campo, se utilizó la técnica de entrevistas y observación. Este trabajo se realizó en marzo de 2018, para conocer la percepción de los habitantes, sobre el impacto que el proyecto eólico está generando en la población. Para determinar la población a entrevistar se seleccionó una muestra de 38 entrevistas que se distribuyó entre los municipios de Chicxulub, Progreso, Ixil y Motul.

De manera particular, con las entrevistas se buscó detectar el grado de aceptación a proyectos de infraestructura. Esta información sirvió para detectar la aceptación de ciertas actividades que, aunque tengan un gran impacto en el entorno por la forma en cómo se da uso de los recursos, no sean percibidas como dañinas. El cruce de ambos datos, puede ayudar a determinar las estrategias de mitigación, y la forma de cómo abordar el tema con las comunidades o incluso la estrategia de construcción.

Con la indagación sobre los recursos naturales y con la presentación de diferentes obras y actividades productivas que afectan el entorno, se investiga cómo son las actividades económicas o incluso la condición económica de cada comunidad, y cómo se determina la aceptación o rechazo según la percepción que los habitantes tengan de las diferentes obras o actividades productivas y detectar cuáles son las principales actividades que se desarrollen en la zona.

Por último, se averiguó sobre la representación simbólica de algunos actores, factores o conceptos relevantes relacionados al proyecto, preguntando directamente la opinión de las comunidades sobre el valor o afectación de los campos eólicos.

Resultados

Las principales fuentes de información documental se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Consejo Nacional de Población (CONAPO, así como de planes y programas regionales de desarrollo y los indicadores de Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); mientras que para el análisis cualitativo se tiene como fuente primaria las entrevistas.

Análisis regional

Aspectos sociales

Es importante mencionar que en el área del proyecto, no se ubican poblaciones importantes, la mayoría de los terrenos ubicados son construcciones abandonadas. Según datos del INEGI (2010), 27 de las 35 localidades, son caseríos dispersos que cuentan con menos de 50 habitantes cada una (*Cuadro 95*).

Debido a que dentro del área del proyecto no se encuentran localidades relevantes, se incluyó en el análisis de este apartado los municipios y localidades que colindan con el área del SAR de mayor importancia en la microrregión de estudio.

Cuadro 95. Número de localidades por municipio, según tamaño de la localidad.

MUNICIPIO	1 A 50 PERSONAS		51 A 250 PERSONAS		251 A 2500 PERSONAS		2501 A 5000 PERSONAS		5001 Y MÁS PERSONAS	
	Población en localidades SAR	Población en localidades del área del proyecto	Población en localidades SAR	Población en localidades del área del proyecto	Población en localidades SAR	Población en localidades del área del proyecto	Población en localidades SAR	Población en localidades del área del proyecto	Población en localidades SAR	Población en localidades del área del proyecto
Chicxulub Pueblo	0	11	-	-	-	-	-	1	-	-
Progreso	2	7	-	-	1	2	-	1	-	2
Ixil	-	8	-	-	-	-	-	1	-	-
Motul	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-
	2	27	-	-	1	4	-	3	-	2

Demografía

Los datos demográficos se obtuvieron del Censo de Población y Vivienda realizado por el INEGI en 2010 y la Encuesta Intercensal 2015. De acuerdo a los principales resultados (ITER), la población

total residente en los municipios del SAR en ese año fue de 58,307 personas de las cuales 55,214 viven en las 5 localidades más grandes representando 94% de la población total (*Cuadro 96*).

De los cuatro municipios que abarcan una mayor superficie en el área del SAR, Progreso es el de mayor tamaño con 82% de la población total, seguido de Chicxulub Pueblo que representa 10%, mientras que Ixil 8% y Motul 3.1% de la población total de los municipios analizados dentro de la región de estudio.

La población existente en los municipios estudiados muestra similitud entre la cantidad de hombres y de mujeres, situación normal dentro de la dinámica cotidiana, lo que indica poca emigración.

Cuadro 96. Localidades dentro del área del Proyecto.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN	LOCALIDAD	POBLACIÓN
Progreso	San Antonio	1	Campestre Flamboyanes	4027
	Chen Huayúni	1	Santa Cruz	3
	San Luis	3	Montesino	8
	El Paraíso	315	El Divino Redentor	4
	Progreso	37,369	San Ignacio	766
	San Lorenzo	1		
	Chicxulub Puerto	6010		
Chicxulub Pueblo	La Guadalupana	2	X-Cotún	2
	Guadalupe Labastida	1	Chicxulub Pueblo	4080
	Santa Cruz Dos	7	El Guadalupano	1
	San José Chakán	2	Santa María Ontiveros	8
	Almendros	1	Localidad sin nombre	1

MUNICIPIO	LOCALIDAD	POBLACIÓN	LOCALIDAD	POBLACIÓN
	Localidad sin nombre	5	Localidad sin nombre	2
Ixil	Los Cuatro Hermanos	6	El Faro	39
	Ixil	3728	El Salvador	10
	San Isidro Dos	4	San Bartolomé Xtún	2
	Santa Cruz	11	Localidad sin nombre	3
Motul	Timul	943	Sacapuc	831
	Santa María	1	-	-

El Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010), estima una población en el área de estudio para el año 2030 habrá una población de 78,745 habitantes, representando un crecimiento de alrededor de 10 mil personas en veinte años. El municipio de Progreso es el que presentará mayor aumento de su población, sin embargo, en términos relativos todos los municipios presentan un estancamiento en su dinámica poblacional, ya que el crecimiento es menor a 1% anual, en cada uno, tal como lo refleja la tasa de crecimiento (*Figura 157*), y que se refuerza considerando que el incremento poblacional en la región será de menos de 700 personas por año (*Figura 158*).

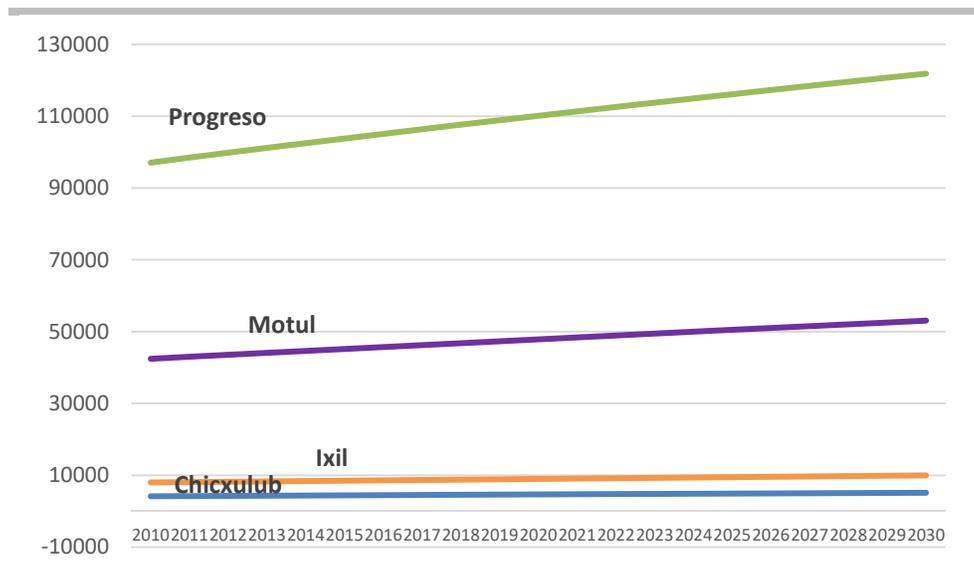


Figura 157. Proyecciones de población de localidades seleccionadas, 2010-2030 de los municipios del área de estudio. Fuente: CONAPO, 2010.

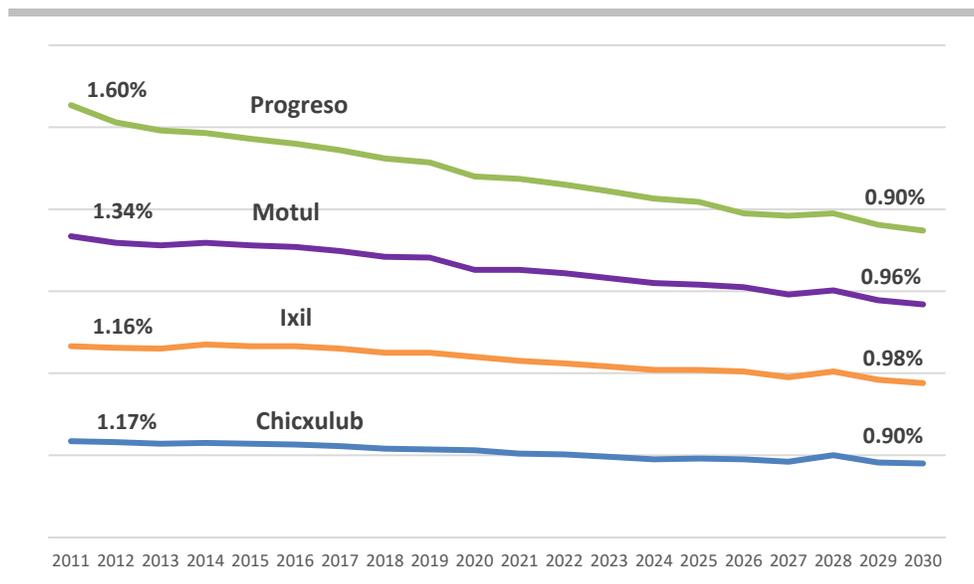


Figura 158. Tasa de crecimiento poblacional de localidades seleccionadas, 2010-2030 en los municipios del área de estudio. Fuente: CONAPO, 2010.

En cuanto a la distribución de la población en los municipios del área de estudio, en 2010 las mujeres representaron 51.1% del total, la relación hombre mujer es relativamente normal en comparación con las áreas urbanas, situación distinta en las rancherías, donde probablemente quienes habiten estos espacios sean familias aisladas o un o dos trabajadores masculinos.

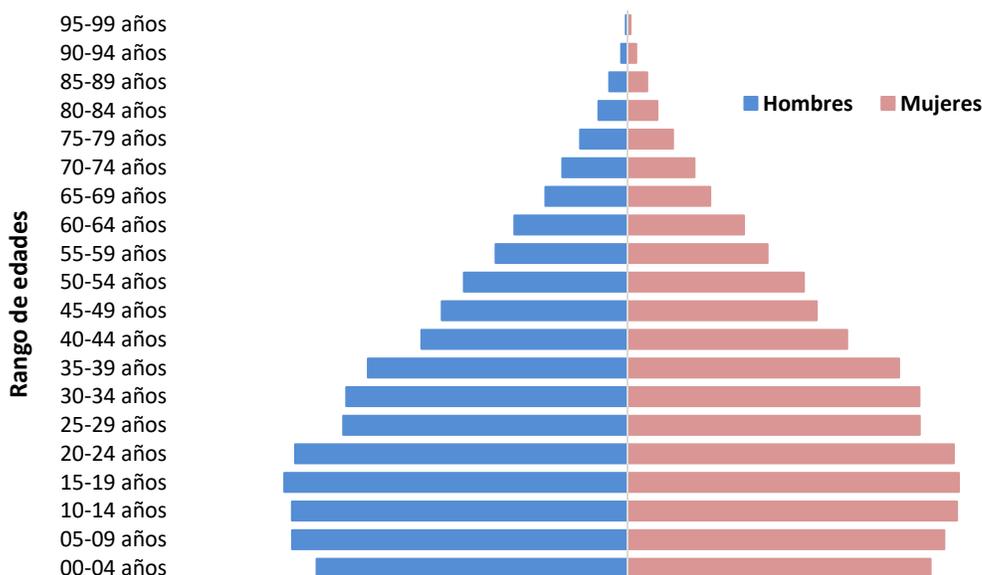


Figura 159. Pirámide poblacional de los municipios del área de estudio. Fuente: INEGI, 2010.

El mayor número de habitantes se registró entre los rangos de edades de 15 y 19 años (9.51%); mientras que 45% de la población se ubicó entre los 0 y 24 años; 35% tenía entre 25 y 49 años. El resto era mayor de 50 años, 18 % (Figura 159).

La densidad de población estimada del Área de Estudio para este mismo año fue de 25 habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km²), menor al registrado en la entidad (49 hab/km²). De los municipios listados, Progreso mantienen una densidad de población de 138 hab/km², seguido de Motul 112 hab/km², Ixil mantiene una densidad poblacional de 27 hab/km², mientras que Chicxulub mantiene una densidad poblacional muy por debajo de los otros dos municipios enunciados con 20 hab/km², incluso por debajo del promedio regional.

Pobreza

De acuerdo a Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2010) pobreza considera las condiciones de vida de la población a partir de tres espacios: el del bienestar económico comprenderá las necesidades asociadas a los bienes y servicios que puede adquirir la población mediante el ingreso; el de los derechos sociales se integrará a partir de las carencias de la población en el ejercicio de sus derechos para el desarrollo social y el del contexto territorial incorporará aspectos que trascienden al ámbito individual (que pueden referirse a características geográficas, sociales y culturales, entre otras); en específico, aquellos asociados al grado de cohesión social, así como otros considerados relevantes para el desarrollo social.

La población en situación de pobreza multidimensional es aquella cuyos ingresos sean insuficientes para adquirir los bienes y los servicios que requiere para satisfacer sus necesidades y presente carencia en al menos uno de los siguientes seis indicadores: rezago educativo, acceso a los servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación.

Yucatán ocupa el lugar 15 en porcentaje de población en pobreza, se ubica dentro de las 15 entidades con mayor pobreza del país (CONEVAL, 2012). En 2010, del total de la población que habitaba en el estado, 48.5 por ciento se encontraba en situación de pobreza.

De los cuatro municipios listados dentro del AE, Ixil es el que presentan mayor grado de pobreza con el 62.3 % de su población y el 11.9 % en pobreza extrema, Motul con el 59.1, Chicxulub con el 57.7 % y Progreso con el 50.1%, principalmente por vulnerabilidad por carencia social (*Cuadro 97*).

Cuadro 97. Medición de la pobreza en municipios del área de estudio. Porcentaje, número de personas y carencias promedio en los indicadores de pobreza, por municipio.

MUNICIPIO	VULNERABLES POR CARENCIA SOCIAL		VULNERABLES POR INGRESO		NO POBRES Y NO VULNERABLES	
	%	PERSONAS	%	PERSONAS	%	PERSONAS
Ixil	26.9	1,015	6.5	156	6.1	234
Chicxulub Pueblo	31.2	1,548	4.7	199	7.2	349
Progreso	30.2	14,819	3.8	2,963	13.2	6,421
Motul	26.7	11,212	4.8	13,591	9.5	9,175

Fuente: Medición de la pobreza, Oaxaca, 2010, CONEVAL, 2010.

La principal carencia que se presentan en los municipios del AE es por acceso a la seguridad social, el no tener acceso a los servicios de protección social vulnera la capacidad de los individuos para enfrentar contingencias fuera de control que pueden disminuir de modo significativo su nivel de vida y el de sus familias (*Cuadro 98*) (CEPAL, 2006). El municipio de Progreso cuenta con la mejor calificación, de habitantes que no sean pobre y vulnerables.

Cuadro 98. Medición de la pobreza en municipios del área de estudio. Porcentaje de población según carencia social, por municipio.

MUNICIPIO	POBLACIÓN	REZAGO EDUCATIVO	CARENCIA POR ACCESO A LOS SERVICIOS DE SALUD	CARENCIA POR ACCESO A LA SEGURIDAD SOCIAL	CARENCIA POR CALIDAD Y ESPACIOS DE LA VIVIENDA	CARENCIA POR ACCESO A LOS SERVICIOS BÁSICOS EN LA VIVIENDA	CARENCIA POR ACCESO A LA ALIMENTACIÓN
Chicxulub Pueblo	4,468	23.5	27.1	63.7	27.5	61.1	27.2
Ixil	4,073	29.8	19.2	62.4	18.1	57.4	28.6
Progreso	59,122	22.8	24.8	68.3	21.0	5.9	14.9
Motul	36,097	30.0	42.6	60.7	25.8	55.3	19.6

Fuente: Medición de la pobreza, Yucatán, 2010, CONEVAL, 2010.

Marginación

La marginación es un fenómeno estructural que se entiende como la exclusión de grupos sociales al proceso de desarrollo y sus beneficios. De acuerdo a CONAPO la marginación está asociada a cuatro dimensiones fundamentales: el acceso a servicios públicos, las condiciones de la vivienda, los ingresos laborales y la educación (CONAPO, 2010).

El estado de Yucatán presenta un grado de marginación “Alto”, ocupando el lugar 11 a nivel nacional; en los municipios que comprende el AE, el grado de marginación está catalogado como medio y bajo (*Cuadro 99 y Figura 160*) (CONAPO, 2010). La importancia de considerar el índice de marginación radica en que las poblaciones con un alto nivel de marginación son más susceptibles a recibir los impactos negativos de un proyecto, el grado de marginación es medio para Chicxulub, Ixil, Motul y Bajo para Progreso, por lo que se infiere que serán menos susceptibles a impactos negativos.

Cuadro 99. Grado de marginación en municipios del área del proyecto.

MUNICIPIO	GRADO DE MARGINACIÓN	ÍNDICE DE MARGINACIÓN ESCALA 0 A 100	LUGAR QUE OCUPA EN EL CONTEXTO ESTATAL	LUGAR QUE OCUPA EN EL CONTEXTO NACIONAL
Chicxulub Pueblo	Medio	8.16	96	1,492
Ixil	Medio	8.57	79	1,297
Progreso	Bajo	4.38	104	2,098
Motul	Medio	7.90	97	1,507

Fuente: CONAPO Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010.

Mapa B.31. Yucatán: Grado de marginación por municipio, 2010

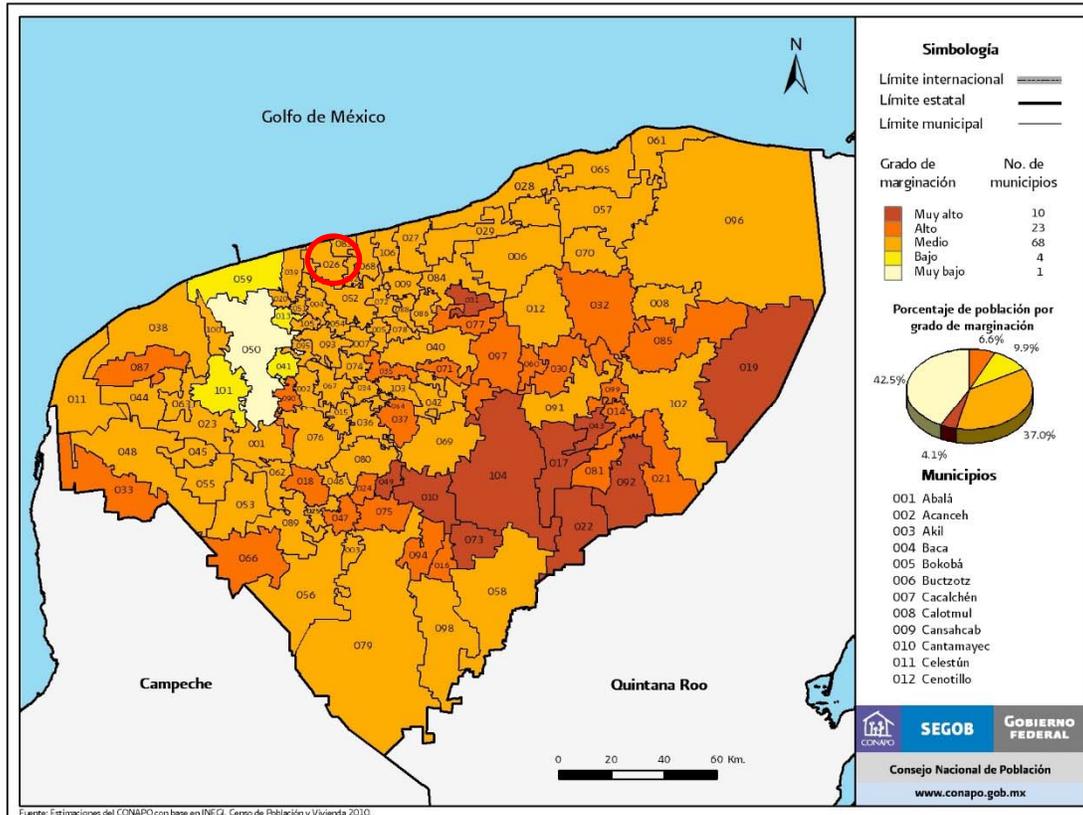


Figura 160. Índice de marginación municipal. Imagen tomada de CONAPO, 2010.

Seguridad social

Dentro del AE solo se encuentran centros de salud, ubicados en los cuatro municipios Chicxulub, Ixil, Progreso y Motul. Se cuentan con atención primaria en salud, pero en municipios como Chicxulub e Ixil existe una escasez de medicamentos y falta de médicos (Cuadro 100).

Cuadro 100. Infraestructura para la atención en salud en municipios del SAR.

MUNICIPIO	CASA DE SALUD	CENTRO DE SALUD	HOSPITALES DE MÁS DE 15 CAMAS
Chicxulub Pueblo	-	2	-
Ixil	-	2	-
Progreso	-	22	-
Motul	-	3	-

Fuente: Servicios de Salud de Yucatán, 2012

En cuanto a los servicios públicos de salud, alrededor del 50% de la población son derechohabientes en algún centro de salud (INEGI, 2015), siendo el Seguro Popular el servicio que más personas afilió, y el Instituto Mexicano del Seguro Social otorgando la derechohabiencia para los servicios de salud de las personas que habitan en el AE (*Cuadro 101*).

Cuadro 101. Condición de afiliación a los servicios de salud en municipios del área de estudio

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL	CONDICIÓN DE AFILIACIÓN A SERVICIOS DE SALUD								
		Afiliada							No afiliada	No especificado
		Total	IMSS	ISSSTE e ISSSTE estatal	Pemex, Defensa o Marina	Seguro Popular o para una Nueva	Institución privada	Otra institución		
Chicxulub Pueblo	4,468	81.51	50.69	5.24	0.77	44.87	0.63	0.91	18.17	0.31
Ixil	4,073	88.34	43.94	3.00	1.95	48.39	4.36	0.36	11.44	0.22
Progreso	59,122	88.30	34.10	5.02	5.25	54.08	2.19	1.96	11.42	0.28
Motul	36,097	82.64	54.36	3.16	0.12	44.10	0.38	1.83	17.15	0.21

Fuente: Salud. Encuesta Intercensal 2015. INEGI.

Educación

En tema de educación el municipio de Motul es el que cuenta con la mayor población de 15 años o más analfabeta al igual que la población de 15 años o más sin primaria completa. Considerando la población del mismo grupo de edad con primaria incompleta, se detecta que el municipio en mención (*Cuadro 102*).

Cuadro 102. Porcentaje de población de 15 y más años analfabeta y sin primaria completa.

MUNICIPIO	POBLACIÓN TOTAL	% POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS ANALFABETA	% POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS SIN PRIMARIA COMPLETA
Chicxulub Pueblo	4,468	6.41	19.63
Ixil	4,073	7.39	24.21
Progreso	59,122	3.53	16.86
Motul	36,097	8.51	26.77

Fuente: CONAPO Índice de marginación por entidad federativa y municipio, 2010.

Referente al grado de competencias alcanzados a través de los años de estudio completados por la población de los municipios dentro del AE con 15 y más años en los cuatro municipios la población mayor de 15 años alcanza el nivel de educación básica (*Cuadro 103*).

En cuanto a la población calificada, en los municipios la población con educación superior osciló 15%. Destacando el municipio de Progreso con la cuarta parte de su población.

Cuadro 103. Condición educativa de la población mayor de 15 años.

MUNICIPIO	POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS	NIVEL DE ESCOLARIDAD											GRADO PROMEDIO DE ESCOLARIDAD
		Sin escolaridad	Educación básica							Educación media superior	Educación superior	No especificado	
			Total	Preescolar	Primaria	Secundaria							
						Total	Incompleta	Completa	No especificado				
Chicxulub Pueblo	3,344	7.12	63.91	0.19	43.19	56.62	11.65	88.35	0.00	16.81	12.02	0.15	8.24
Ixil	2,979	6.92	67.30	0.10	48.83	51.07	13.48	86.23	0.29	16.95	8.66	0.17	7.74
Progreso	43,804	3.68	59.61	0.29	45.38	54.33	24.75	75.21	0.04	21.79	14.55	0.37	8.89
Motul	26,414	7.72	62.56	0.17	53.54	46.29	16.19	83.76	0.05	19.12	10.28	0.32	7.83

Fuente: Educación. Encuesta Intercensal 2015. INEGI.

Migración a México-Estados Unidos

En las últimas décadas, la migración de mexicanos a Estados Unidos ha experimentado significativos cambios en cuanto al volumen, extensión territorial y características sociodemográficas de las personas que participan en los flujos migratorios. La extensión del fenómeno migratorio y sus profundas implicaciones en los ámbitos demográficos, económicos y sociales de las distintas entidades federativas del país han colocado a la cuestión migratoria como uno de los temas prioritarios.

La migración México-Estados Unidos es un fenómeno de carácter principalmente económico que responde a la combinación de factores estructurales, tales como las profundas disparidades económicas y salariales, la complementariedad demográfica y un contexto de creciente integración económica entre ambos países.

El grado de intensidad migratoria (*Cuadro 104*), determinado también a partir de un índice de intensidad migratoria formulado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), muestra que, a nivel nacional, Yucatán muestra un grado de intensidad migratorio bajo ocupando el lugar 28 en

cuanto a intensidad migratoria en contexto nacional. Los municipios del AE muestran un grado de intensidad baja.

Cuadro 104. Índice de intensidad migratoria en los municipios del área de estudio.

MUNICIPIO	ÍNDICE DE INTENSIDAD MIGRATORIA 2010	ÍNDICE DE INTENSIDAD MIGRATORIA EN ESCALA DE 0 A 100	GRADO DE INTENSIDAD MIGRATORIA 2010	LUGAR QUE OCUPA EN EL CONTEXTO ESTATAL	LUGAR QUE OCUPA EN EL CONTEXTO NACIONAL
Chicxulub Pueblo	-1.0924	0.1664	Muy Bajo	61-	2,320
Ixil	-1.1508	0.0315	Muy Bajo	95	2,427
Progreso	-1.0768	0.2025	Muy Bajo	52	2,288
Motul	-0.8867	0.6418	Muy Bajo	28	1,982

Fuente: Índice de intensidad migratoria México-EU por municipio 2010, CONAPO, 2010

Aspectos culturales y estéticos

Población indígena

Los pueblos indígenas son una pieza fundamental del mosaico de culturas y tradiciones que han contribuido a la construcción de México, estos padecen de un grado de marginación social y económica muy alto, en muchos casos mayores al del resto de la población mexicana, situación que se acentuó en las últimas décadas dificultando su desarrollo y florecimiento. Debido a lo anterior, es importante tomar en cuenta a los pueblos indígenas involucrados con la realización del proyecto, puesto que esta población marginal con fuerte desintegración, desde el punto de vista del desarrollo socioeconómico, pueden recibir los impactos del proyecto y conformar una nueva dinámica.

El estado de Yucatán concentra a la mayor parte de la población indígena de la península, más de la mitad de su población es bilingüe (maya-español). La lengua maya constituye un rasgo cultural que con firmeza ha perdurado a través de diferentes cambios en la historia de la población.

La clasificación de los municipios se realiza a partir del porcentaje de población indígena, de esta forma los municipios clasificados como “indígenas” son los que presentan 40% o más de población originaria, los municipios con “presencia indígena” tienen menos de 40% de población indígena y

más de 5,000, así como presencia importante de hablantes de lengua minoritaria y por último los municipios con “población indígena dispersa” son las que menos del 40% de la población es indígena (*Cuadro 105*).

Cuadro 105. Condición del municipio, según población indígena.

MUNICIPIO	TIPO DE MUNICIPIO	GRADO DE MARGINACIÓN	POBLACIÓN TOTAL	% POBLACIÓN INDÍGENA
Chicxulub Pueblo	Población indígena dispersa	Muy Bajo	4,468	31.9
Ixil	Población indígena dispersa	Muy Bajo	4,073	38.4
Progreso	Presencia indígena	Muy Bajo	59,122	15.3
Motul	Población indígena	Medio	36,097	52.4

Fuente: Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. Sistema de indicadores sobre la población indígena de México con base en: Encuesta Intercensal 2015, INEGI

Religión

La religión predominante dentro del AE es la católica con 75,247 personas (71 %), donde la manifestación más común y que fomenta la participación social en las localidades se presenta en los diversos festejos y tradiciones de los diferentes íconos religiosos. Según el INAFED (2014), entre las principales festividades y riquezas culturales de la región, destacan las festividades católicas señaladas en el *Cuadro 106*.

Cuadro 106. Principales festividades y riquezas culturales de la región.

MUNICIPIO	FIESTAS POPULARES Y TRADICIONES	DANZAS; ARTESANÍAS Y MÚSICA
Chicxulub Pueblo	En honor de la Virgen de la Candelaria, las fiestas se efectúan el 2 de febrero; el 3 de mayo la de la Santa Cruz y del 1º al 9 de octubre la del Santo Cristo de las Ampollas.	Música: La música tradicional del municipio es la jarana, así como la trova y los boleros.
		Artesanías: Sobresalen los trabajos de talabartería.
Ixil	El 13 de junio se realiza la fiesta anual en honor a San Bernabé, patrono de población.	Música: La música tradicional del municipio es la jarana, así como la trova y los boleros.

MUNICIPIO	FIESTAS POPULARES Y TRADICIONES	DANZAS; ARTESANÍAS Y MÚSICA
Progreso	El 7 de agosto se efectúan las festividades en honor de San Telmo, patrono de los pescadores; Del 15 al 30 de abril festejan el carnaval; El 1º de junio, Día de la Marina.	Música: La música tradicional del municipio es la jarana, así como la trova y los boleros Artesanías: Se realiza a base de conchas y caracoles.
Motul	Del 8 al 16 de julio se lleva a cabo la fiesta en honor a Nuestra Señora del Carmen.	Música: La música tradicional del municipio es la jarana, así como la trova y los boleros. Artesanías: Sobresalen la talabartería, la elaboración de joyería de fantasía y la confección de ropa típica.

Arqueología

En términos de la historia prehispánica, la península es una de las regiones más estudiadas de nuestro país, los antecedentes históricos se remontan no sólo a viajeros cronistas del siglo XIX como Frederick Catherwood y John Lloyd Stephens, si no, a los propios conquistadores, siendo Diego de Landa uno de sus principales historiadores.

Gracias a los recientes descubrimientos de antiguos restos humanos depositados en los sistemas de cenotes y cuevas inundadas distribuidos en la península, se tiene conocimiento de pobladores de una época precerámica que habitaron la región y que se remontan a más de 13 000 años, tales como los esqueletos humanos recuperados dentro de las cuevas de Naharon,² Las Palmas, El Templo³ y Chan Hol, nombres que fueron empleados así mismo para registrar a dichos esqueletos.

Dentro de los mismos sistemas de cuevas se recuperaron restos de mamíferos extintos correspondientes al Pleistoceno, tales como caballos (*Equus conversidens*) camellos (*Hemiauchenia*

² The earliest settlers of Mesoamerica date back to the late Pleistocene. 30/Agosto/2017
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183345>

³ Atlas arqueológico subacuático para el registro, estudio y protección de los cenotes en la Península de Yucatán. 2006. ArqIga. Carmen Rojas Sandoval, Biól. y P. A. Arturo González

macrocéfala) elefantes (*Gonphoterium* sp.) y armadillos gigantes (*Glypotherium* cf. *G. floridanum*). Los cuales registran los especialistas se extinguieron en un periodo entre 13300 a 12900 a.p. y plantean que la presencia de tales restos en ese contexto podría corresponder a dos diferentes orígenes, el primero es de carácter natural, en donde los animales ingresaron a las cuevas en el periodo que el nivel del mar era más bajo dejando fuera del agua dichos sistemas de cuevas, o bien que los restos de animales se encuentren en las cuevas como producto de actividad humana.

La continuidad de ocupación humana en la Península de Yucatán, no se puede establecer fácilmente debido a la falta de evidencias arqueológicas, así mismo señalan los investigadores, aún no es posible establecer ni descartar definitivamente la filiación de los restos más antiguos con los grupos que ocuparon la Península miles de años después.

Posteriormente los habitantes, se establecieron en un ecosistema de selva tropical espinosa cuya principal fuente de agua fueron las cavidades formadas en el suelo que hoy conocemos como cenotes, así como algunas lagunas que facilitaron el asentamiento de los grupos que introdujeron la agricultura. Los hallazgos más tempranos de estos pobladores que hoy conocemos como mayas se remontan a los periodos conocidos como Preclásico Medio y Superior.

La cultura maya tuvo una gran expansión y un fuerte impacto en el macro área que hoy conocemos como Mesoamérica, territorio que abarca desde los actuales estados de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y parte de Chiapas, hasta los países de Guatemala y Belice y la porción occidental de Honduras y El Salvador. Este amplio territorio es dividido con fines de estudio en 6 regiones tomando como punto de partida las diferencias geográficas: 1) La costa y piedemonte del Pacífico, 2) Las tierras altas del sur, 3) Las tierras altas del norte, 4) Las tierras bajas del sur, 5) Las tierras bajas centrales y 6) Las tierras bajas del norte.⁴

El SAR Chicxulub se localiza completamente dentro de la última región citada: las tierras bajas del norte, las cuales comprenden la mitad superior de la península de Yucatán, incluyendo el norte y occidente del estado de Campeche, la totalidad de Yucatán y la región norte de Quintana Roo.

En este apartado referimos los sitios arqueológicos identificados en el Atlas arqueológico de Yucatán⁵ y que corresponden con el área del SAR Chicxulub, así como algunos que se encuentran en un radio aproximado de 10km pero que nos parece importante mencionar dadas sus dimensiones.

⁴ Carlos Pallán Gayol. Breve historia de los mayas ISBN-13: 978-84-9967-155-0 2011 Ediciones Nowtilus, S.L.

⁵ Tarazona de González, Silvia y Kurjack Bacso, Edward. 1980. INAH México

Para la elaboración de dicho Atlas los autores establecen una categorización de cinco rangos de los sitios identificados la cual se basa en la extensión aparente del sitio y en la magnitud de la arquitectura monumental, los autores refieren que la principal finalidad de su clasificación es “obtener una base para interpretar relaciones sociales, políticas y económicas entre los antiguos asentamientos prehispánicos.” Asumiendo con ello que los asentamientos contemporáneos de menores dimensiones estuvieron estado bajo algún tipo de control ejercido por los sitios cercanos de mayores dimensiones.

En resumen los sitios del primer rango presentan edificios monumentales de grandes dimensiones, así como una extensión de territorio mayor que el resto de los sitios, así mismo se cree que contaron con una gran población misma que funcionara como fuerza de trabajo permitiendo la construcción de las grandes estructuras y plataformas encontradas. Los sitios de primer rango registrados en Yucatán son Izamal, Uxmal, Chichén Itzá y T’ho.

De los sitios de primer rango referidos por los autores del Atlas, la ciudad de T’ho debió ser la que tuvo en su momento alguna clase de control sobre las poblaciones de menor tamaño que se localizan en el área que ahora nos concierne.

Ésta última se emplazó en el centro de lo que hoy es la ciudad de Mérida, sus grandes edificaciones fueron destruidas durante la Conquista, los españoles hicieron uso de los bloques de piedra como material de construcción para sus edificaciones. Ello provocó que el sitio permaneciera al margen de las primeras investigaciones que sentaron las bases de nuestro conocimiento del mundo maya prehispánico.

Del antiguo asentamiento quedó registro escrito por Fray Diego de Landa:

“Los segundos edificios que en esta tierra son más principales y antiguos, tanto que no ay memoria de sus fundadores, son los de Tiho, están treze leguas de los de Izamal y ocho de la mar como los otros, y ay señales hoy en día de ayer auido una muy hermosa calcada de los unos a los otros. Los Españoles poblaron aquí una ciudad y llamáronla Mérida por la éxtrañeza y grandeza de los edificios”.⁶

Los sitios de segundo rango los definen como sitios grandes, con varios conjuntos arquitectónicos monumentales, algo menores a los de primer rango, separados entre sí, pero vinculados al complejo central por calzadas (sacbeob), ocupan en general un área extensa lo que deja de manifiesto el posible aprovechamiento de los recursos en derredor.

⁶ Relación de las cosas de Yucatán. Diego de Landa

La lista de estos sitios es un poco mayor, no obstante, los que se encuentran a una distancia no mayor a 10 km al SAR Chicxulub, son únicamente dos: Komchen y Dzibilchaltun, ambos pertenecientes al municipio de Mérida y separados entre sí, por una distancia aproximada de 7 km.

Los sitios del tercer rango son parecidos en forma a los asentamientos del segundo rango, pero los edificios son de menores dimensiones, pueden estar integrados por varios conjuntos secundarios, pero con una disminución en la cantidad de estos, cuentan con un menor número de calzadas para comunicar los conjuntos, y usualmente se encuentran varios sitios de este rango en las inmediaciones.

A este rango pertenecen los sitios de Timul, localizado 3.6km al sur del SAR Chicxulub, en las cercanías de la localidad del mismo nombre, en el municipio de Motul y el sitio de Ixil, ubicado 2.6 km al sur del SAR en la cabecera municipal de Ixil en el municipio del mismo nombre. Cabe mencionar que entre ambos sitios existe una distancia aproximada de 9.7 km.

Los sitios referidos como de cuarto rango, involucran diferentes tipos de asentamientos, que pueden estar compuestos “por conjuntos aislados de dos o tres plataformas hasta asentamientos de amplia extensión y numerosas estructuras, pero con muy poca arquitectura monumental.”

Por definición en este rango se incluye un número mayor de sitios, como muchos de ellos no cuentan con un nombre previamente identificado los autores optan por registrarlos de modo numérico y dada la inmensidad de sitios distinguen entre estos, a partir de la codificación de las hojas de los planos en las que generaron su registro. Siendo 16Qd(04) el único número de hoja que ocupamos para enlistar los sitios próximos al SAR. Dadas las dimensiones de los sitios de esta categoría destacamos principalmente los que se encuentran al interior y no consideramos necesario citar más que los sitios que se ubican a menos de 2 km del polígono del SAR. Los enumeramos a continuación por municipios.

Sitios rango 4 al interior del SAR por municipios:

Progreso: sitios 136, 137 y 151. Así como el sitio 135 referido también como Baspul señalado en la base de datos aproximadamente a 60 metros al norte de la línea, en la coordenada UTM 234404 Este 2347338 Norte. Derivado de ello se realizó un recorrido de campo por parte del equipo que realizó el trabajo para la elaboración de la MIA, no obstante al verificar las coordenadas observaron que la información documental era inexacta, encontrándose que realidad el sitio es cruzado de este a oeste por la línea de transmisión. Dos de los vestigios arqueológicos referidos se localizan en las coordenadas UTM 234790 Este 2347254 Norte y 234768 Este 2347272 Norte las cuales se encuentran a menos de 13 y 6 metros respectivamente del trazo de la línea (*Figura 161, Figura 162 y Figura 163*).



Figura 161. Detalle de muro de roca careada pertenecientes a un sitio arqueológico ubicado en las proximidades del trazo de la línea de transmisión del proyecto Chicxulub.



Figura 162. Panorámica general de monumento arqueológico localizado en las proximidades del trazo de la línea de transmisión.



Figura 163. Probable piedra de molienda elaborado en roca caliza.

Sitios localizados en un radio de 2km al exterior del SAR enlistados por Municipios:

- Ixil: Al sur Sitios 104 y 152.
- Dzemul: Al Este del SAR, Sitio 144. Al Sur, Sitio 105.
- Baca: Al Sur, Sitio 89.
- Mochochá: Al Sur, Sitios 84 y 85.
- Chicxulub Pueblo: Al Sur, Sitios 23, 24 y 161.

Por último los autores del Atlas colocan a nivel de una quinta categoría, los sitios identificados como concheros, se trata básicamente de asentamientos prehispánicos con evidencia de extracción y aprovechamiento de bienes de origen marino. Dentro de esta categoría, en las proximidades del SAR únicamente encontraríamos hacia el Norte el Sitio 124 en el municipio de Ixil (*Figura 164*).

de los alrededores de las comunidades, situación que también ayudó a detectar zonas de importancia arqueológica.

El resultado de las encuestas se cruzó con información obtenida de los indicadores sociales, económicos, demográficos e información documental y hemerográfica, que en conjunto dio una perspectiva de la dinámica social y económica que se presenta el AE y con ello, realizar posibles inferencias sobre el grado de vulnerabilidad o los posibles riesgos no técnicos asociados al proyecto.

Los resultados de las entrevistas de percepción social sobre las modificaciones al ambiente, uso de recursos naturales, valorización de los espacios y posible aceptación del proyecto que se realizó en 2018. La mayoría de los habitantes del AE (60%), consideran que todo proyecto que beneficie el desarrollo económico de la población es aceptado; el 51.06% estaría dispuesto a vender o rentar sus terrenos si esto proporcionara un beneficio, mientras que solo el 9.6% no sabría (*Cuadro 107*). Analizando las respuestas se muestra que la población acepta la instalación de nuevos proyectos, sin embargo esta condición depende de que se perciba un beneficio inmediato en los habitantes como la generación de empleos.

Cuadro 107. Condición de aceptación o rechazo de proyectos, según opinión de las personas en el área del proyecto.

QUÉ PENSARÍA SI NUEVO PROYECTO U OBRA NECESITE TERRENOS DE SU COMUNIDAD O PROPIEDAD					
1. Dispuesto a vender o rentar	2. Me negaría	4. Lo que diga la autoridad o la mayoría	5. Según beneficios	6. Según afectaciones	7. No sé
29.03	0%	9.67%	51.61%	0%	9.67%

Fuente: Encuesta de percepción social sobre modificaciones al ambiente, uso de recursos naturales, valorización de los espacios y posible aceptación del proyecto, INECOL, 2018.

En el caso particular de los campos eólicos la población se muestra neutral con el 51.42% al vender terrenos para la instalación de estos, 20 % está de acuerdo y 28.57% en desacuerdo (*Cuadro 108*). El 75.86% no considera que la construcción de un parque eólico sea una afectación en la zona y el 39.28% considera que si principalmente los parques eólicos destruyen el paisaje de las comunidades (*Cuadro 109*).

Cuadro 108. Aceptación o rechazo para rentar o vender terrenos para campos eólicos.

¿ES ADECUADO VENDER O RENTAR TERRENOS DE LA COMUNIDAD O DE SU PROPIEDAD PARA LOS CAMPOS EÓLICOS?		
De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
20%	51.42%	28.57%

Fuente: Encuesta de percepción social sobre modificaciones al ambiente, uso de recursos naturales, valorización de los espacios y posible aceptación del proyecto, INECOL, 2018.

Cuadro 109. Percepción sobre destrucción de paisaje con los campos eólicos.

¿LOS CAMPOS EÓLICOS O PROYECTOS DE ESTE TIPO, DESTRUYEN EL PAISAJE ALREDEDOR COMUNIDAD?		
De acuerdo	Neutral	En desacuerdo
39.28%	32.14%	28.57%

Fuente: Encuesta de percepción social sobre modificaciones al ambiente, uso de recursos naturales, valorización de los espacios y posible aceptación del proyecto, INECOL, 2018.

La mayoría de los encuestados no tiene conocimiento del posible proyecto eólico, siendo que la pregunta expresa sobre si sabe de algún proyecto que se esté considerando en la región, más de la mitad de los que contestaron de manera afirmativa comentó la construcción de aerogeneradores, a lo que la población considera que debería haber una mayor difusión de estos proyectos y también una explicación de cuál es su funcionamiento (*Cuadro 110*).

Cuadro 110. Conocimiento y opinión sobre alguna obra o proyecto que se esté planeando construir.

NO CONTESTÓ (%)	NO (%)	SÍ (%)	TIPO DE OBRA O PROYECTO	TOTAL DE OPINIONES (%)
8.88	22.85	68.25		
			Carreteras	5.71
			Obras de infraestructura	22.85
			Aerogeneradores	8.57
			Unidades habitacionales	20
			Centros comerciales	-
			Fábricas, maquilas, otros	11.42
			Otros	-

Fuente: Encuesta de percepción social sobre modificaciones al ambiente, uso de recursos naturales, valorización de los espacios y posible aceptación del proyecto, INECOL, 2018.

Al cuestionar a la población que obra o proyecto cambiaría su entorno para bien, solo 6% consideró que los aerogeneradores serían uno de los proyectos positivos que podrían llegar a la comunidad (*Cuadro 111*), no obstante, 13% consideró que sería un proyecto que si llegara a la región cambiaría para mal a la región (*Cuadro 112*).

Cuadro 111. Actividad económica, obra o proyecto que considere cambiaría vida cotidiana para bien.

NINGUNA	INFRAESTRUCTURA URBANA (CARRETERAS, CALLES, BANQUETAS)	INFRAESTRUCTURA URBANA DE SANIDAD (DRENAJE, AGUA POTABLE, OTROS)	INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS (SALUD, EDUCACIÓN, OTROS)	CUALQUIER GENERADOR DE EMPLEO	AEROGENERADORES	PROYECTOS PRODUCTIVOS	QUE IMPLIQUE USO O EXTRACCIÓN DE RN	OTROS
-	8.82%	26.47%	55.18%	8.82%	-	-	-	-

Encuesta de percepción social sobre modificaciones al ambiente, uso de recursos naturales, valorización de los espacios y posible aceptación del proyecto, INECOL, 2018.

Cuadro 112. Actividad económica, obra o proyecto que considere cambiaría vida cotidiana para mal.

NINGUNA	CANTINAS Y CENTROS NOCTURNOS	AEROGENERADORES	INFRAESTRUCTURA URBANA (CARRETERAS, CALLES, BANQUETAS)	QUE IMPLIQUE USO O EXTRACCIÓN DE RN	OTROS (CUÁL)
9.6%	67.74%	-	-	22.58%	-

Encuesta de percepción social sobre modificaciones al ambiente, uso de recursos naturales, valorización de los espacios y posible aceptación del proyecto, INECOL, 2018.

Dichas condicionantes generan oportunidades para los proyectos eólicos, ya que se considera que en general es positiva la instalación de este tipo de proyectos. Se estima que cualquier proyecto es bienvenido, siempre y cuando se refleje en un beneficio a la comunidad, incluso, si genera cierta afectación al entorno. Por lo que, a través de programas de educación ambiental, sensibilización hacia el proyecto, generación de proyectos sobre alternativas productivas para los directamente implicados y generación de beneficios colectivos, será viable la instalación de nuevos campos eólicos. Por otro lado, si no se informa a la comunidad y se trabaja con ellos, esto podría convertirse en un factor negativo para el proyecto.

Aspectos económicos

Uso del suelo

El uso del suelo principalmente está compuesto en su mayoría por vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia, vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia, suelo urbano, pastizal y agricultura, en dirección a la costa se localiza principalmente manglar y sabana.

Dentro de los terrenos del área de estudio no se encuentran usos agrícolas o ganaderos, por lo que no se encuentra una explosión comercial dentro de la zona.

El área de estudio está cubierta principalmente por vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia y remanentes de vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (*Figura 165*).

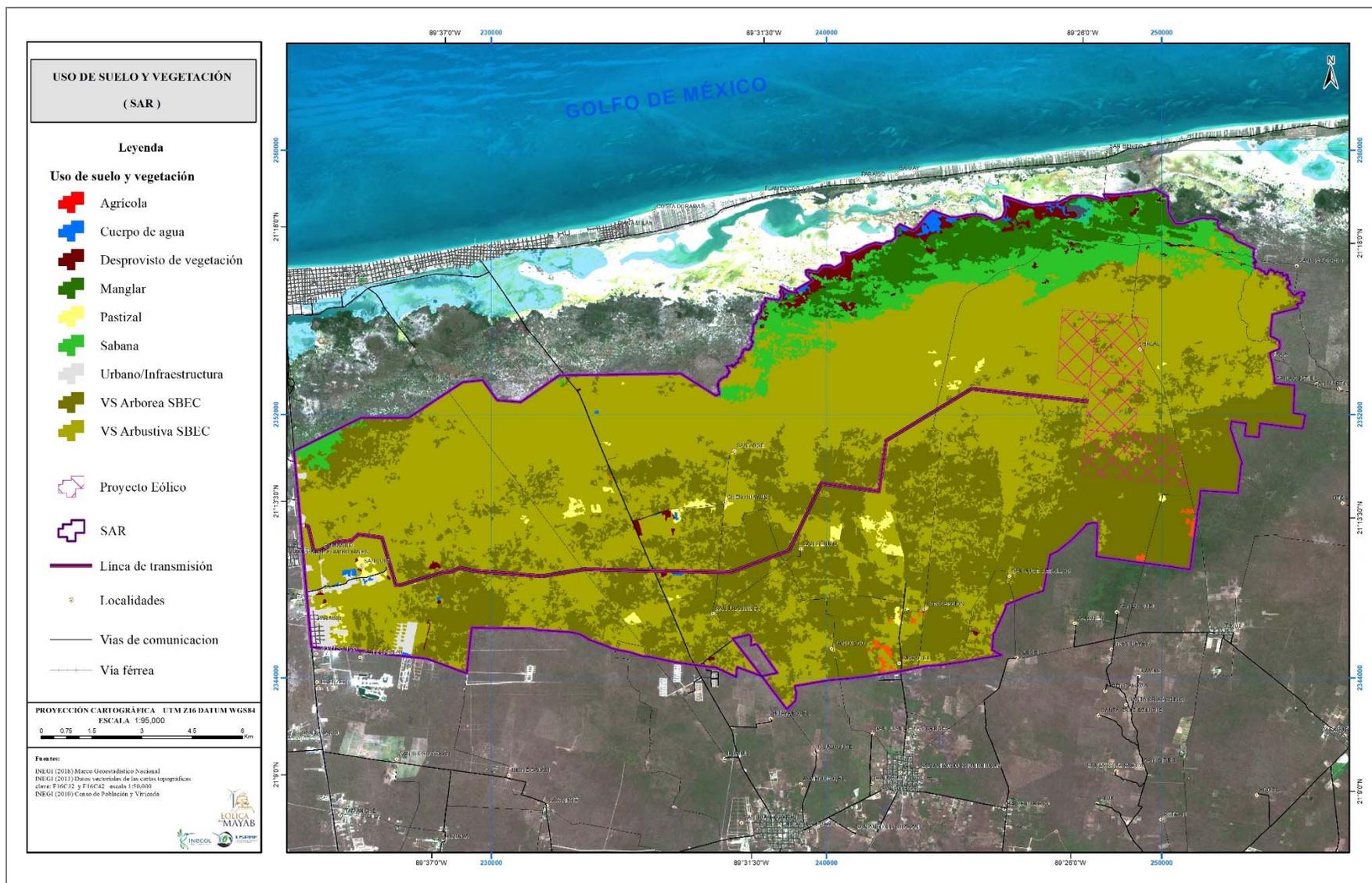


Figura 165. Uso de suelo y vegetación dentro del área del Proyecto.

Tenencia de la tierra

En los municipios del AE hay 28 núcleos agrarios, de los cuales los más grandes son pertenecientes al municipio de Motul (*Cuadro 113 y Figura 166*). En los municipios predomina la propiedad comunal, mientras que en otros, es mayoritaria la división de tierra en parcelas. En conjunto con los cuatro municipios ocupan 81, 092.24 ha.

Cuadro 113. Núcleos agrarios y superficie según el destino de la tierra por municipio.

MUNICIPIO	NÚCLEOS AGRARIOS	SUPERFICIE TOTAL HA	USO COMUN	PARCELADA	ASENTAMIENTO HUMANO
Chicxulub Pueblo	3	5,955.935	865.768	5,090.177	-
Ixil	5	30,266.009	26,006.551	3,792.098	467.360
Progreso	5	24,421.396	13,659.419	7,274.812	487.165
Motul	20	20,448.931	10,890.242	9,259.357	299.332

Fuente: Núcleo agrario; tabulados básicos por municipio 1992-2006; INEGI

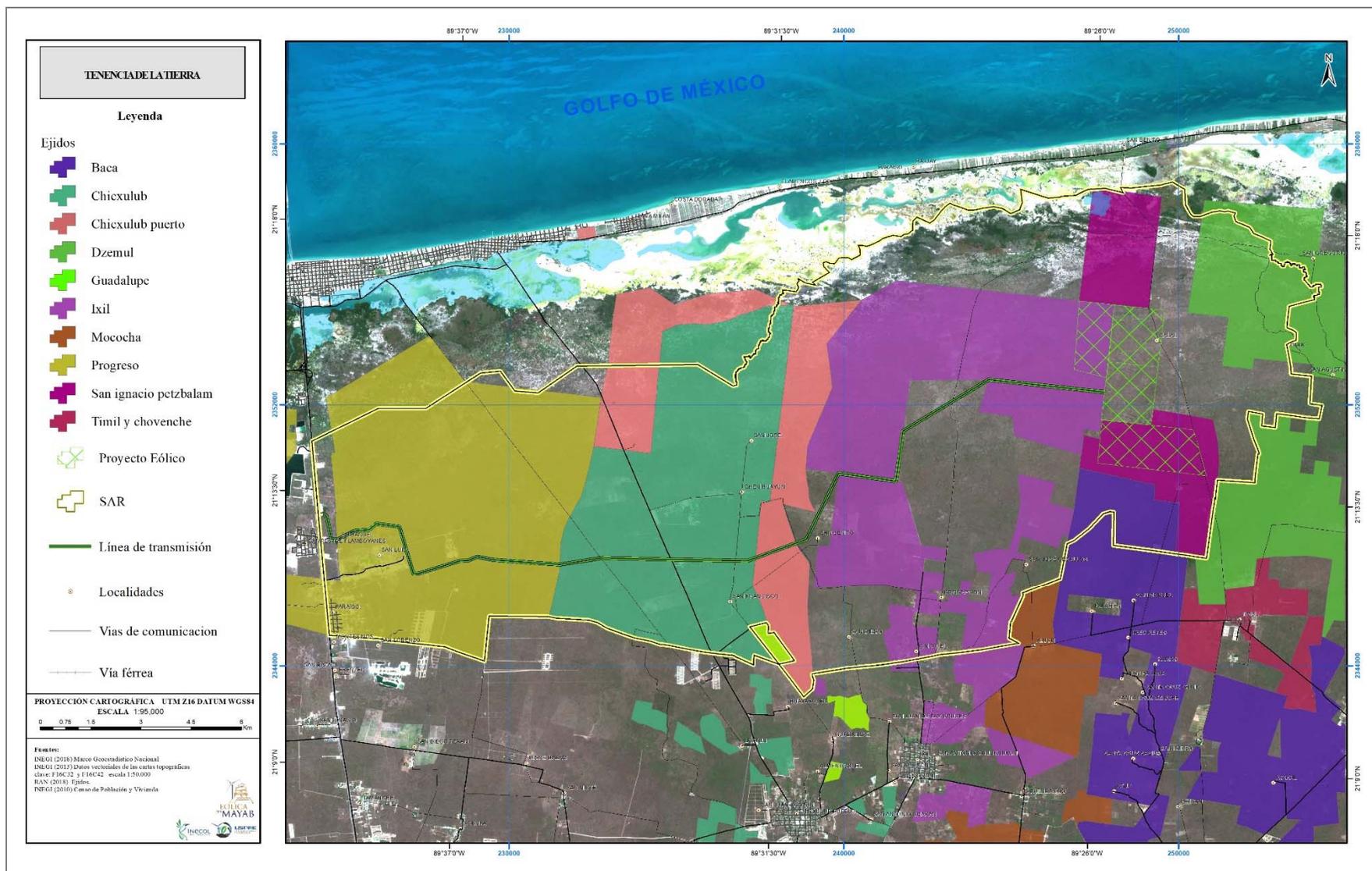


Figura 166. Tenencia de la tierra en el área del Proyecto.

Actividades económicas en el SAR

Para observar las principales características del sistema económico se tomarán los sectores primario, secundario y terciario, dichos indicadores tomados de la encuesta intercensal 2015 realizado por INEGI. En el AE, la dinámica económica hacia las actividades terciarias es muy marcada, principalmente hacia el sector comercio y servicios, aportando más del 55% al producto interno bruto y convirtiéndose en las principales actividades de la economía regional (*Figura 167*).

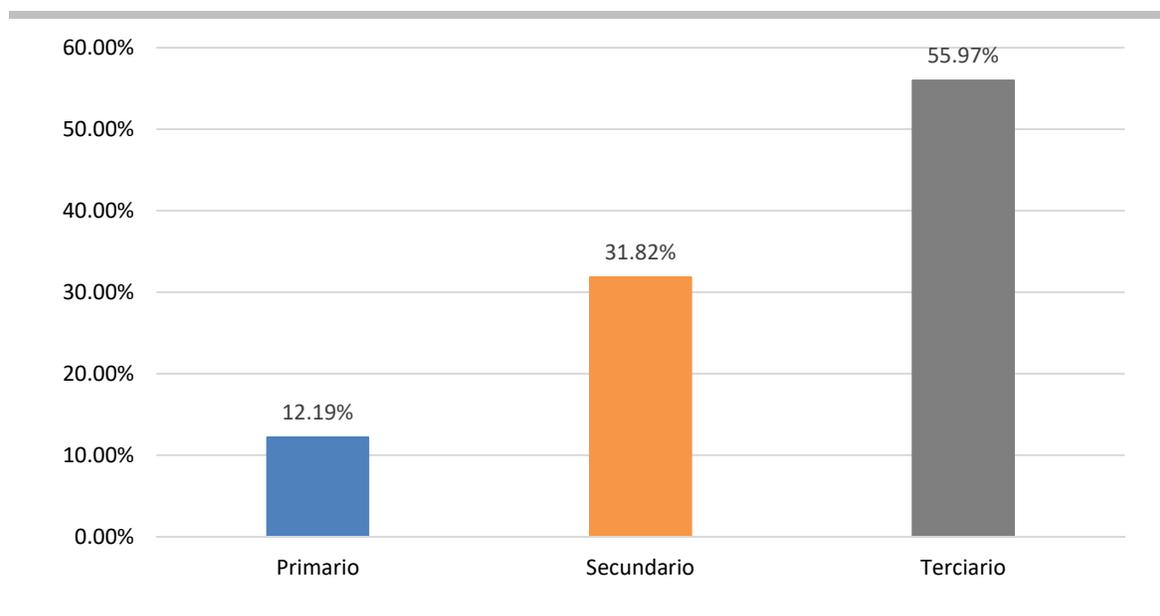
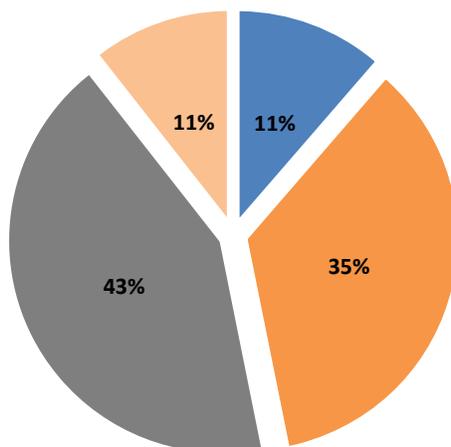


Figura 167. Porcentaje del personal ocupado, la producción bruta total y el total de las remuneraciones por sector económico en el área de estudio. Fuente: Censo Económico, 2009, INEGI.

Ingreso por trabajo

De acuerdo con la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, a partir del 1° de enero de 2018, hay un salario mínimo aplicable a todo el país, el cual es de \$88.36 pesos diarios (CONASAMI, 2016). El cual varía, dependiendo la profesión, de las cuales, se enuncian algunas a continuación, según los salarios mínimos estipulados por esta Comisión: Oficial de Albañilería, \$114.95; operador(a) de Buldozer y/o traxcavo, \$121.09; chofer de camión de carga en general, \$117.60; chofer de camioneta de carga en general, \$113.88; chofer operador(a) de vehículos con grúa, \$109.00; operador(a) de draga, \$122.33; oficial electricista instalador(a) y reparador(a) de instalaciones eléctricas, \$112.38; secretario(a) auxiliar, \$118.90; soldador(a) con soplete o con arco eléctrico, \$109.34113.60; vaquero(a) ordeñador(a) a máquina, \$99.66; Velador(a), \$101.80.

En la *Figura 168* se muestra el ingreso por trabajo de la población ocupada en los municipios dentro del área de estudio, donde el 43% gana más de dos salarios mínimos al mes.



■ Hasta 1 s.m. ■ Más de 1 a 2 s.m. ■ Más de 2 s.m. ■ No especificado

Figura 168. Ingreso por trabajo de la población ocupada en los municipios del área de estudio.
Fuente: Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015, INEGI.

Caminos

La red de caminos que se ubican en el área del proyecto, está compuesta principalmente por caminos de terracería, destacando que prácticamente la totalidad de las comunidades cuentan con caminos pavimentados para su acceso (*Figura 169*). Según las condiciones de accesibilidad, se puede distinguir la posibilidad de impactos, siendo mayores en las áreas por donde transitarán los vehículos dedicados a la construcción de los campos.

IV.2.3.2 PAISAJE

El paisaje puede ser visto como una parte de un territorio que puede ser observada desde un lugar determinado (RAE, 2017a). Sin embargo, en el ámbito de gestión ambiental, el paisaje es un área heterogénea de varios kilómetros compuesta de una gama de ecosistemas interactuando entre sí y se repite de formas similares (Forman y Gordon, 1981).

Actualmente, el paisaje representa uno de los recursos naturales con mayor importancia y demanda social debido a su valor escénico, el cual es fuertemente apreciado por gran parte de la población. Los cambios sobre éste tienen una incidencia en el territorio, por lo tanto, las actividades y modificaciones llevadas a cabo en él deben ser justificadas para que se implementen criterios que eviten o mitiguen su degradación. En este sentido, el paisaje debe ser preservado y en especial cuando se muestra una alta calidad visual pudiéndose justificar por su valor estético, pero también por su valor potencial para usos recreativos y de conservación o bien como un patrimonio cultural (Estévez, V. *et al.*, 2012; Alberruche-del Campo, *et al.*, 2015).

Unidades de paisaje

Los elementos que componen al paisaje pueden ser categorizados en unidades de paisaje, las cuales representan “unidades homogéneas” en su composición. Para ello, existen diversas escuelas de estudio del paisaje, las cuales implementan distintos enfoques ambientales, dándole prioridad a diversos componentes de la región como las rocas, los suelos, la vegetación, el clima, etc. No obstante, dichos componentes deben ser valorados de acuerdo a la región que se presente.

Estas unidades de paisaje se dividen en superiores e inferiores de acuerdo a tiempo de permanencia de éstas, por lo que las unidades superiores son compuestas por elementos estáticos en el tiempo (con mayor duración, pues requieren millones de años para presentar cambios) como el relieve, la litología y el clima; mientras que las unidades inferiores son desagregaciones de las unidades superiores (de menor duración, pues requieren décadas o siglos para modificarse de forma natural) conformadas por elementos como el tipo de suelo y la vegetación presente.

En el área del SAR se distinguen cinco unidades superiores debido a la composición uniforme de la morfología (relieve) pero distintos tipos de rocas y climas; no obstante, respecto a las unidades inferiores se puede mencionar que se identificaron 65 elementos distintos gracias a la vegetación y al suelo (edafología) existente (*Cuadro 114 y Figura 170*).

Cuadro 114. Unidades de paisaje en el SAR.

USP*	UIP**	MORFOLOGÍA	GEOLOGÍA	CLIMA	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUELO	ÁREA (HA)
1	1	Costa	Cuerpo de agua	Árido con lluvias en verano	Tular	Cuerpo de agua	194.62

USP*	UIP**	MORFOLOGÍA	GEOLOGÍA	CLIMA	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUELO	ÁREA (HA)
				(BS ₀ (h')(x'))			
2	2	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Sin vegetación aparente	Leptosol	44.01
2	3	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	191.59
2	4	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	1522.43
2	5	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de manglar	Leptosol	320.91
2	6	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Tular	Leptosol	428.60
2	7	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Manglar	Solonchak	511.19
2	8	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Manglar	Solonchak	17.73
2	9	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de manglar	Solonchak	238.63
2	10	Costa	Suelo lacustre	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de manglar	Solonchak	220.97
3	11	Planicie	Caliza	Cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw ₀)	Pastizal cultivado	Leptosol	72.86
3	12	Planicie	Caliza	Cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw ₀)	Pastizal cultivado	Leptosol	215.63
3	13	Planicie	Caliza	Cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw ₀)	Agricultura de temporal permanente	Leptosol	9.07
3	14	Planicie	Caliza	Cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw ₀)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	51.05
3	15	Planicie	Caliza	Cálido subhúmedo con lluvias en verano	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	30.29

USP*	UIP**	MORFOLOGÍA	GEOLOGÍA	CLIMA	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUELO	ÁREA (HA)
				(Aw ₀)			
4	16	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Urbano construido	Leptosol	186.51
4	17	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Urbano construido	Leptosol	324.89
4	18	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Sin vegetación aparente	Leptosol	288.78
4	19	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Pastizal cultivado	Leptosol	191.11
4	20	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Pastizal cultivado	Leptosol	151.49
4	21	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Pastizal cultivado	Leptosol	597.92
4	22	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Pastizal cultivado	Leptosol	181.91
4	23	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbustiva de selva baja caducifolia	Leptosol	712.17
4	24	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	718.27
4	25	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	2097.59
4	26	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	195.88
4	27	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	248.17
4	28	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs herbácea de selva baja caducifolia	Leptosol	1932.03
4	29	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbustiva de selva baja caducifolia	Leptosol	548.93
4	30	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	1336.30

USP*	UIP**	MORFOLOGÍA	GEOLOGÍA	CLIMA	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUELO	ÁREA (HA)
4	31	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	50.41
4	32	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	360.64
4	33	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	512.69
4	34	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	1891.43
4	35	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	682.99
4	36	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs*** arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	270.47
4	37	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	170.64
4	38	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbustiva de selva baja caducifolia	Leptosol	577.44
4	39	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	22.57
4	40	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	37.07
4	41	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₁ (h')w)	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	1598.05
5	42	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Urbano construido	Leptosol	9.65
5	43	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	1524.52
5	44	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	129.10
5	45	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	167.06

USP*	UIP**	MORFOLOGÍA	GEOLOGÍA	CLIMA	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUELO	ÁREA (HA)
5	46	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa subperennifoli	Leptosol	241.88
5	47	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja espinosa subperennifolia	Leptosol	226.47
5	48	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja caducifolia	Leptosol	464.77
5	49	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	110.31
5	50	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	161.31
5	51	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	341.34
5	52	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	412.83
5	53	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja caducifolia	Leptosol	224.01
5	54	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	308.47
5	55	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	152.25
5	56	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	352.24
5	57	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	123.79
5	58	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	34.07
5	59	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	35.03
5	60	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	146.85

USP*	UIP**	MORFOLOGÍA	GEOLOGÍA	CLIMA	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUELO	ÁREA (HA)
5	61	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	195.79
5	62	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	245.80
5	63	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	401.38
5	64	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	10.48
5	65	Planicie	Caliza	Árido con lluvias en verano (BS ₀ (h')(x'))	Vs arbórea de selva baja espinosa caducifolia	Leptosol	2140.43
Total							28115.71
* USP: Unidad Superior del Paisaje ** UIP: Unidad Inferior del Paisaje *** Vs: Vegetación secundaria							

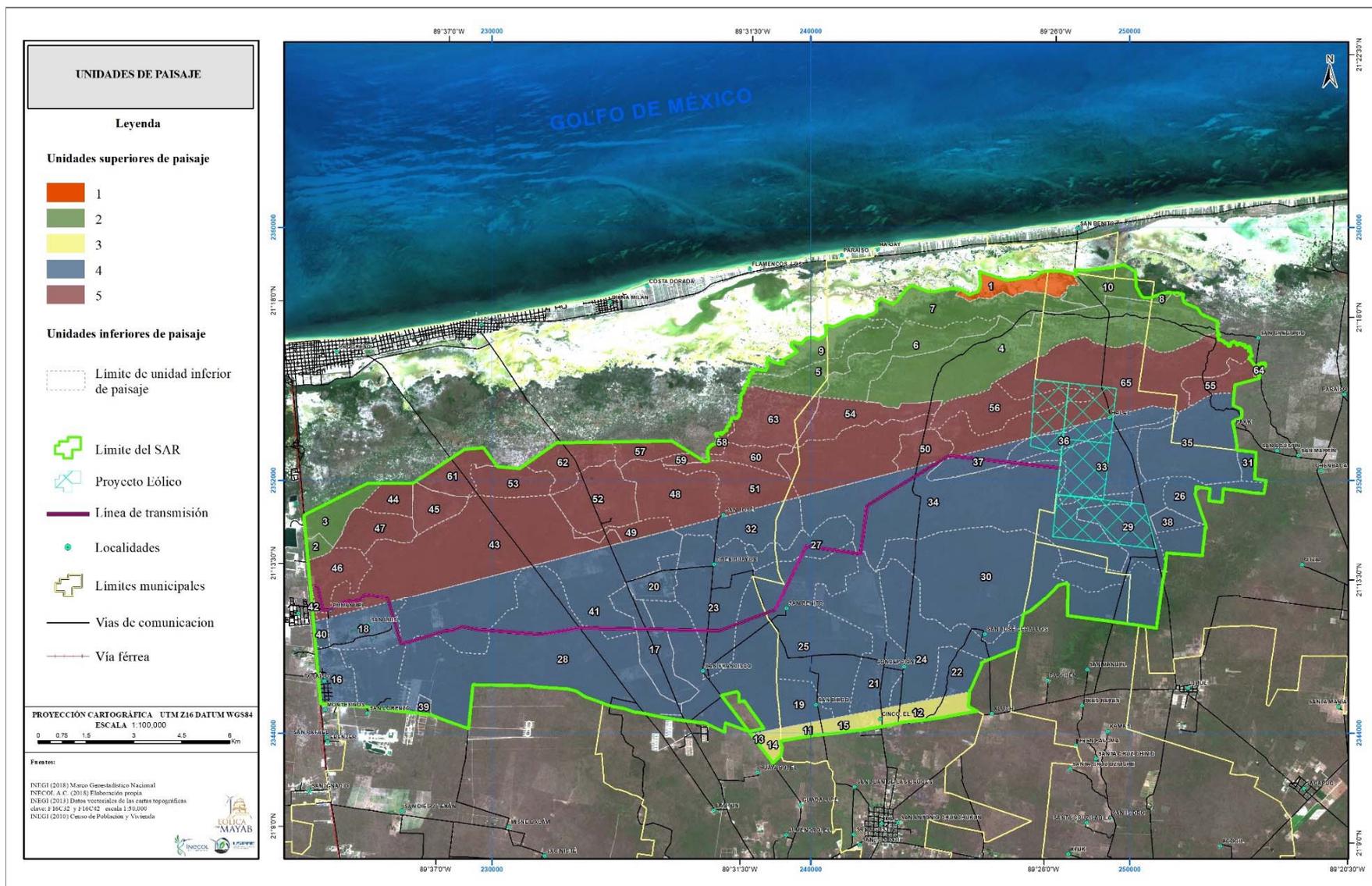


Figura 170. Unidades superiores e inferiores del paisaje en el SAR.

Visibilidad

La visibilidad es una característica de los objetos de ser visibles, dependiendo la distancia desde donde son observados y las condiciones atmosféricas presentes (RAE, 2017b). Para ello se utiliza una cuenca visual, la cual es el área o conjunto de superficies en que un objeto o punto puede ser observado. Su estudio constituye una parte importante para el análisis del paisaje visual. Cuando se quiere efectuar una modificación en el territorio cuya superficie sea extensa, se debe de llevar a cabo este cálculo (Gonzalo, 1996).

La cuenca visual deriva del relieve del sitio, pues éste impide la visibilidad de los elementos encontrados tras éste desde el punto de vista del observador. Para este caso, se sigue la lógica de cualquier punto de observación implica un punto observado desde su propia cuenca visual, por lo que se utilizó como punto de observación los puntos a observar (obras del proyecto) (Figura 171 y Figura 172).

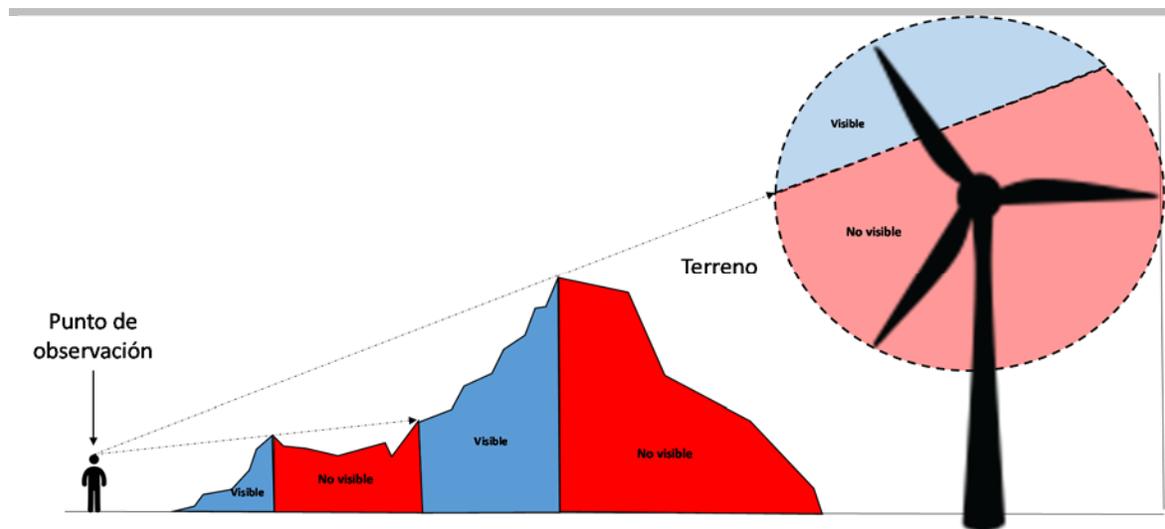


Figura 171. Diagrama de puntos de observación de una cuenca visual.

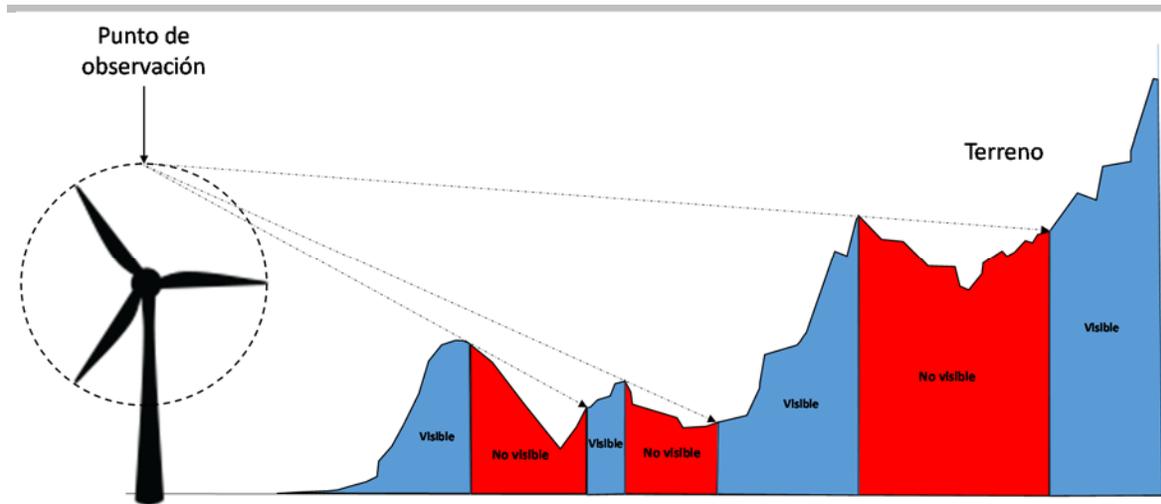


Figura 172. Diagrama del terreno desde donde el aerogenerador es visible.

Metodo

Debido a la distribución de los aerogeneradores y de las torres de la línea de transmisión del Parque Eólico Chicxulub y a la superficie que éstos ocupan en conjunto, el punto de observación no puede limitarse a uno solo, por lo que se generaron 20 puntos de observación, siendo éstos distribuidos a lo largo de las superficies destinadas a la ubicación de los aerogeneradores y puntos de observación justo donde se instalarán las torres autoportadas. De este modo puede realizarse un índice de visibilidad, remarcando la superficie desde la que los aerogeneradores y torres autoportadas de la línea de transmisión del proyecto Parque Eólico Chicxulub podrán ser visualizados. Los criterios para considerar las cuencas visuales de cada punto de observación son:

- Altura de observación 1-a: Se tomó este valor como 237 m, esto debido a que los aerogeneradores miden (con una base tronco-cónica de 157 m de altura hasta la góndola) 237 m de altura, considerando el punto máximo de las palas.
- Altura de observación 2: Esta altura se consideró como 1.5 m como promedio de altura de los ojos de una persona (observador) sobre el nivel del terreno.
- Alcance visual: La distancia máxima a observar el objeto se estableció de 20 km para poder tener un alcance suficiente, dado que en diversos estudios elaborados por Sullivan, Kirchler, Cothren y Winters (2013) se hace mención sobre el límite en que los aerogeneradores son visibles es muy variable de acuerdo a las condiciones atmosféricas y a las dimensiones de los aerogeneradores, causando un contraste a los 16 km en los estudios realizados en el Reino Unido y a los 19 km en los estudios hechos en Estados Unidos (Wyoming y Colorado).

Los valores de la cuenca visual se obtuvieron a partir de métodos automáticos empleando herramientas propias del software ArcMap 10.2.2 como *Model Builder* para crear archivos raster y

vectores derivados de la herramienta *Viewshed*, la cual tomó como insumos el Modelo Digital de Elevación y los puntos de observación. Como resultado previo se obtuvieron capas de visibilidad, las cuales se derivaron a partir de cada punto de observación determinado por los aerogeneradores y las torres de la línea de transmisión; dichas capas de visibilidad posteriormente fueron sumadas mediante el uso de la herramienta *Raster Calculator* (sobreposición) para determinar la totalidad de la visibilidad del proyecto.

El archivo resultante arrojó un índice con el porcentaje del total de puntos de observación; dichos resultados fueron modificados a partir de la distancia al proyecto:

- Menor a 2,000 m: se conservó el valor de la visibilidad original debido a la cercanía con los aerogeneradores y torres de la línea de transmisión.
- Entre 2,000 m y 8,000 m: el valor fue dividido a la mitad debido a que se encuentra a una distancia de considerable.
- Mayor a los 8,000 m: el valor fue dividido a una cuarta parte dado que los aerogeneradores y torres de la línea de transmisión se encuentran lo suficientemente lejos como para alterar la calidad y fragilidad del sitio de manera considerable.

Bajo este escenario, el porcentaje máximo observado en el SAR por una persona es de 98.58%, mientras que el 1.42% restante corresponde a la superficie no visible. La visibilidad del proyecto se dividió en porcentajes, clasificándolos en: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

La visibilidad relativa del área del proyecto se consideró como un factor que disminuye la calidad visual del paisaje y aumenta la fragilidad visual del paisaje; en cambio, en las áreas donde no es visible, el resultado será nulo y no alterará o ninguno de estos dos factores del paisaje respecto a su estado cero (previo al proyecto).

Resultados

En la superficie del SAR serán visibles todos los aerogeneradores y las torres de la línea de transmisión del proyecto Parque Eólico Chicxulub (*Cuadro 115*). debido a que la superficie del terreno es plana. Cabe destacar que los aerogeneradores no serían visibles en caso de estar dentro de vegetación (*Figura 173*).

Cuadro 115. Visibilidad del proyecto por unidades superiores de paisaje.

USP	VISIBILIDAD DEL TOTAL DE AEROGENERADORES	SUPERFICIE (%)	TOTAL (HA)
USP1	0	-	-
	20	0.70	194.61
USP 2	0	-	-
	20	12.43	3,496.05
USP 3	0	-	-

USP	VISIBILIDAD DEL TOTAL DE AEROGENERADORES	SUPERFICIE (%)	TOTAL (HA)
	20	1.35	378.89
USP 4	0	-	-
	20	56.50	15,886.31
USP 5	0	-	-
	20	29.02	8,159.82

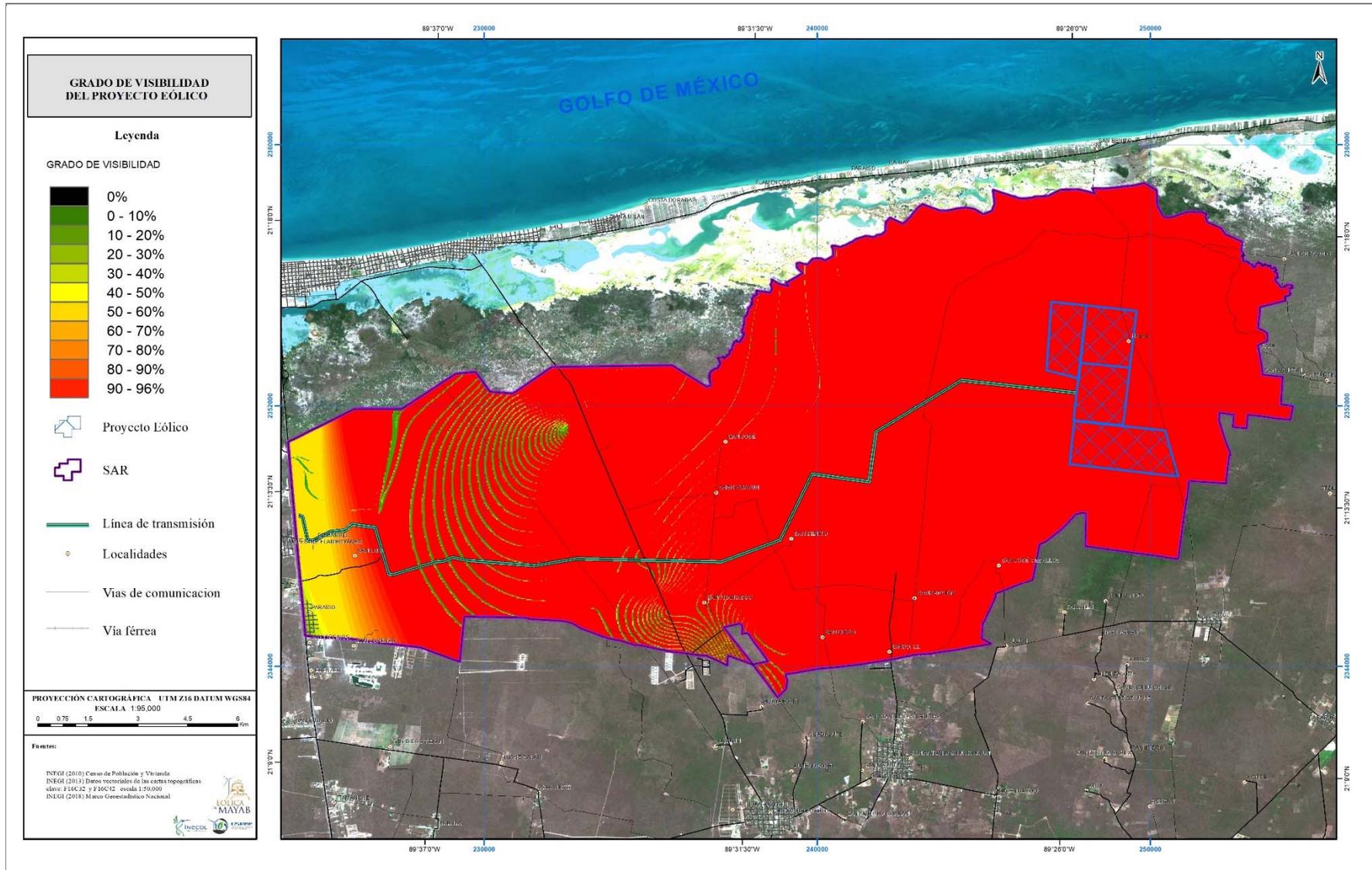


Figura 173. Mapa de visibilidad de los aerogeneradores y torres autoportadas del proyecto.

Calidad

La calidad paisajística se entiende como el grado de excelencia que presenta un paisaje determinado en función de la conservación del territorio en cada unidad de paisaje. Las evaluaciones se realizan para definir cambios en la calidad con base en las modificaciones que se desarrollan en el entorno (Estévez, V. *et al.*, 2012; Alberruche-del Campo, *et al.*, 2015).

Método

Para calcular la calidad visual intrínseca de paisaje de cada unidad de paisaje se utilizaron los valores de peso o ponderación que proponen Alberruche-del Campo *et al.* (2015) para cada factor de la unidad de paisaje y se utilizó la siguiente fórmula para obtener un valor global por cada unidad de paisaje.

Donde,
 Cv = Calidad visual del paisaje
 Cvir = calidad intrínseca de relieve
 Cviv = calidad visual intrínseca de vegetación
 Cvia = calidad visual intrínseca de agua
 Cviea = calidad visual intrínseca de elementos artificiales

Cabe mencionar que para delimitar las unidades de paisaje no se emplea la pendiente del terreno, por lo que fue necesario determinarla mediante un modelo digital de elevación; ello con el fin de poder utilizar los valores de la calidad intrínseca del relieve. Sin embargo, debido a que toda la zona del SAR presenta elevaciones muy someras, las pendientes registradas no superan 1° por lo cual se tomó la decisión de agruparlas en rangos con la finalidad de apreciar diferencias mínimas en la zona del SAR; y evitar generalizar las unidades de paisaje. (*Cuadro 116*).

Cuadro 116. Valores de índices de calidad visual de la pendiente.

PENDIENTE	
Pendientes < 0.29°	0.1
Pendientes 0.3° - 0.59°	0.3
Pendientes > 0.6°	0.5

El índice de la calidad visual intrínseca de vegetación (Cv_{iv}) fue realizado con valores que fueron tomados y adaptados para los tipos de vegetación de las unidades de paisaje (*Cuadro 117*).

Cuadro 117. Valores de índices de calidad visual de la vegetación y uso del suelo.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	
Agricultura de temporal permanente	0.2
Manglar	1
Pastizal cultivado	0.3

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	
Sin vegetación aparente	0.1
Tular	1
Urbano construido	0.1
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	0.8
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia	0.8
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa subperennifolia	0.8
Vegetación secundaria arbustiva de manglar	0.7
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.7
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	0.7
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia	0.7
Vegetación secundaria herbácea de selva baja caducifolia	0.7

El componente agua se valoró mediante la presencia de cuerpos de agua, corrientes perennes e intermitentes (nulas en la zona del SAR), manantiales u ojos de agua. En el caso de presentarse formaciones de agua dentro de las unidades de paisaje se les asignó un valor alto (1) y en el caso de ausencia, se redujo el valor a 0.1 (*Cuadro 118*).

Cuadro 118. Valores de índices de calidad visual de la presencia de agua.

PRESENCIA DE CUERPOS Y/O CORRIENTES DE AGUA	
Sin presencia	0.1
Con presencia	1

Para el índice de elementos artificiales se consideraron como componentes artificiales del paisaje los núcleos de población, pastizales y las zonas con uso agrícola. Se partió de la premisa de que una menor ocupación de elementos artificiales representa una mayor naturalidad que significa una mayor calidad visual, mientras que una mayor cantidad de elementos artificiales implica una menor calidad visual (*Cuadro 119*). Para establecer los índices se tomaron en cuenta los tipos de vegetación de las unidades de paisaje.

Cuadro 119. Valores de índices de calidad visual de la presencia de elementos artificiales.

PRESENCIA DE ELEMENTOS ARTIFICIALES	
Sin presencia	1
Uso agropecuario	0.3

PRESENCIA DE ELEMENTOS ARTIFICIALES	
Con presencia	0.1

Finalmente se aplicó la ecuación antes propuesta y los resultados se categorizaron de la siguiente forma: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta. (*Cuadro 120*).

Cuadro 120. Categorización de la calidad visual intrínseca.

CATEGORIZACIÓN DE LA CALIDAD VISUAL	RANGO DE VALOR
Muy baja	< 0.2
Baja	0.2 - 0.4
Media	0.4 - 0.6
Alta	0.6 - 0.8
Muy alta	0.8 - 1

Resultados

Dentro del SAR se identificaron los cinco tipos de calidad en el paisaje de manera previa a la instalación del proyecto. Estos resultados fueron muy baja (1.89% del SAR), Baja (6.35%), Media (47.74%), Alta (39.91%) y Muy alta (4.11%). Los resultados fueron determinados en su mayoría por el uso del suelo y la vegetación existente; pues el SAR al ser constituido principalmente por selvas bajas en diferente grado de conservación, por manglares y por presencia de zonas con cuerpos de agua da como resultado que se mantenga un poco elevada la calidad visual de las unidades de paisaje que presentan tales características. (*Cuadro 121 y Figura 174*).

Cuadro 121. Superficies por calidad intrínseca y UIP del SAR.

CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE	UNIDAD INFERIOR DEL PAISAJE	ÁREA (HA)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR (%)
Muy baja	16	186.51	0.66
	17	324.89	1.16
	42	9.65	0.03
Total Muy baja		521.05	1.85
Baja	2	44.01	0.16
	11	72.86	0.26
	12	215.63	0.77
	13	9.07	0.03
	18	288.78	1.03
	19	191.11	0.68
	20	151.49	0.54
	21	597.92	2.13
	22	181.91	0.65

CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE	UNIDAD INFERIOR DEL PAISAJE	ÁREA (HA)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR (%)
Total Baja		1,752.78	6.23
Media	5	320.91	1.14
	14	51.05	0.18
	15	30.29	0.11
	23	712.17	2.53
	24	718.27	2.55
	26	195.88	0.70
	27	248.17	0.88
	29	548.93	1.95
	30	1,336.30	4.75
	31	50.41	0.18
	32	360.64	1.28
	33	512.69	1.82
	35	682.99	2.43
	36	270.47	0.96
	37	170.64	0.61
	38	577.44	2.05
	39	22.57	0.08
	40	37.07	0.13
	41	1,598.05	5.68
	43	1,524.52	5.42
	45	167.06	0.59
	46	241.88	0.86
	47	226.47	0.81
	48	464.77	1.65
	49	110.31	0.39
	50	161.31	0.57
	51	341.34	1.21
	54	308.47	1.10
	55	152.25	0.54
	56	352.24	1.25
57	123.79	0.44	
58	34.07	0.12	
59	35.03	0.12	
60	146.85	0.52	
61	195.79	0.70	
62	245.80	0.87	
63	401.38	1.43	

CALIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE	UNIDAD INFERIOR DEL PAISAJE	ÁREA (HA)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR (%)
	64	10.48	0.04
Total Media		13,688.70	48.68
Alta	3	191.59	0.68
	4	1,522.43	5.41
	8	17.73	0.06
	9	238.63	0.85
	10	220.97	0.79
	25	2,097.59	7.46
	28	1,932.03	6.87
	34	1,891.43	6.73
	44	129.10	0.46
	52	412.83	1.47
	53	224.01	0.80
65	2,140.43	7.61	
Total Alta		11,018.77	39.19
Muy alta	1	194.62	0.69
	6	428.60	1.52
	7	511.19	1.82
Total Muy alta		1,134.40	4.03
Total general		28,115.71	100

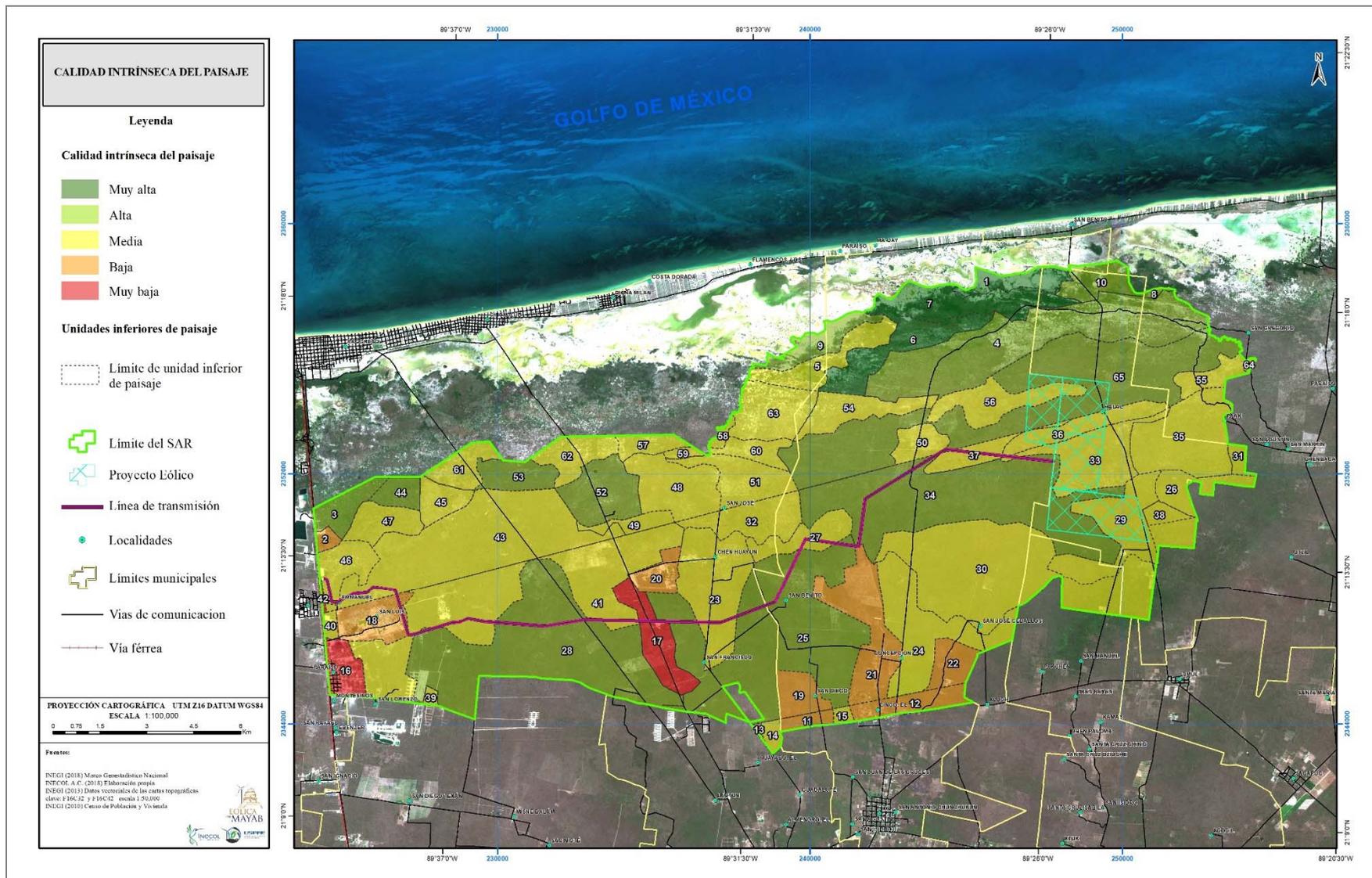


Figura 174. Mapa de calidad intrínseca del paisaje.

Fragilidad

La fragilidad es una característica derivada de la absorción visual, a mayor fragilidad menor será la capacidad de absorción y a menor fragilidad mayor será la capacidad de absorción, también es entendida como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla una modificación sobre él. Esta fragilidad depende de factores biofísicos que amortiguan o realzan las alteraciones visuales, los factores más significativos son el uso de suelo y vegetación, la fisiografía y la cuenca visual (Pérez, L. *et al.*, 2002; Alberruche-del campo, *et al.*, 2015).

La fragilidad visual intrínseca puede ser interpretada como el inverso de la calidad visual del paisaje, a mayor calidad visual del paisaje menor será la fragilidad y a menor calidad del paisaje mayor será la fragilidad, esto debido a que una buena calidad del paisaje contiene elementos naturales poco alterados y por lo tanto tiene una mayor capacidad de absorción.

Método

Para calcular la fragilidad visual intrínseca de paisaje se utilizaron los valores de peso que propone Alberruche *et al.* (2015) pero de manera modificada para el área de estudio y se utilizó la siguiente fórmula para obtener un valor global por cada unidad inferior de paisaje.

Donde,
 Fvi = Fragilidad visual intrínseca del paisaje
 Fvip = Fragilidad intrínseca de pendiente
 Fviv = Fragilidad visual intrínseca de vegetación
 Fviea = Fragilidad visual intrínseca de elementos artificiales

Cada uno de los elementos que compone a la calidad intrínseca del paisaje tendrá un valor de acuerdo a las variables que presente, para el caso de la pendiente, las más llanas serán un índice mayor de fragilidad debido a la facilidad de ingresar elementos antrópicos como lo son parques eólicos, infraestructura urbana, así como la transformación al uso agropecuario (*Cuadro 122*).

Cuadro 122. Valores de índices de fragilidad visual de la pendiente.

PENDIENTE	
Pendientes < 0.29°	0.5
Pendientes 0.3° - 0.59°	0.3
Pendientes > 0.6°	0.1

En cuanto al uso de suelo y vegetación, aquellos tipos que presenten áreas alteradas serán las que mantengan un valor más alto para el cálculo de la fragilidad; mientras que las áreas conservadas serán las que mantengan un valor mínimo (*Cuadro 123*).

Cuadro 123. Valores de índices de fragilidad visual del uso de suelo y vegetación.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	
Agricultura de temporal permanente	0.8
Manglar	0.1
Pastizal cultivado	0.7
Sin vegetación aparente	1
Tular	0.1
Urbano construido	1
Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia	0.2
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia	0.2
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa subperennifolia	0.2
Vegetación secundaria arbustiva de manglar	0.3
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	0.3
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia	0.3
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa subperennifolia	0.3
Vegetación secundaria herbácea de selva baja caducifolia	0.3

Dado que la presencia de elementos artificiales es crucial para determinar la capacidad de soportar los cambios producidos, una alta presencia de éstos representará una alta fragilidad; mientras que un área sin presencia de éstos implicará una mejor capacidad de absorción siendo una baja fragilidad (*Cuadro 124*).

Cuadro 124. Valores de índices de fragilidad visual de la presencia de elementos artificiales.

PRESENCIA DE ELEMENTOS ARTIFICIALES	
Sin presencia	0.1
Uso agropecuario	0.8
Con presencia	1

Finalmente se aplicó la ecuación antes propuesta y los resultados se categorizaron de la siguiente forma: Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta. (*Cuadro 125*).

Cuadro 125. Categorización de la fragilidad visual intrínseca.

CATEGORIZACIÓN DE LA FRAGILIDAD VISUAL	RANGO DE VALOR
Muy baja	< 0.2
Baja	0.2 - 0.4

CATEGORIZACIÓN DE LA FRAGILIDAD VISUAL	RANGO DE VALOR
Media	0.4 - 0.6
Alta	0.6 - 0.8
Muy alta	0.8 - 1

Una vez obtenida la fragilidad visual intrínseca del área de estudio, se procedió a realizar el cruce con la visibilidad del proyecto mediante la siguiente matriz (*Cuadro 126*).

Cuadro 126. Matriz de cruce entre la fragilidad y la visibilidad.

VISIBILIDAD	FRAGILIDAD (FV)				
	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
0	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
1	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
2	Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
3	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta
4	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
5	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Resultados

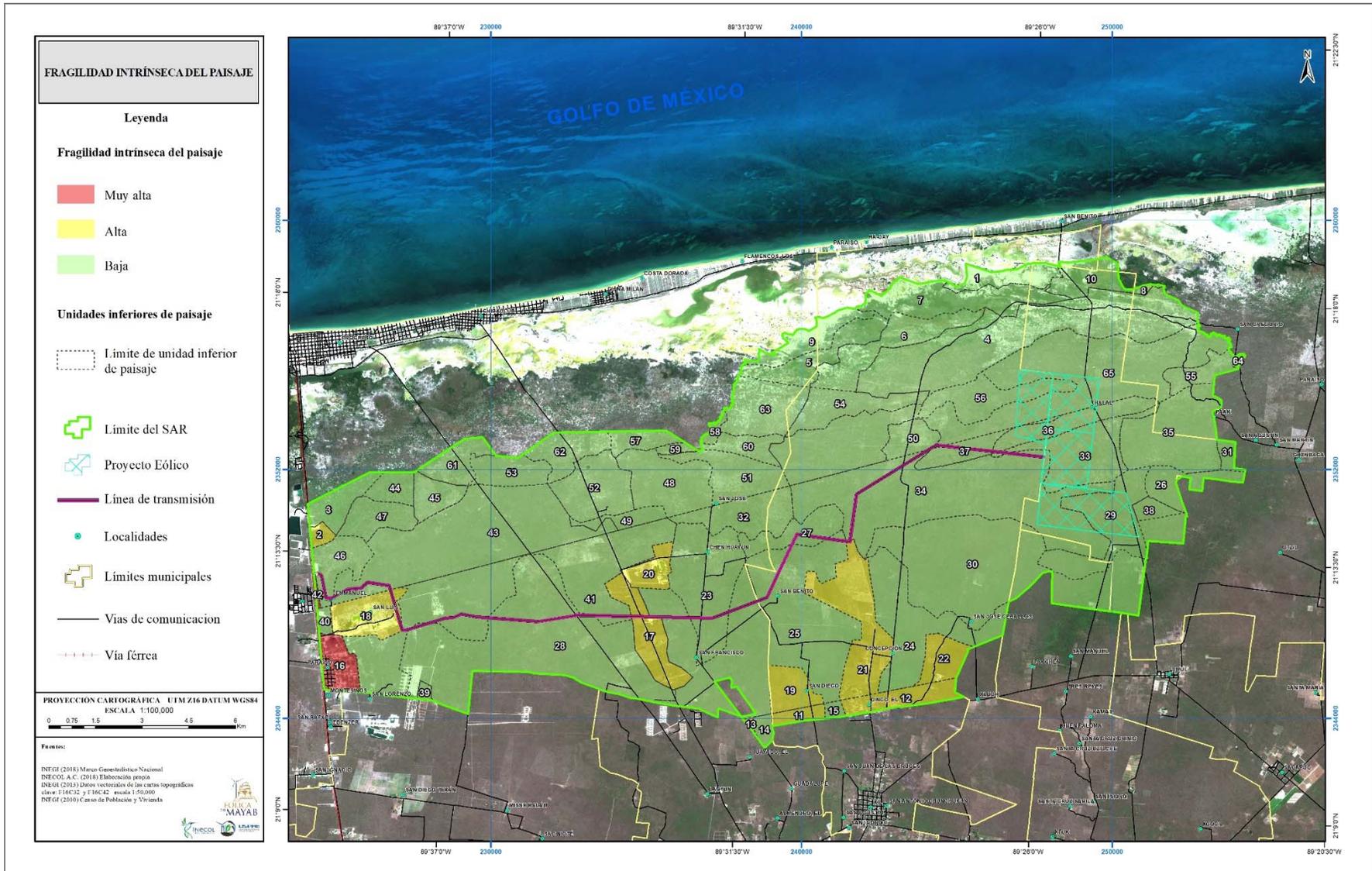
La fragilidad intrínseca del área de estudio muestra tres grados, siendo la baja fragilidad la predominante con el 91.76% de superficie del SAR, seguido por la alta fragilidad con el 7.52%, y por último, la fragilidad muy alta con un 0.72% de la superficie del SAR (*Cuadro 127* y *Figura 175*).

Cuadro 127. Superficies por fragilidad intrínseca y UIP del SAR.

FRAGILIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE	UNIDAD INFERIOR DEL PAISAJE	ÁREA (HA)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR (%)
Baja	1	194.62	0.69
	3	191.59	0.68
	4	1,522.43	5.41
	5	320.91	1.14
	6	428.60	1.52
	7	511.19	1.82
	8	17.73	0.06
	9	238.63	0.85
	10	220.97	0.79
	14	51.05	0.18
	15	30.29	0.11

FRAGILIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE	UNIDAD INFERIOR DEL PAISAJE	ÁREA (HA)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR (%)
	23	712.17	2.53
	24	718.27	2.55
	25	2,097.59	7.46
	26	195.88	0.70
	27	248.17	0.88
	28	1,932.03	6.87
	29	548.93	1.95
	30	1,336.30	4.75
	31	50.41	0.18
	32	360.64	1.28
	33	512.69	1.82
	34	1,891.43	6.73
	35	682.99	2.43
	36	270.47	0.96
	37	170.64	0.61
	38	577.44	2.05
	39	22.57	0.08
	40	37.07	0.13
	41	1,598.05	5.68
	43	1,524.52	5.42
	44	129.10	0.46
	45	167.06	0.59
	46	241.88	0.86
	47	226.47	0.81
	48	464.77	1.65
	49	110.31	0.39
	50	161.31	0.57
	51	341.34	1.21
	52	412.83	1.47
	53	224.01	0.80
	54	308.47	1.10
	55	152.25	0.54
	56	352.24	1.25
	57	123.79	0.44
	58	34.07	0.12
	59	35.03	0.12

FRAGILIDAD INTRÍNSECA DEL PAISAJE	UNIDAD INFERIOR DEL PAISAJE	ÁREA (HA)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR (%)
	60	146.85	0.52
	61	195.79	0.70
	62	245.80	0.87
	63	401.38	1.43
	64	10.48	0.04
	65	2,140.43	7.61
Total Baja		25,841.88	91.91
Alta	2	44.01	0.2
	11	72.86	0.3
	12	215.63	0.8
	13	9.07	0.0
	17	324.89	1.2
	18	288.78	1.0
	19	191.11	0.7
	20	151.49	0.5
	21	597.92	2.2
	22	181.91	0.7
Total Alta		2,077.66	7.38
Muy alta	16	186.51	0.66
	42	9.65	0.03
Total Muy alta		196.16	0.69
Total general		28,115.71	100



IV.2.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

CONTEXTUALIZACIÓN

En el apartado presentado a continuación se realiza el diagnóstico del área del Proyecto el cual, como se menciona al inicio de este capítulo, corresponde al predio del proyecto eólico Chicxulub, sustentado principalmente por las características inherentes a este desarrollo eólico particular y tomando como eje central la información recopilada durante las visitas de campo, imágenes de satélite, información documental impresa y recorridos de muestreo en el sitio donde se pretende llevar a cabo el proyecto; es con esta información que se logra generar una descripción concisa del sistema ambiental desde una perspectiva integrada y congruente con el estado actual del ecosistema en la región en la que se encuentra la zona del proyecto dentro de los municipios de Ixil, Progreso y Motul.

Siguiendo la misma línea planteada anteriormente se identificaron los usos de suelo y vegetación presentes en el área del Proyecto considerando los componentes más relevantes del medio físico, biótico y socioeconómico y se realizó una valoración cuantitativa y cualitativa a través del establecimiento de indicadores ambientales medibles, mediante la metodología que plantea la integridad ecológica o integridad ecosistémica, la cual se refiere a la composición, la estructura y el funcionamiento del ecosistema (Equihua *et al.*, 2014). Asimismo, se tomó en cuenta la presencia de especies de flora y fauna consideradas en alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010; además se incluyó el análisis de integridad ecosistémica realizado por la CONABIO, a través del monitoreo de la biodiversidad.

DESCRIPCIÓN BREVE DEL SISTEMA AMBIENTAL

El clima en el SAR del proyecto eólico Chicxulub, situado en los municipios de Motul, Ixil y Progreso en el estado de Yucatán; con coordenadas geográficas extremas 21°16'46" al Norte y 21°12'7" al Sur en Latitud Norte y 89°24'47" al Este y 89°39'20" al Oeste en Longitud Oeste, está determinado fuertemente por su baja altura y su cercanía al mar; existen 3 tipos de climas principales: el cálido seco, el cálido semiseco y el cálido subhúmedo. La temperatura media anual ronda los 25.8 °C con una oscilación de 5°C, por lo que se considera isotermal bajo condiciones normales.

En cuanto a precipitación y evaporación, en ningún momento la primera llega a exceder la última, por lo que puede considerarse que existe un déficit hídrico permanente.

Por lo que respecta a vientos, el sistema dominante en la Península de Yucatán donde se sitúa el proyecto, tiene dos componentes principales durante el año, la primera y más importante para la región se presenta durante la primavera y el verano, cuando dominan los vientos del sureste, con una fuerte influencia de vientos del este, la segunda a fines del otoño y principios del invierno la

componente principal de los vientos se invierte y tienen influencia las masas de aire frío del norte o nortes. Los vientos del sureste predominan en primavera - verano (22.7 %), registrando velocidades medias más altas de 9.8 km/h y los del este (20.9%) con velocidades medias de 8.5 km/h. Los vientos del noreste predominan en parte del otoño y todo el invierno (40%) con velocidades medias de 3.2 km/h. Los vientos del noroeste predominan durante la primavera (13.6), con velocidades medias de 7.9 Km/h. Se estima que se presentan más de 300 días con viento al año. La velocidad del viento a alturas de 50 m y 120 m.

Los vientos más importantes son los que se originan por la circulación ciclónica de junio a octubre, con mayor incidencia en septiembre y los nortes que abarcan de noviembre a marzo, haciendo descender la temperatura y aportando humedad en la época invernal, a veces se acompañan, con vientos de hasta 100 km/h.

Las obras permanentes del proyecto incluyen caminos viales internos, una subestación eléctrica elevadora, plataformas de maniobras, cimentaciones, zanjas de media tensión, cunetas, caminos de mantenimiento, caminos de acceso al parque, plataforma; por otro lado, las obras provisionales incluyen 20 plataformas de ensamblaje de la grúa, pasos para maquinaria, zonas de acopio, trabajos y oficinas. Dentro del área del proyecto se encontraron 185 especies correspondientes a avifauna; 16 especies de mastofauna terrestre no voladora, 43 especies de mastofauna voladora y 31 especies de anfibios y reptiles correspondientes a herpetofauna.

En el *Cuadro 128* puede verse de manera más detallada la distribución de las especies encontradas.

Cuadro 128. Especies registradas a diferentes escalas, que tienen potencial presencia en la región, dentro del SAR y área del Proyecto.

TAXA	POTENCIALES (REGIÓN)	REGISTRADAS (SAR)	REGISTRADAS (ÁREA DE INFLUENCIA)
Avifauna	314	74	51
Mastofauna	53	14	11
Mastofauna voladora	43	11	26
Herpetofauna	106	17	23
Totales	516	116	111

Cabe aclarar que si se realiza la sumatoria de las especies registradas en el SAR y las registradas en el área del proyecto contenidas en la tabla, no se obtendrá como resultado el número total de especies encontradas que se mencionaron anteriormente, esto se debe a que para registrar las especies registradas en el SAR y el área del Proyecto, únicamente se utilizó el método de transectos, mientras que para presentar la información anterior se utilizó el método de puntos de conteo, estación de redeo y *ad libitum*.

El elevado número de especies de aves encontradas es el reflejo de la importancia ecosistémica que tiene esta región, en la cual se ubica el área del proyecto, resulta importante mencionar que existe una ruta migratoria de aves paseriformes por la que también se ha observado el pase de algunas rapaces. Aunque existe una probabilidad de riesgo de colisión, pues esta es inherente en cualquier desarrollo eólico con aerogeneradores de eje horizontal, es baja, debido a que las paseriformes vuelan por debajo del nivel de las aspas de los aerogeneradores que se instalarán en el proyecto eólico Chicxulub y aunque las aves rapaces sí vuelan a una altura lo suficientemente elevada para estar en riesgo de colisionar con las aspas, no suelen usar esa ruta de migración, por lo que las colisiones con este tipo de aves, en caso de existir, podrían catalogarse como eventos poco frecuentes.

En cuanto a la comunidad de mamíferos terrestres no voladores descrita dentro del área del proyecto representa el 84% de las especies potenciales para la región costera de la Península de Yucatán. Del total de especies con distribución potencial tres son endémicas de México (*Tlacuatzin canescens*, *Handleyomys melanotis* y *Otonyctomys hattii*). Por su parte 16 especies, se encuentran listadas en alguna categoría de protección de acuerdo a la NOM-059 SEMARNAT 2010.

Por otro lado, la mastofauna voladora está representada por 43 especies potenciales en la región, en el área del proyecto Parque Eólico Chicxulub se logró registrar 26 especies, logrando una representación del 60.4 % de las especies a nivel estatal y el 18.7% de la quiropterofauna de México.

La riqueza de herpetofauna encontrada durante la colecta de datos del proyecto eólico Chicxulub es del 29.25% del total de especies con distribución potencial en la región de la planicie noroccidental de la Península de Yucatán. La especie la más abundante fue la lagartija espinosa de puntos amarillos (*Sceloporus chrysostictus*), seguido de la iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*), el huico yucateco (*Aspidoscelis angusticeps*) y la iguana yucateca de cola espinosa (*Cachryx defensor*).

DATOS DE USO DE SUELO Y TASAS DE DEFORESTACIÓN

Un factor importante para considerar en la evaluación del estado del ecosistema son las tasas de cambio de uso de suelo presentes en el proyecto, las cuales, mediante proyecciones simples permiten inferir tendencias en el cambio de uso de suelo dentro del SAR, es importante mencionar que la vegetación en la zona del proyecto ha sufrido cambios, algunos de estos muy ligeros, como la disminución en la superficie de cobertura de mangle, esto atribuido a fenómenos meteorológicos externos, concretamente, el huracán “Isidore” o Isidoro como fue nombrado en México del año

2002 el cual alcanzó la categoría III en la escala Saffir-Simpson al llegar al estado de Yucatán, con vientos máximos sostenidos de 185 km/h, rachas de 220 km/h y presión mínima de 995 hPa (Coordinación del SMN, 2002).

La metodología para obtener la clasificación de vegetación y tasas de cambio de uso de suelo en SAR del Parque Eólico Chicxulub, se describió en el capítulo V en el apartado correspondiente a los impactos acumulativos.

CAMBIO DE USO DE SUELO: RESULTADOS

A continuación, se presenta el *Cuadro 129* en donde se muestran las superficies de cada tipo de uso de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000, 2018 y 2018 con las respectivas remociones de cobertura.

Cuadro 129. Superficies en Hectáreas y en porcentaje para distintos usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000, y 2018 con las respectivas remociones del proyecto.

USO DE SUELO \ AÑOS	1979 (%)	2000 (%)	2018 (%)	2018 CON REMOCIONES (%)
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	15859.29 (56.41)	15717.43 (55.90)	9013.34 (32.06)	8993.00 (31.99)
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	8111.92 (28.85)	8280.90 (29.45)	15565.04 (55.36)	15513.61 (55.18)
Manglar	1541.74 (5.48)	1356.91 (4.83)	1040.45 (3.70)	1040.45 (3.70)
Sabana	1499.90 (5.33)	1520.77 (5.41)	1560.01 (5.55)	1560.01 (5.55)
Pastizal	1085.81 (3.83)	845.48 (3.01)	222.67 (0.79)	222.67 (0.79)
Agrícola	0.00 (0.00)	218.27 (0.78)	48.28 (0.17)	48.28 (0.17)
Cuerpo de agua	0.01 (0.00)	30.78 (0.11)	91.57 (0.33)	91.57 (0.33)
Urbano-Infraestructura	0.00 (0.00)	19.15 (0.07)	214.02 (0.76)	286.06 (1.02)

USO DE SUELO \ AÑOS	1979 (%)	2000 (%)	2018 (%)	2018 CON REMOCIONES (%)
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	17.04 (0.06)	126.03 (0.45)	360.33 (1.28)	360.06 (1.28)

Para facilitar el análisis y la comprensión de la información obtenida se construyó una gráfica la cual muestra las variaciones existentes en el uso de suelo dentro del área del proyecto, en un periodo que comprende desde el año 1979 hasta el 2018, *Figura 176*.

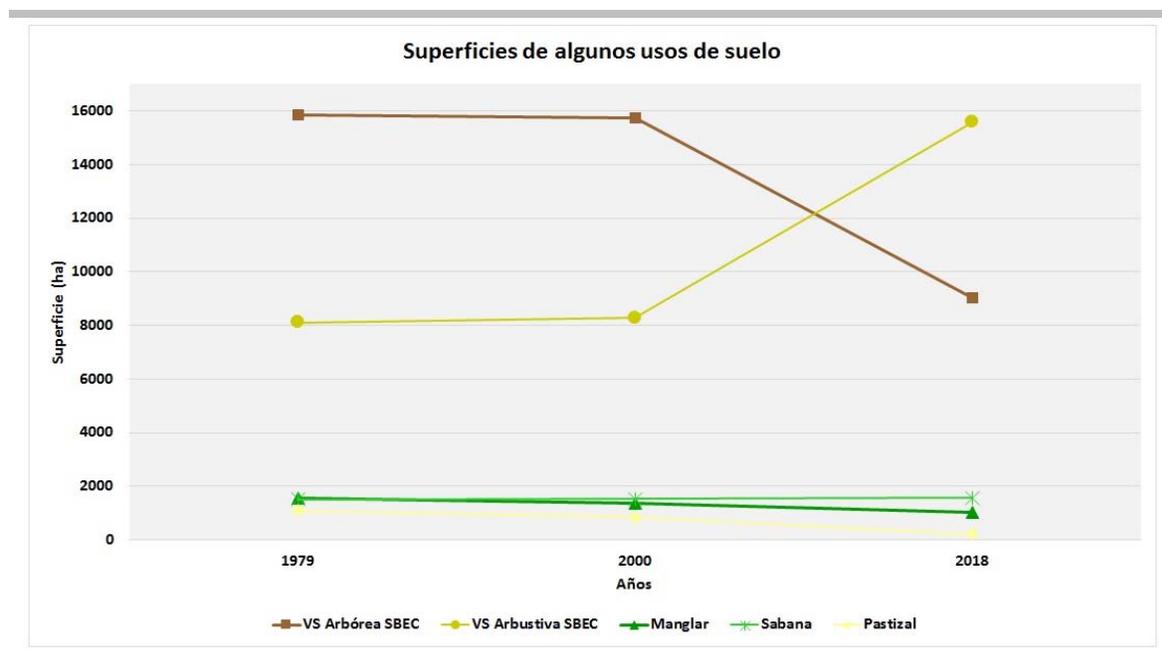


Figura 176. Distribución de cinco usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000 y 2018.

En la gráfica es más fácil observar el cambio de uso de suelo en las superficies, especialmente la vegetación arbórea que después del año 2000 decae de manera abrupta, caso contrario con la vegetación arbustiva que comienza a ganar superficie a partir del mismo año, el cambio drástico se debió al huracán del 2002, sumado a incendios en la región durante el 2003 (los incendios fueron verificados con imágenes de satélite y la trayectoria del huracán en el servicio meteorológico y notas de prensa e información en campo durante la visita *in situ*).

En el *Cuadro 130* se presentan cambios los cambios en la cobertura contrastados contra tres intervalos de tiempo distintos y un cuarto con condiciones de remoción, los valores son presentados en porcentaje.

Cuadro 130. Superficies en Hectáreas y en porcentaje para los cambios analizados en el uso de suelo para los años 1979-2000, 2000-2018, 1979-2018 y 1979-2018 con remociones; en el SAR del Parque Eólico Chicxulub.

CAMBIOS EN COBERTURA \ AÑOS	1979 - 2000 (%)	2000 - 2018 (%)	1979 - 2018 (%)	1979 - 2018 CON REMOCIONES (%)
Cobertura forestal sin cambios	25949.89 (92.30)	26232.20 (93.30)	26131.54 (92.94)	26060.11 (92.68)
Regeneración	926.11 (3.29)	946.64 (3.37)	1047.30 (3.72)	1046.96 (3.72)
Zonas deforestadas sin cambios	176.75 (0.63)	293.07 (1.04)	55.57 (0.20)	55.91 (0.20)
Deforestación - Impacto	1062.96 (3.78)	643.80 (2.29)	881.31 (3.13)	952.74 (3.39)

La *Figura 177* muestra las variaciones que ha tenido el cambio de Uso de suelo durante los distintos periodos analizados.

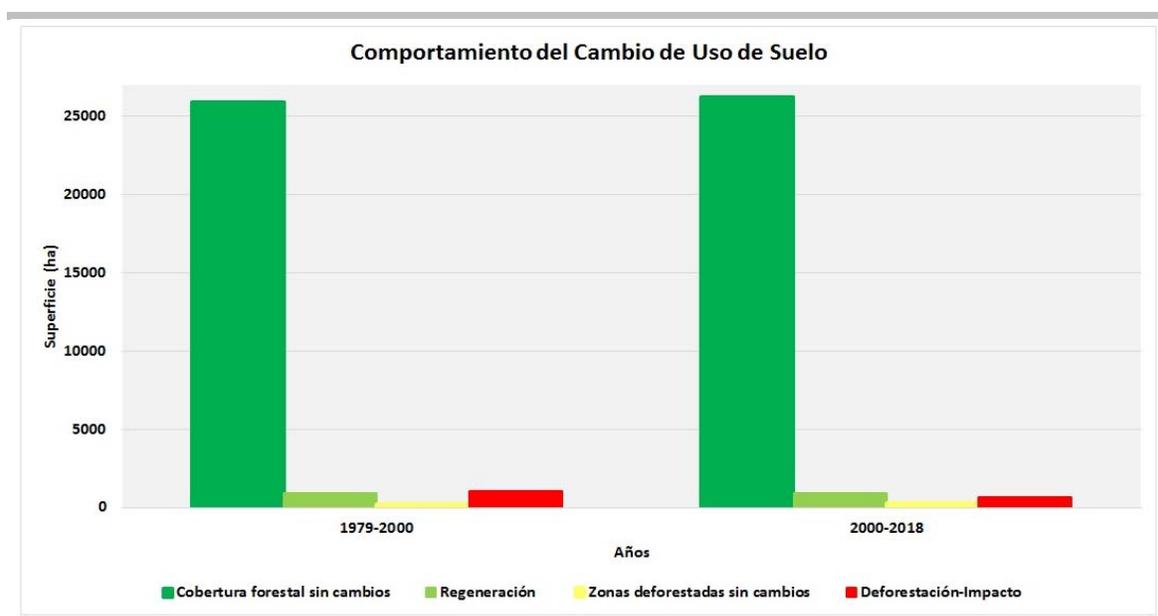


Figura 177. Distribución del cambio de uso de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los periodos 1979-2000 y 2000-2018.

Un dato importante de destacar, son las tasas de deforestación que se han presentado con el paso de los años, para ello se ha elaborado el *Cuadro 131*.

Cuadro 131. Tasas de deforestación en porcentaje para los periodos 1979-2000, 2000-2018, 1979-2018 y 1979-2018 con remociones; en el SAR del Parque Eólico Chicxulub.

USO DE SUELO	1979 - 2000	2000 - 2018	1979 - 2018	1979 -2018 CON REMOCIONES
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	-0.04	-3.04	-1.43	-1.44
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	0.10	3.57	1.68	1.67
Manglar	-0.61	-1.46	-1.00	-1.00
Sabana	0.07	0.14	0.10	0.10
Pastizal	-1.18	-7.14	-3.98	-3.9
Agrícola	-	-8.04	-	-
Cuerpo de agua	50.83	6.24	28.30	28.30
Urbano-Infraestructura	-	14.35	-	-
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	10.00	6.01	8.14	8.14
Cobertura forestal	-0.024	0.062	0.016	0.009

La *Figura 178* mostrada a continuación, permite observar la dinámica que presentan las tasas anuales de cambio de Uso de suelo durante los distintos periodos.

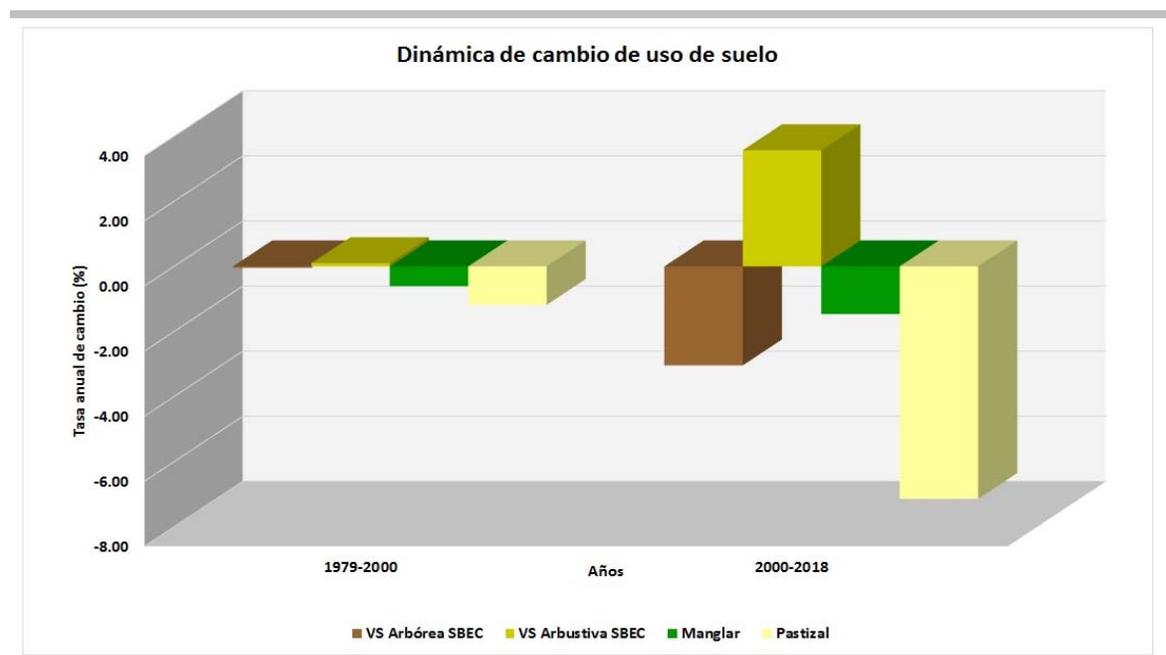


Figura 178. Tasa anual de cambio de uso de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los periodos 1979-2000 y 2000-2018.

USO DE SUELO, VEGETACIÓN Y COBERTURAS

Para efectos de este diagnóstico ambiental se asigna un uso de suelo a cada porción de territorio dentro del SAR con atributos de vegetación y/o uso de suelo semejante. En este sentido, la unidad ambiental corresponde a cada tipo de vegetación y uso del suelo dominante. En el *Cuadro 132* es posible observar su distribución, superficie y porcentaje ocupado.

Cuadro 132. Distribución, superficie y porcentaje ocupado de uso de suelo y vegetación.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE (HA)	SUPERFICIE (KM2)	PORCENTAJE %
Agrícola	48.25	0.48	0.17
Cuerpo de agua	91.76	0.92	0.33
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	360.58	3.61	1.28
Manglar	1040.52	10.41	3.70
Pastizal	222.67	2.23	0.79
Sabana	1560.20	15.60	5.55
Urbano/Infraestructura	214.11	2.14	0.76
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC)	9012.66	90.13	32.06
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC)	15564.97	155.65	55.36
Total	28115.71	281.16	100.00

En el *Cuadro 133* se observa la superficie de uso de suelo y vegetación en hectáreas, kilómetros cuadrados y porcentaje.

Cuadro 133. Superficie de los tipos de uso de suelo y vegetación (área del Proyecto).

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	SUPERFICIE (HA)	SUPERFICIE (KM2)	PORCENTAJE %
Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC)	404.38	4.04	34.96
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC)	752.30	7.52	65.04
Total	1156.68	11.57	100.00

En el *Cuadro 134* se observa el porcentaje de Coberturas foliar por tipos de vegetación.

Cuadro 134. Porcentaje de Coberturas foliar por tipos de vegetación

TIPO DE VEGETACIÓN	COBERTURA FOLIAR %		
	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO
Sabana	2	2	98
VSA SBEC	20	50	20
VSAB SBEC	50	30	20
Pastizal	0	0	100

TIPO DE VEGETACIÓN	COBERTURA FOLIAR %		
	ESTRATO ARBÓREO	ESTRATO ARBUSTIVO	ESTRATO HERBÁCEO
Agrícola	0	0	100
Manglar	80	3	17
*VSA SBEC: Vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia. *VSAB SBEC: Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.			

Por último, para mostrar de la manera más clara posible el uso de suelo dentro del SAR y su compatibilidad con el proyecto, así como mostrar el estado actual del ecosistema, se presenta una *Figura 179* georreferenciada en la que se puede apreciar a simple vista como a partir de 1979 comienza a reducirse la zona de manglar y la vegetación Arborea, para dar paso a la vegetación arbustiva, se decidió sobreponer el área del proyecto y el SAR para tener presente siempre la ubicación del proyecto eólico Chicxulub que actualmente (año 2018) se situaría únicamente en la región arbustiva (la cual es dominante en la zona) y una pequeña fracción de la arbórea, alejado en todo momento de la zona de manglar de alto interés ecológico.

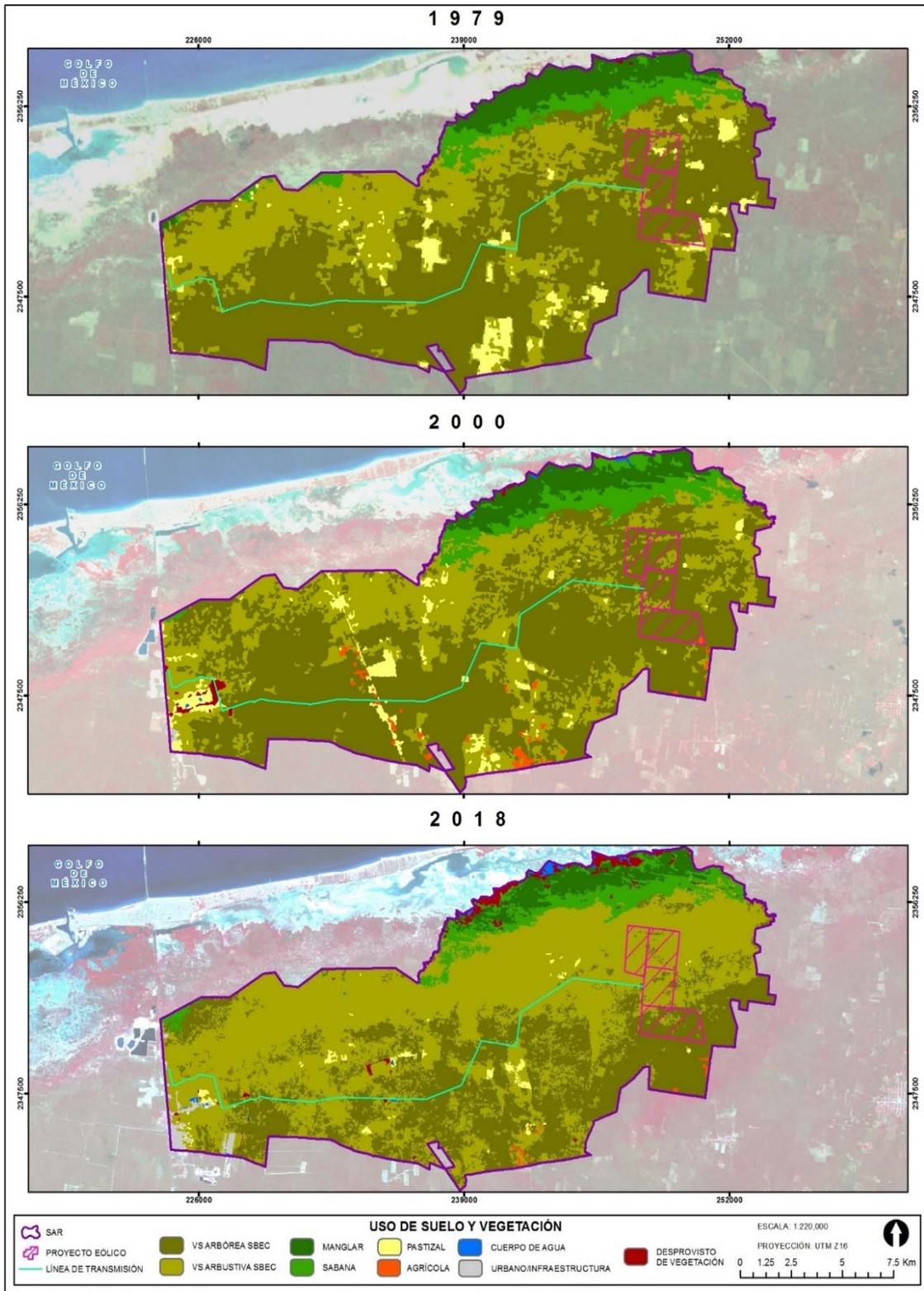


Figura 179. Uso de suelo y vegetación para el SAR.

En la siguiente *Figura 180* puede observarse las tendencias en el cambio de uso de suelo, tal como se mencionaba anteriormente en las tablas de esta sección.

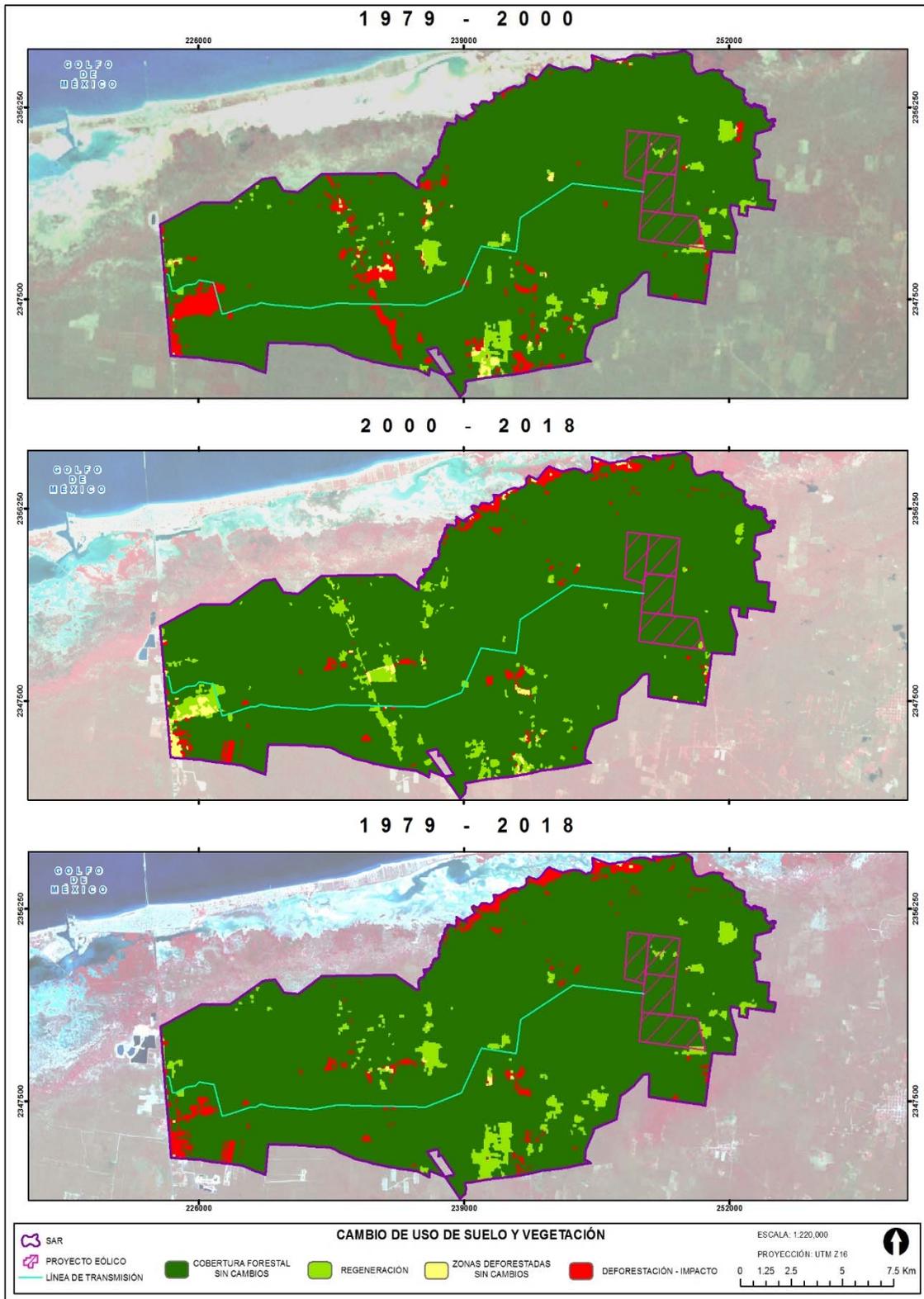


Figura 180. Cambios en las tasas de vegetación para el SAR.

De lo anterior pueden decirse varias cosas, la primera, a partir del año 2000 hay un aumento notable de la deforestación e impacto en zonas sensibles del ecosistema, esto se debe a los acontecimientos meteorológicos mencionados en este y otros apartados, así como incendios provocados por la misma falta de cobertura vegetal y la segunda, la mayor parte del SAR y del ecosistema circundante como tal no presenta cambios.

Para finalizar, la siguiente *Figura 181* muestra la misma información que la anterior y antes descrita, pero de manera más focalizada y puntual en el área del proyecto.

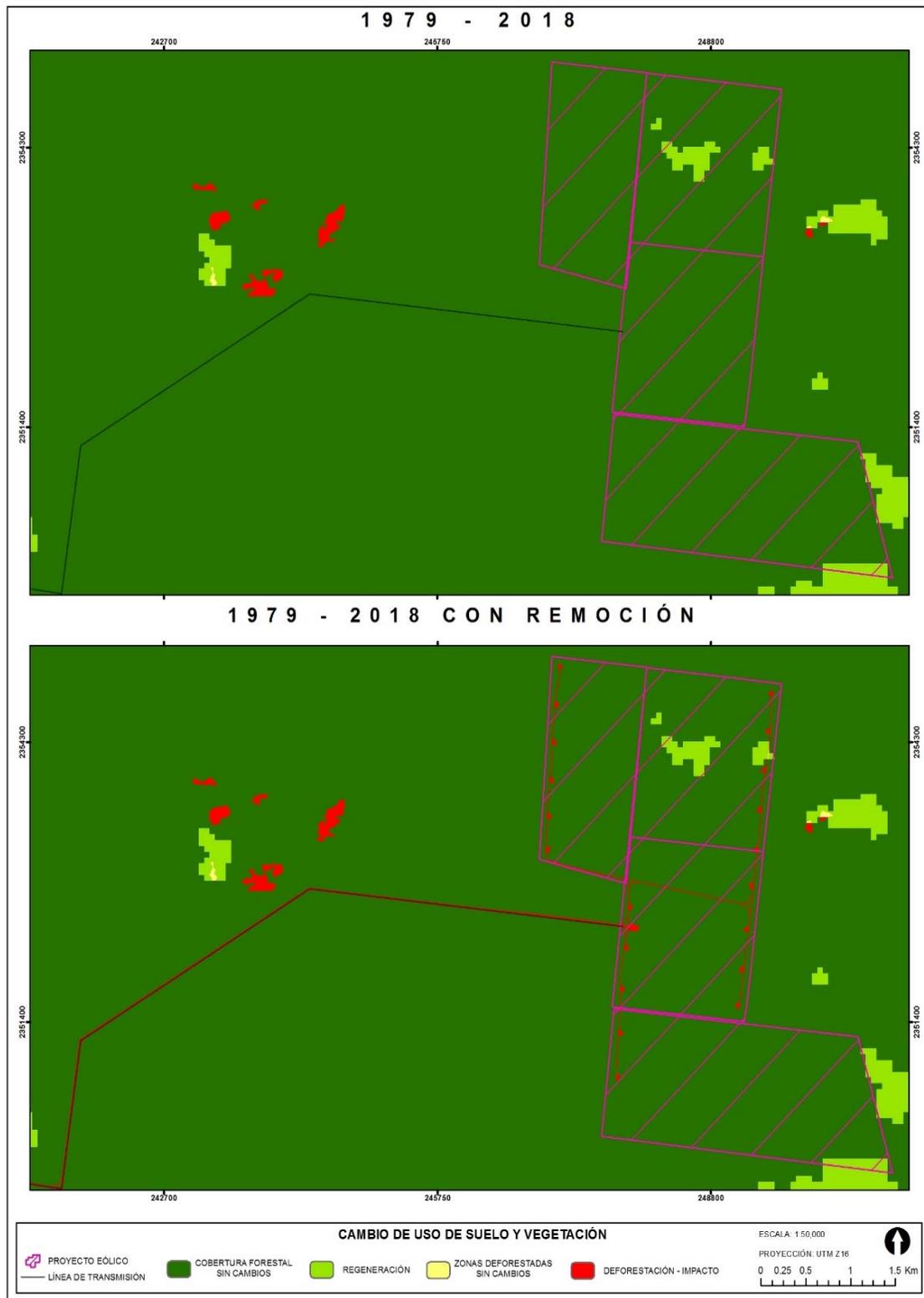


Figura 181. Tasas de cambio para el área del Proyecto.

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD QUE PRESENTA EL SITIO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA

La integridad ecológica se define como la composición, estructura y funcionamiento del ecosistema. Es un índice numérico que se infiere matemáticamente a través de datos numéricos del ecosistema e índices de calidad ambiental que sí se miden de manera directa. Entre las muchas utilidades que tiene, para el fin de elaborar un diagnóstico ambiental para el proyecto eólico Chicxulub tiene la de:

- Orientar acciones para la planificación de uso de suelo, ordenamiento ecológico, espacio y territorio.
- Evaluar las estrategias de manejo de manejo en áreas naturales protegidas
- Es un indicador del nivel de degradación o modificación de la condición original del ambiente.

Un ecosistema funcional es un ecosistema íntegro (García-Alaniz *et al.*, 2017) y se considera que mantiene su integridad (es viable) cuando sus características ecológicas dominantes (es decir: composición, estructura y función) ocurren dentro de los rangos de variación naturales y son capaces de resistir y recuperarse de la mayoría de disturbios ambientales (Parrish *et al.*, 2003).

Un ecosistema con integridad máxima es aquel que está generando servicios ecosistémicos sin intervenciones humanas; en otras palabras, posee intactas su composición y su estructura además de los procesos que las mantienen. Existe una disminución en la integridad cuando la distribución y abundancia de las especies se altera (cambio en la composición), la calidad del hábitat se degrada (cambio en la estructura) o bien los procesos ecológicos se perturban (cambio en el funcionamiento) (García-Alaniz *et al.*, 2017).

La integridad ecológica es un método holístico que permite medir de manera sistemática, confiable y frecuente el estado de conservación y funcionalidad de los ecosistemas (Equihua *et al.*, 2014, Sánchez-Parra 2014, García-Alaniz y Schmidt 2016). Debido a esta solidez la integridad ecológica es una medida que sirve como fundamento científico para orientar acciones de conservación y aprovechamiento de la naturaleza. Su utilidad como herramienta de evaluación del estado de los ecosistemas ha hecho que la integridad ecológica se haya trasladado de la academia a la administración y a la legislación. Puede servir para orientar las acciones de planificación de los usos del suelo (Vélez y Gómez 2008) y, por lo tanto, del ordenamiento ecológico del espacio. Sirve para evaluar estrategias de manejo en áreas naturales protegidas (Komar *et al.*, 2014, Herrera y Corrales, 2004, SINAC 2016). Es un indicador del grado de degradación o modificación de una condición original del ambiente (Equihua *et al.*, 2014, García-Alaniz y Schmidt 2016). La integridad ecosistémica o integridad funcional de los ecosistemas es un criterio fundamental en la legislación ambiental mexicana; como ejemplo, los manifiestos de impacto ambiental deben declarar cuál será la afectación a la integridad ecológica que causará una obra dada (García-Alaniz *et al.*, 2017).

La evaluación de la Integridad Ecológica es una herramienta muy útil tanto en escalas geográficas bajas (cuencas, regiones, áreas naturales protegidas) como altas (países, biomas). En México se ha implementado un programa de evaluación de la integridad ecosistémica a nivel del país entero (García-Alaniz y Schmidt 2016; García-Alaniz *et al.*, 2017), llamado Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/). Los resultados de este programa son de gran interés y utilidad para la comunidad académica, para las agencias de conservación y manejo de la naturaleza, para los órganos de administración y gobierno y para la comunidad empresarial. El mapa de la integridad ecológica de México (*Figura 182*) nos muestra cuan distinto es un ecosistema actual de una condición original y deseada (García-Alaniz *et al.*, 2017) y al mismo tiempo nos muestra el grado de influencia humana en las regiones modificadas por nuestras actividades productivas.



Figura 182. 4. Mapa de Integridad Ecosistémica de México (CONABIO 2004). (http://www.biodiversidad.gob.mx/sistema_monitoreo/).

La integridad ecológica es un atributo subyacente, es decir, no medible directamente (Sánchez-Parra 2014). Es un índice numérico que se infiere matemáticamente a través de datos numéricos del ecosistema e índices de calidad ambiental que sí se miden de manera directa.

En el sistema de evaluación de la integridad ecosistémica de México se toman variables dadas por el Inventario Nacional Forestal y de Suelos, imágenes de satélite, la cartografía de INEGI y datos generados ex profeso para calcular la integridad ecosistémica del territorio a través de redes bayesianas (Sánchez-Parra 2014, García-Alaniz y Schmidt 2016; García-Alaniz *et al.*, 2017).

A lo largo del tiempo es posible (y deseable) realizar evaluaciones periódicas de la integridad mediante el monitoreo de los indicadores elegidos. Como se mencionó al inicio de este apartado, la CONABIO a través del Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad desarrolló una estrategia para estimar la correspondencia entre diversos atributos de la biodiversidad y su organización en ecosistemas funcionales con el objetivo de reconocer la condición de integridad en la que se encuentran los ecosistemas del país.

Esta aproximación desagrega el concepto de biodiversidad en tres componentes generales que son otra vez compuestos por atributos medibles y observables en el campo, en términos genéricos: función (aspecto de relevancia por la provisión de servicios que producen los ecosistemas y que aprecia la sociedad), estructura (existen en México excelentes datos de este tipo obtenidos con el INFyS, las series de vegetación de INEGI y el nuevo programa MAD-Mex) y presencia de entidades biológicas observables en el campo (muchos esfuerzos de conservación están orientados a especies o grupos particulares, por ejemplo las especies focalmente protegidas por la NOM-059-SEMARNAT). Esos tres componentes definen tipos de datos útiles para estimar en forma sintética la integridad ecosistémica (CONABIO 2004).

Con base a lo anterior se realizó un ejercicio a través del SIG, en el cual se hizo el traslape del SAR del proyecto Parque Eólico Chicxulub con el mapa de la integridad ecosistémica obtenido de CONABIO 2004, con el objetivo de percibir el estado funcional particular del área en la que se pretende instalar el Proyecto, teniendo como resultado la siguiente *Figura 183*.

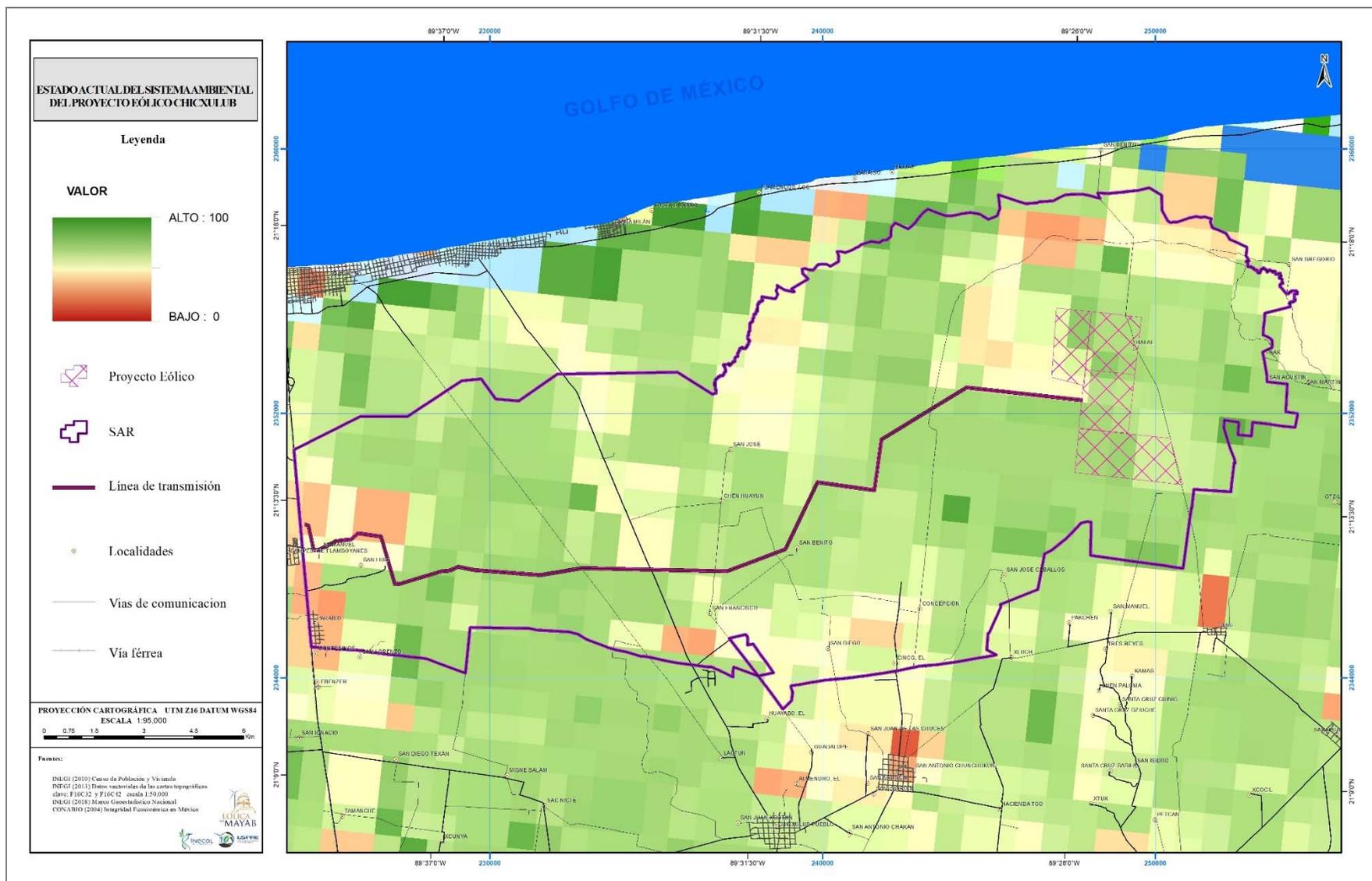


Figura 183. Integridad ecosistémica del SAR del Proyecto Parque Eólico Chicxulub.

Esta evaluación inicial de la integridad ecológica servirá para establecer una línea de base a partir de la cual sea posible observar el comportamiento de la integridad ecológica a través de evaluaciones periódicas.

El resultado de la figura nos indica que el SAR y área del proyecto aún conserva los elementos distintivos que favorecen la integridad de un ecosistema, es decir, la biodiversidad existente presenta índices significativos de riqueza y abundancia de especies, datos que podemos comprobar derivado de los muestreos realizados y la información descrita en el capítulo IV de esta manifestación.

La presencia de especies relevantes como *Leopardus pardalis*, *Eida barbara*, *Cachryx defensor*, *Meleagris ocellata*, *Campylorhynchus yucatanicus*, entre otras, son un indicador del estado del ecosistema. Dicha presencia de la vegetación como de la fauna silvestre nativa, de acuerdo a los rangos que genero la CONABIO, establece una integridad ecológica de rango medio a alta para el área en donde pretende realizarse el Proyecto.

En función a lo anterior la factibilidad de desarrollar el Proyecto se ha considerado bajo el análisis que otorgan los instrumentos de planeación territorial, es decir, el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del Estado de Yucatán (POETCY) y el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY). Ambos establecen las bases fundamentales para la planeación de las acciones que orientan, la restauración, aprovechamiento, protección y conservación de los recursos naturales a través de la zonificación o creación de Unidades de Gestión Ambiental.

El Proyecto Parque Eólico Chicxulub, se ubica en Unidades de Gestión Ambiental tanto en el POETCY (IXI05-MOT03) como del POETY (1-E), las cuales establecen los usos de suelo compatibles y no compatibles, así como sus criterios ecológicos. En el caso de los usos compatibles del POETCY los criterios 18, 19 permiten la instalación de industria en general y aquella que no contamine los mantos acuíferos, con especial énfasis el uso de suelo atribuido a la clave 29 permite el desarrollo de la industria eoloeléctrica, con lo cual el Proyecto cuenta con la factibilidad otorgada por un instrumento de planeación y ordenación del territorio.

De lo anterior es importante resaltar que el promovente estará cumpliendo con los criterios de regulación ecológica establecidos en las UGAs en las que el Proyecto se ubica y principalmente el criterio 65 que establece lo siguiente:

- Para el desarrollo de la industria eléctrica fotovoltaica y eólica, se deberá presentar un estudio de impacto ambiental, y particularmente el segundo requerirá de estudios detallados del sitio sobre geología, hidrogeología (con modelación matemática incluyendo

cuña marina e interfase salina), topografía, geofísica y geotécnica, así como evaluación de cuando menos un año sobre las poblaciones de felinos, quirópteros, aves y rutas migratorias a 50 km a la redonda. De igual forma realizará evaluaciones sobre ruido e impacto visual. Este tipo de actividad se realizará preferentemente en terrenos agropecuarios. Todo cambio de uso de suelo forestal deberá justificarse plenamente.

Con base al criterio 65 arriba mencionado, la Promovente realizó un monitoreo de un ciclo anual para la fauna voladora (aves y quirópteros) (Anexo), así como dio inicio al monitoreo de felinos para el área del Proyecto a través de un protocolo (Anexo) que permitirá contribuir en el estudio a nivel regional de la Península de Yucatán referente a la ruta del jaguar y otros felinos. Con lo anterior el proyecto está cumpliendo con aquellos criterios ecológicos de relevancia, que aunado a las medidas de mitigación propuestas, disminuirán el impacto adverso hacia el ecosistema.

INTEGRACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES Y ESTABLECIMIENTO DE SU LÍNEA BASE

Una vez que se integró, sistematizó y analizó toda la información para la descripción de cada componente ambiental se pueden establecer indicadores que describan el estado actual y las tendencias de cambio descritas dentro de SAR. Como lo recomienda la Guía (SEMARNAT, 2010) es conveniente establecer indicadores que permitan corroborar los resultados del análisis y dar un seguimiento ambiental del proyecto. Los indicadores ambientales pueden ayudar a valorar la salud o integridad de los ecosistemas de forma tal que sea posible determinar un estado de conservación (línea base) o integridad con la menor afectación posible en el tiempo actual.

Los indicadores ambientales se han utilizado a nivel internacional, nacional, regional, estatal y local para diversos fines y modalidades, entre ellos como herramientas para registrar el estado del ambiente, para la evaluación del desempeño de políticas ambientales y para el reporte de progresos en la búsqueda de la sustentabilidad ambiental (SEMARNAT 2001).

El conjunto de indicadores de un sistema dado está determinado por dos requerimientos:

1. Proveer información clave para una imagen clara y completa acerca del estado actual del sistema o fenómeno.
2. Proporcionar suficiente información para toma de decisiones que permitan dirigir al sistema hacia los objetivos seleccionados y determinar el grado de éxito de las acciones puestas en práctica.

En otras palabras, los indicadores están determinados tanto por el sistema mismo como por los intereses, necesidades y objetivos que se persiguen. Esto implica: a) tener un conocimiento lo más amplio posible de los conceptos y dinámicas de los fenómenos ambientales y b) tener claridad en

los objetivos, intereses y necesidades que se persiguen y que se pretenden alcanzar y monitorear con la ayuda de indicadores.

Con la información generada durante el presente estudio se puede construir un sistema de indicadores ambientales que puede monitorearse en las siguientes etapas del proyecto. Estos indicadores describen un escenario previo de dos aspectos principalmente. La descripción del estado de la biodiversidad e indicadores que provean información sobre procesos dentro del SAR (incluyendo procesos ecológicos y de cambio).

Con la información contenida en el presente Capítulo se establecieron nueve indicadores, de los cuáles siete se refieren a la medición de la biodiversidad del Área de Influencia y dos se refieren a procesos del ecosistema.

- Descripción de los indicadores

Indicadores de la medición de la biodiversidad

La condición de la biodiversidad es uno de los indicadores ambientales que mejor describen el grado de salud o integridad de los ecosistemas dentro del SAR. Sin lugar a dudas busca medir la importancia biológica del SAR basado en mediciones sobre la biodiversidad que alberga y la identificación de especies que se encuentra en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la normatividad ambiental mexicana y tratados internacionales. En términos de gestión ambiental, estos indicadores son los llamados Indicadores de Estado, que permiten describir el escenario actual y las tendencias del recurso evaluado (OCDE 2001).

Los valores obtenidos durante el desarrollo del presente estudio son los que constituyen la línea base del SAR. Cualquier cambio detectado en estos valores debe proporcionar información rápida y confiable para poder realizar tomas de decisiones eficientes y eficaces que ayuden a mitigar cualquier contingencia ambiental generada por la construcción de la línea de transmisión.

Indicadores de procesos ecológicos dentro del SAR

Son indicadores que describen tendencias de cambio en el paisaje. En esta categoría se incluye a la tasa de cambio de uso de suelo que es considerado como uno de las más útiles para describir los procesos de cambio. Por esta razón es considerado como un indicador estratégico que es de hecho, uno de los que se monitorea para evaluar la efectividad de la gestión ambiental en una escala de país. En esta categoría también se incluyen indicadores poblacionales que pueden proveer información sobre la dinámica poblacional antes, durante y después de implementado el proyecto.

A continuación se describen los indicadores y las métricas a utilizar y la línea base generada con el desarrollo del estudio de impacto ambiental. También se mencionan los métodos y técnicas que se

utilizaron para poder alimentar a los indicadores para que estos mismos se utilicen en las siguientes etapas de proyecto, idealmente en los mismos sitios de muestreo y por personal igualmente capacitado (*Cuadro 135*).

El *Cuadro 135* muestra los Indicadores ambientales establecidos con la información obtenida y analizada en este Capítulo IV en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y Área del Proyecto (AP). Uno de los indicadores de biodiversidad está relacionada con el número de especies en alguna categoría de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010: Pr: Protección especial; A: Amenazada y P: En peligro de extinción.

Cuadro 135. Indicadores ambientales para la línea base.

BIODIVERSIDAD			LÍNEA BASE (2018)		Métodos y técnicas
			SAR	AP	
Diversidad de plantas vasculares	Núm. De especies/H'	Riqueza / H'	158 / 3.3	103 / 3.6	Cuadrantes y colectas, parcelas circulares de 1,000 m ² . Transectos de Gentry.
	Especies dentro de la NOM-059	No. de especies	9	5	
Diversidad de aves	Núm. De especies/H' Verdadero	Riqueza / H'	74 /34.09	51 /34.61	Estación de conteo, redeo, puntos de conteo, transectos.
	Especies dentro de la NOM-059	No. de especies	9 (Pr:6, A:1, P:2)	8 (Pr:4, A:2, P:2)	
Diversidad de murciélagos	Núm. De especies/H'	Riqueza / H'	18 / 1.63	21 / 1.49	Redeo, método acústico y búsqueda de refugios.
	Especies dentro de la NOM-059	No. de especies	1(A:1)	2 (Pr:1. A:1)	
Diversidad de mamíferos no voladores	Núm. De especies/H' Verdadero	Riqueza / H'	14 / 11.9	11 /7.94	Trampeo, trampas cámara e identificación de rastros
	Especies dentro de la NOM-059	No. de especies	1 (P:1)	2(P:2)	
Diversidad de anfibios y reptiles	Núm. De especies/H' Verdadero	Riqueza / H'	27 /10.58	22 / 6.85	Transectos y captura
	Especies dentro de la NOM-059	No. de especies	7 (Pr:4, A:2, P:1)	7 (Pr:4, A:2, P:1)	
PROCESOS ECOLÓGICOS Y DE PAISAJE			LÍNEA BASE (2018)		

Indicador	Descripción	Métricas (UM)	SAR	AP	Métodos
Cobertura de vegetación secundaria arbórea y arbustiva de SBC	Superficie cubierta por vegetación	%	87.42	100	Técnicas de percepción remota y muestreos de vegetación
Dinámica del cambio de uso del suelo de la cobertura forestal	Tasa de cambio de cobertura forestal en un periodo de 39 años (1979-2018)	Tasa a nivel del SAR	0.016%	Técnicas de percepción remota	

CONCLUSIONES

Como resultado de la evaluación del SAR del Proyecto Chicxulub, se determinó que el sistema ambiental ha sufrido el mismo proceso de degradación que la región costera de Yucatán. La selva baja espinosa caducifolia era la vegetación original en la región, sin embargo se ha fragmentado debido a las condiciones de aridez, resulta de importancia destacar, que los suelos someros y pedregosos (característicos del bosque tropical caducifolio) no son los mejores para la agricultura a esto se debe el muy bajo uso agrícola; desde el punto de vista económico este tipo de vegetación resulta de escasa importancia pues no tiene un alto potencial de explotación forestal pues el tamaño y forma de sus árboles no presentan características deseables para el comercio.

Por otra parte, en la sección norte del SAR, una fracción de la superficie está cubierta con mangle, a pesar de que el área del proyecto no invade su espacio, sí puede representar cierto grado de influencia, recordando que este tipo de ecosistemas brindan una gran variedad de servicios ambientales, entre los más destacables el actuar como barreras naturales de control ante inundaciones, huracanes y la intrusión salina de la costa, como se mencionó antes, ciertos sucesos meteorológicos en el año 2002 (huracán Isidore) y 2005 (huracán Wilma) originó la degradación de la cubierta vegetal y por consiguiente la del suelo aunque en mucho menor medida, aunque no en una cantidad suficiente para alterar las interacciones del ecosistema. Al perderse cubierta vegetal incrementan las condiciones de xericidad, puesto que, al no existir una capa protectora que retenga la humedad, la evaporación se vuelve mayor en ciertas zonas, dificultando el restablecimiento de las comunidades vegetales originales predominando la vegetación secundaria de bosque tropical caducifolio y el área agropecuaria.

En conclusión, el escenario que presenta el SAR antes de ubicar el proyecto eólico Chicxulub nos indica que cuenta con áreas conservadas, mangle en la parte norte con una superficie de 1,040.52

ha (3.70% del total de superficie del SAR), vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia con superficie de 15,564.97 ha (55.36%) y bosque tropical caducifolio en la parte norte con una superficie de 1,568.79 ha (6.70% de la superficie total), la mayor parte está compuesta por vegetación secundaria de bosque tropical caducifolio con una superficie de 10,513.96 ha (44.91% del total) y áreas muy perturbadas (AG) las cuales ocupan la mayor superficie del SAR 9,979.00 ha (42.62% del total), esto se debe a que el SAR se encuentra dentro de un paisaje que, como se mencionó en el apartado de consideraciones previas, históricamente parte de sus áreas de vegetación original han sido transformadas a áreas agropecuarias y además el ecosistema se encuentra fragmentado debido a la infraestructura que se ha instalado en los últimos años. A pesar de lo anterior, el SAR sigue presentando componentes naturales que indican una capacidad de resiliencia del sistema ambiental. Esta capacidad de resiliencia, sin duda, está basada en los fragmentos de vegetación que constituyen el paisaje del SAR, los cuales se encuentran principalmente en el área de influencia y que tendrán que ser considerados en las medidas de mitigación y compensación del proyecto eólico Chicxulub.

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

Uno de los aspectos con mayor importancia en una Manifestación de Impacto Ambiental, es el análisis de los impactos que determinadas actividades pueden tener sobre los componentes del ambiente.

Este capítulo tiene el objetivo de identificar, describir y evaluar los impactos que resulten de la inserción del Proyecto. La información que sustenta este apartado se obtuvo de la descripción de los aspectos técnicos descritos en el capítulo II, el análisis del marco jurídico y normativa ambiental detallado en el capítulo III, así como de los resultados de la caracterización de componentes del ecosistema y del diagnóstico ambiental presentados en el capítulo IV.

V.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

V.1.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para la identificación de los impactos ambientales se utilizó el método de la matriz cribada, a través de una matriz de doble entrada en donde se analizan los vínculos entre las acciones del Proyecto y los factores ambientales (agua, suelo, vegetación, etc.).

Para la composición de la matriz fue necesario definir las etapas del Proyecto y sus actividades los factores ambientales y subfactores de los mismos, una vez realizado esto, se definieron las interacciones entre el ecosistema y las actividades del Proyecto.

IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Las actividades del Proyecto se definen como aquellas acciones y operaciones que a partir de la naturaleza de la obra se desarrollarán y se infiere tendrán un potencial de generar impactos sobre el ecosistema.

Con base a la descripción del capítulo II fueron seleccionadas las etapas para el desarrollo del Proyecto y sus actividades, las cuales se enlistan a continuación:

Etapas de preparación del sitio

1. Desmante

2. Despalme
3. Movimiento de tierras
4. Firme y perfilado de cunetas
5. Caminos

Etapas de construcción

6. Colocación y construcción de infraestructura provisional
7. Excavación de cimentaciones
8. Construcción de la cimentación
9. Montaje de aerogeneradores
10. Ampliación de la subestación
11. Infraestructura red eléctrica de media tensión
12. Montaje eléctrico
13. Construcción torres de medición
14. Levantamiento de la línea de transmisión
15. Subestación interna

Etapas de operación y mantenimiento

16. Prueba y puesta en marcha subestación interna
17. Prueba y puesta en marcha de la central eólica
18. Mantenimiento de la infraestructura
19. Mantenimiento de caminos

Etapas de Abandono

20. Desmantelamiento
21. Limpieza de superficies

Posteriormente se identificaron los componentes ambientales que derivan en el uso de indicadores que permiten identificar la calidad del hábitat una vez que estos interactúan con las actividades del Proyecto.

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES Y SUBFACTORES (INDICADORES DE IMPACTO)

Los factores ambientales corresponden a los componentes del ecosistema, aquellos susceptibles de recibir impactos por el desarrollo del Proyecto. A su vez los subfactores derivan de una desagregación de los factores y se utilizan en este caso como indicadores de impacto, aquellos que permitirán medir la evolución de los efectos tanto negativos como positivos.

Según Canter (1998) los indicadores se refieren a medidas simples de factores o especies biológicas, bajo la hipótesis de que estas medidas son indicativas del sistema físico o socioeconómico. A continuación, se presenta la lista (*Cuadro 136*) de los factores e indicadores (subfactor), elaborada con base a lo recomendado por Canter, Conesa-Fernández y la Guía de SEMARNAT; presenta los indicadores de impacto considerados para cada factor, es decir, los elementos del ambiente afectado por las acciones del Proyecto, así como las unidades en que se expresa dicho indicador.

A los factores se les asigna un valor de importancia, expresado en Unidades de Importancia (UIP), que resulta de la distribución de 1000 unidades asignadas al total de los factores (Bolea, 1984 citado en Conesa-Fernández, 2010); no obstante, la cantidad de UIP distribuidas entre los factores ambientales pueden ser modificadas por un panel de expertos, de acuerdo, a la descripción del ambiente descrito en el capítulo IV, dándole más peso a los factores más importantes presentes para el área de influencia del Proyecto. Estas UIP son utilizadas para una posterior ponderación de relevancia de los impactos ambientales (*Cuadro 137*).

Cuadro 136. Identificación de factores e indicadores ambientales con sus unidades de medición.

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	INDICADOR	UNIDAD
Atmósfera	Calidad del aire	Índice de calidad del aire	%
	Nivel de polvo	Concentración de polvos en el aire	mg/m ³
	Confort sonoro	Nivel sonoro	dBA
Geomorfología	Relieve	Grado de modificación	Estimativo
Edafología	Erosión hídrica y eólica	Pérdida de suelo	%, ppm, g/l
	Contaminación	Grado de contaminación	Tm/ha, año
Hidrología	Calidad fisicoquímica del agua superficial	Índices de calidad del agua	Índice
	Calidad fisicoquímica del agua subterránea	Índice de calidad del agua	Índice

COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	INDICADOR	UNIDAD
	Recarga de acuíferos	Cantidad recargada	Hm3
	Escorrentía	Flujo escurrido	m3/seg., índice adimensional
Flora	Cubierta vegetal	Porcentaje de la superficie vegetal	%
	Especies protegidas	Índice de la población afectada	%, adimensional
Fauna	Especies y poblaciones terrestres	Población terrestre afectada	%
	Especies y poblaciones voladoras	Población voladora afectada	%
	Especies protegidas	Índice de la población afectada	%, adimensional
	Hábitat faunístico	Hábitat afectado	%
Paisaje	Visibilidad	Visibilidad	%
	Fragilidad	Grado de fragilidad	%, adimensional
	Calidad escénica	Grado de calidad	%, adimensional
Cultura	Patrimonio cultural	Capital cultural	Diversidad creativa
Economía y población	Nivel de empleo	Variación en el nivel de empleo	%
	Economía local	Incremento de ingresos	Millones de \$
	Servicios e infraestructura	Longitud relativa de los servicios	Km
	Aceptación social	Índice de aceptación	%

Cuadro 137. Desagregación del Sistema, subsistema, componente, factor y sus unidades de importancia (UIP).

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	UIP	CLAVE
Medio físico	Medio abiótico	Atmósfera	Calidad del aire	20	A
			Nivel de polvo	30	B
			Confort sonoro	35	C
		Geomorfología	Relieve	25	D
		Edafología	Erosión hídrica y eólica	40	E
			Contaminación	20	F
		Hidrología	Calidad fisicoquímica del agua superficial	25	G
			Calidad fisicoquímica del agua subterránea	45	H
	Disponibilidad de agua		20	I	
	Escorrentía		25	J	
	Medio biótico	Flora	Cubierta vegetal	70	K
			Especies protegidas	30	L

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	UIP	CLAVE
		Fauna	Especies y poblaciones terrestres	45	M
			Especies y poblaciones voladoras	60	N
			Especies protegidas	30	O
			Hábitat faunístico	45	P
	Medio perceptual	Paisaje	Visibilidad	35	Q
			Fragilidad	30	R
			Calidad escénica	50	S
Medio socioeconómico-cultural	Cultura	Patrimonio cultural	Capital cultural	40	T
	Medio socioeconómico	Economía y población	Nivel de empleo	70	V
			Economía local	70	W
			Servicios e infraestructura	70	X
			Aceptación social	70	Y
Medio ambiente (total)				1000	

CRITERIOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Los criterios y metodologías de evaluación de impactos ambientales se definen considerando los elementos que permiten valorar el impacto ambiental de un proyecto u obra: basándose en la identificación de indicadores de impacto, se genera la matriz cribada de impactos potenciales, lo que permite determinar las relaciones causales entre las acciones del proyecto y los indicadores de impacto. Para la estructura de la matriz, se colocan las actividades por etapas en las columnas y los indicadores ambientales en las filas (*Figura 184, Anexo V.1*).

En la figura anterior (*Figura 184*) se identificaron los posibles impactos ambientales a suceder entre las actividades del Proyecto y los componentes ambientales del ecosistema, para esto, se diferenciaron de relevantes y no relevantes, según los siguientes criterios:

Impactos relevantes: Son impactos que tienen una repercusión considerable en el área del Proyecto, capaz de generar cambios sustanciales que afecten las funciones de los componentes a corto, mediano y/o largo plazo, que por su naturaleza se consideran positivos (+) o negativos (-). En la matriz de cribada se representan con el número “1”.

Impactos no relevantes: Se considera a todos los impactos que no fueron estimados como relevantes y que puedan presentar alteraciones al sistema sin causar la pérdida de funciones ecosistémicas pero que deben ser atendidos por las medidas de mitigación. En la matriz de cribada se representan con el “0” o un espacio en blanco.

V.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS

V.2.1 VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO POTENCIAL

Después de haber identificado las interacciones potenciales dentro de la matriz de cribada, se hizo una valoración cualitativa del impacto potencial respecto al componente afectado. Los criterios utilizados para esa clasificación fueron tomados de Conesa-Fernández (1997) (*Cuadro 138*), y están presentados con su valoración en la siguiente lista:

Naturaleza (NA): Indica si las acciones del proyecto deterioran o mejoran las características del atributo ambiental, es decir, si es benéfico o adverso. Esta característica se denota por los signos positivo (+) o negativo (-).

Intensidad (IN): Se refiere al grado de incidencia de la acción, sobre el factor en el ámbito específico en que actúa. El rango de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1 una afectación mínima. Los valores comprendidos entre esos 2 términos reflejarán situaciones intermedias.

Extensión (EX): Se refiere al área de extensión teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% del área, respecto al entorno, en que se manifiesta el impacto). Si la acción produce un impacto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su graduación, como impacto parcial (2) y extenso (4).

Momento (MO): El plazo de manifestación del impacto, alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (to) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor del medio considerado. Así cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será inmediato, y si es inferior a un año será corto plazo, asignándole en ambos casos un valor (4). Si es un periodo de tiempo que va de 1 a 5 años, este será mediano plazo (2), y si el efecto tarde en manifestarse más de cinco años, el periodo será largo plazo (1).

Persistencia (PE): Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz asignándole un valor (1). Si dura entre 1 y 10 años, será temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto como permanente, asignándole un valor de (4). La persistencia es independiente de la reversibilidad.

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. Si es corto el plazo se le asigna un valor (1), si es a medio plazo (2) y si el efecto es irreversible le asignamos el valor (4). Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos son los mismos asignados en el parámetro anterior.

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras). Así, si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor (1) o (2), según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si lo es parcialmente el efecto es mitigable y toma un valor (4). Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural como por la humana) le asignamos un valor (8). En el caso de ser irrecuperables, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será (4).

Sinergia (SI): Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción, actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).

Acumulación (AC): Este atributo se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continua o reiterada a la acción que lo genera. Así, cuando una acción no

genera efectos acumulativos (acumulación simple) el efecto se valora como (1). Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a (4).

Efecto (EF): Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de esta. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando en este como una acción de segundo orden. Este término toma el valor (1) en el caso de que el efecto sea secundario y el valor (4) cuando sea directo.

Periodicidad (PR): se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular).

Cuadro 138. Criterios de valoración de impacto potencial.

CRITERIOS	NATURALEZA (NA)	VALOR	INTENSIDAD (IN)	VALOR	EXTENSIÓN (EX)	VALOR	MOMENTO (MO)	VALOR
	Impacto benéfico	+	baja	1	puntual	1	largo plazo	1
	Impacto adverso	-	media	2	parcial	2	mediano plazo	2
			alta	4	extenso	4	inmediato	4
			muy alta	8	total	8	crítico	(+4)
			total	12	crítica	(+4)		
	PERSISTENCIA (PE)	VALOR	REVERSIBILIDAD (RV)	VALOR	SINERGIA(SI)	VALOR	PERIODICIDAD (PR)	VALOR
	Fugaz	1	corto plazo	1	simple	1	irregular	1
	Temporal	2	mediano plazo	2	sinérgico	2	periódico	2
	Permanente	4	irreversible	4	muy sinérgico	4	continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)	VALOR	EFECTO (EF)	VALOR	ACUMULACIÓN (AC)	VALOR	Valoración Impacto Potencial (Conesa-Fernández, 1997)		
Recuperable inmediatamente	1	indirecto	1	simple	1			
Recuperable a mediano plazo	2	directo	4	acumulativo	4			
Mitigable	4							
Irrecuperable	8							

Es importante resaltar que los valores de relevancia se obtienen utilizando el índice de importancia del impacto. Este índice se obtiene por medio de un modelo matemático cuyos valores son calculados a partir de la calificación de la matriz con base en los valores expuestos en el *Cuadro 138*.

El resultado se muestra expresado en valores absolutos y relativos. El modelo matemático se expresa en la Ecuación 1. Donde I es el impacto potencial, el signo en el inicio significa la naturaleza del impacto negativo o adverso (-) y positivo o benéfico (+).

$$I = \pm (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC) \text{ Ecuación 1}$$

Una vez calculado el impacto potencial, la matriz es depurada por segunda ocasión, agrupando los valores potenciales de afectación más relevantes, estos valores se muestran en el *Cuadro 139*. Con base en este razonamiento, se cuenta con los elementos necesarios para generar las matrices respectivas y su posterior análisis.

Cuadro 139. Valores de relevancia de impacto.

Valor cualitativo	Interpretación
> + 76	IMPACTO BENÉFICO MUY ALTO
ENTRE +51 Y +75	IMPACTO BENÉFICO SIGNIFICATIVO
ENTRE +26 Y +50	IMPACTO BENÉFICO MODERADO
< +25	IMPACTO BENÉFICO IRRELEVANTE
±0	NO SE ESPERA QUE OCURRA UN IMPACTO
< -25	IMPACTO ADVERSO IRRELEVANTE
ENTRE -26 Y -50	IMPACTO ADVERSO MODERADO
ENTRE -51 Y -75	IMPACTO ADVERSO SEVERO
> - 76	IMPACTO ADVERSO CRITICO

PROCESO DE CALIFICACIÓN

De la matriz de impactos, se seleccionan las relaciones de causa-efecto relevantes según los criterios de los evaluadores, estas relaciones son las generadas entre las actividades y los indicadores de impacto, posteriormente es calificada siguiendo los criterios del *Cuadro 138* y *Cuadro 139*.

Para ponderar la importancia del impacto de manera absoluta y relativa respecto a las actividades y niveles de desagregación del medio ambiente, se realizan las ecuaciones respectivas a los cuadros siguientes: *Cuadro 140*, *Cuadro 141*, *Cuadro 142* y *Cuadro 143*. Esto permite analizar de manera más general y resumida los impactos ambientales generados por el Proyecto.

Cuadro 140. Ecuaciones para calcular la importancia absoluta al medio ambiente.

Importancia absoluta de los efectos producidos por cada una de las acciones	
Sobre el...	Ecuación representativa
Factor j	$I_{ij} = \pm(3IN_{ij} + 2EX_{ij} + MO_{ij} + PE_{ij} + RV_{ij} + SI_{ij} + AC_{ij} + EF_{ij} + PR_{ij} + MC_{ij})$
Componente m	$I_{i(m)} = \sum_j I_{ij}$
Subsistema x	$I_{i(x)} = \sum_m I_{i(m)}$
Sistema a	$I_{i(a)} = \sum_x I_{i(x)}$
Medio Ambiente	$I_{i(MA)} = \sum_a I_{i(a)}$

Cuadro 141. Ecuaciones para calcular la importancia absoluta ponderada a las acciones del Proyecto.

Importancia absoluta de los efectos producidos por la actividad	
Sobre el...	Ecuación representativa
Factor j	$I_j = \sum_i I_{ij}$
Componente m	$I_{(m)} = \sum_i I_{i(m)} = \sum_j I_j$
Subsistema x	$I_{(x)} = \sum_i I_{i(x)} = \sum_m I_m$
Sistema a	$I_{(a)} = \sum_i I_{i(a)} = \sum_x I_x$
Medio Ambiente	$I = \sum_i I_{i(MA)} = \sum_a I_a$

Cuadro 142. Ecuaciones para calcular la importancia relativa ponderada al medio ambiente.

Importancia relativa de los efectos producidos por cada una de las acciones	
Sobre el...	Ecuación representativa
Factor j	$I_{Rij} = I_{ij} * P_j / \sum_j P_j$
Componente m	$I_{Ri(m)} = \sum_j I_{ij} * P_j / \sum_j P_j$
Subsistema x	$I_{Ri(x)} = \sum_m \sum_j I_{ij} * P_j / \sum_m P_m$
Sistema a	$I_{Ri(a)} = \sum_x \sum_m \sum_j I_{ij} * P_j / \sum_x P_x$
Medio Ambiente	$I_{Ri(MA)} = \sum_a \sum_x \sum_m \sum_j I_{ij} * P_j / \sum_a P_a$

Cuadro 143. Ecuaciones para calcular la importancia relativa ponderada a las acciones del Proyecto.

Importancia relativa de los efectos producidos por la actividad	
Sobre el...	Ecuación representativa
Factor j	$I_{Rj} = \sum_i I_{ij} P_j / \sum_r P_r = I_j P_j / \sum_a P_a$
Componente m	$I_{Rm} = \sum_i I_{Ri(m)} * \sum_j P_j / \sum_a P_a = \sum_j I_{Rj}$
Subsistema x	$I_{Rx} = \sum_i I_{Ri(x)} * \sum_m P_m / \sum_a P_a = \sum_m I_{Rm}$
Sistema a	$I_{Ra} = \sum_i I_{Ri(a)} * \sum_x P_x / \sum_a P_a = \sum_x I_{Rx}$
Medio Ambiente	$I_R = \sum_i I_{Ri(MA)} = \sum_x I_{Ra}$

En el *Anexo V.2*, se muestra la matriz de importancia de impactos ambientales, donde en cada una de las casillas de entrada se dispuso el resultado de la ecuación de importancia del impacto. Los datos de dicha ecuación se exponen en las matrices de evaluación de impactos por cada etapa del proyecto, finalmente el *Anexo V.3* concentra el resultado del valor de importancia por impacto relacionado con las etapas del Proyecto.

V.3 VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS

V.3.1 EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO POTENCIAL

En la evaluación de impactos ambientales se consideran los componentes ambientales y los recursos naturales que podrían verse afectados por las diferentes actividades donde se pretende establecer el Proyecto. Los impactos ambientales derivados de la obra deben ser menos lesivos, de menor intensidad, de menor duración y muchos de ellos reversibles.

Una vez que se determinó el valor de importancia en la matriz depurada causa-efecto, a continuación, se describen los impactos considerados de mayor relevancia. Previo a una descripción es importante mencionar que con base a los valores obtenidos (importancia del impacto) se considera que en las etapas de preparación del sitio y construcción se presenta el mayor número de interacciones con potencial de causar efectos adversos y benéficos, en su mayoría aquellos impactos adversos resultan temporales y mitigables, por lo que se espera que el impacto al ecosistema sea moderado y reversible en su mayoría.

Es importante mencionar que será en el área del Proyecto, la mayor intensidad y magnitud de los efectos originados por las interacciones proyecto-ambiente, generando una presión sobre la vulnerabilidad de los componentes: Suelo, Vegetación, Fauna y Paisaje principalmente, como se mencionó anteriormente muchos de los efectos para los componentes vulnerables, serán de manera temporal, mitigables y con un valor de importancia moderado.

De acuerdo a la matriz depurada (*Anexo V.3*), se identificaron 187 impactos ambientales, de los cuales 53 (39 moderados y 13 severos) son de naturaleza positiva, mientras que 134 (41 irrelevantes, 92 moderados y 1 severo) son de naturaleza negativa (*Cuadro 144*).

Cuadro 144. Número de impactos ambientales.

Valor cualitativo	Interpretación	Clave	Preparación	Construcción	Operación	Abandono	Total
ENTRE +76 Y +100	IMPACTO BENÉFICO MUY ALTO	C	0	0	0	0	0
ENTRE +51 Y +75	IMPACTO BENÉFICO SIGNIFICATIVO	S	4	2	0	7	13
ENTRE +26 Y +50	IMPACTO BENÉFICO MODERADO	M	8	19	7	3	39
ENTRE +13 Y +25	IMPACTO BENÉFICO IRRELEVANTE	I	0	1	0	0	1
TOTAL POSITIVOS			12	22	7	10	53
0	NO SE ESPERA QUE OCURRA UN IMPACTO	N	-	-	-	-	-
ENTRE -13 Y -25	IMPACTO ADVERSO IRRELEVANTE	I	12	20	5	4	41
ENTRE -26 Y -50	IMPACTO ADVERSO MODERADO	M	40	35	6	11	92
ENTRE -51 Y -75	IMPACTO ADVERSO SEVERO	S	1	0	0	0	1
ENTRE -76 Y -100	IMPACTO ADVERSO CRÍTICO	C	0	0	0	0	0
TOTAL NEGATIVOS			53	55	40	15	134
TOTAL			65	77	47	25	187

Aunado a lo anterior, la ponderación de los impactos involucra un análisis respecto a la agresividad de las actividades en distintos niveles. A continuación, en el *Cuadro 145* se enlistan las principales actividades de acuerdo al grado de importancia de afectación durante cada etapa del Proyecto.

Cuadro 145. Importancia de las actividades respecto a los impactos generados.

ORDEN DE AFECTACIÓN	ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
1	Desmante (-16.82%)	Cimentaciones (-7.42%)	Mantenimiento de caminos (6.52%)
2	Despalme (-11.60%)	Ampliación subestación (-6.73%)	Mantenimiento de infraestructura (-1.71%)
3	Caminos de acceso (-5.06%)	Excavación de cimentaciones (-5.56%)	Desmantelamiento (19.05%)
4	Firme y cunetas (-1.85%)	Montaje eléctrico (-4.90%)	Limpieza (10.20%)
5	Movimiento de tierras (-0.21%)	Construcción de torres de control (-4.85%)	

ORDEN DE AFECTACIÓN	ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO	ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
6		Línea de transmisión (-4.12%)	-

Los porcentajes del cuadro anterior indican, en forma cualitativa, el grado de afectación que las actividades generarán al medio ambiente, sin embargo, no es correcto sumar los porcentajes de las actividades, pues estas pueden afectar al mismo indicador ambiental de acuerdo a la metodología empleada.

DESCRIPCIÓN CUALITATIVA DE LOS IMPACTOS RELEVANTES

Calidad del aire

Este componente será afectado en todas las etapas del Proyecto, sin embargo, no por todas las acciones de cada etapa. Estas fuentes de emisión se consideran móviles e intermitentes para un periodo fijo y no permanente. Los impactos fueron catalogados como irrelevantes ya que su efecto será de manera temporal y mitigable.

a) Preparación del sitio y construcción

Durante estas etapas se desarrollarán impactos a la atmosfera debido a la utilización de vehículos y maquinaria que implica el uso de combustible (gasolina/diesel), lo cual implica la emisión de gases y partículas (HC, CO, NO_x, PST y SO₂). Una de las acciones que mayor efecto tendrá sobre este componente, es la construcción de caminos.

b) Etapa de operación y mantenimiento

Durante estas etapas se identificaron impactos a la atmosfera irrelevantes, de igual manera que en etapas anteriores, la emisión de gases y partículas es generada por el uso únicamente de vehículos automotores. No obstante, estos efectos se consideran temporales y aunado a la aplicación de medidas de mitigación se espera que el efecto sea reversible a corto tiempo.

Nivel sonoro

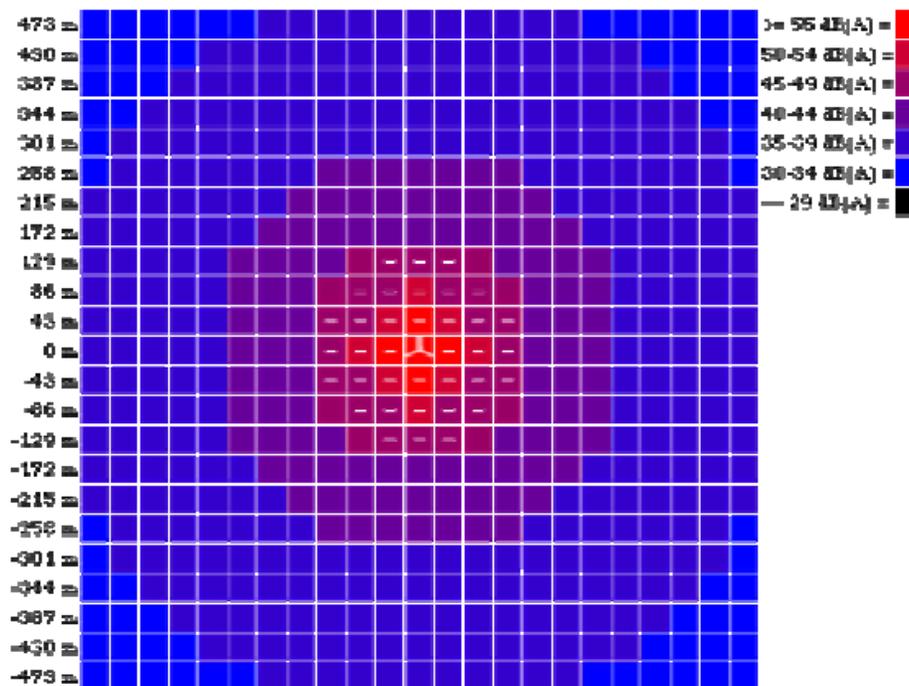
Este impacto se espera en las cuatro etapas de desarrollo del Proyecto. Deriva principalmente del uso de maquinaria, vehículos y herramientas para las distintas actividades. Se infiere que se manifieste de manera moderada durante las primeras etapas (preparación del sitio y construcción) ya que se estará formando el terreno y diseño del Parque Eólico, por lo que el movimiento de tierras,

excavaciones y el montaje de infraestructura desempeñan una fuente emisora de ruido a niveles que se podrán percibir.

De acuerdo a la NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados; el límite máximo permisible para vehículos entre 3,000 y 10,000 Kg. De peso bruto es de 92 dBA. Sin embargo, se infiere que no se sobrepasen valores arriba de 90 dBA resultado de la maquinaria.

Se tiene que únicamente en un área de alrededor de 50 m al centro del aerogenerador se tendrá una emisión de ruido puntual estimada de 55 dB, disminuyendo conforme se aleja. Teniendo niveles a 100 m en un rango máximo estimado de 50-55 dB. Por otro lado, a velocidades de viento de alrededor de 4-7 m/s y superiores, el ruido del viento en las hojas, arbustos, mástiles, etc., enmascara gradualmente cualquier potencial nivel sonoro alto de los aerogeneradores. Cabe destacar además que la población más cercana se localiza a más de 5 km por lo que estamos hablando de un impacto irrelevante.

La *Figura 185* ilustra el comportamiento del ruido de un aerogenerador con relación a la distancia que tendría el receptor.



© 1998 www.WINDPOWER.org

Figura 185.

Geoformas

Relieve

a) Etapa de preparación del sitio y construcción

Se espera un impacto adverso moderado en lo que es el relieve del área del Proyecto, principalmente en aquellos sitios en donde se instalará la infraestructura necesaria para la operación del Proyecto. Lo anterior debido a la configuración de la topografía que presenta actualmente el área del Proyecto dado que será necesario remover una capa de suelo de las partes más elevadas para nivelar la base donde se asentarán las estructuras y los caminos. Este impacto se considera adverso moderado y será permanente e irreversible.

Será necesario realizar el despalme a 15 centímetros, por lo que en total será una superficie de 70,483.65 m³ a despaltar. Aunado a la actividad de excavar de la cual se reporta una cifra de 23,550.40 m³ de suelo lo que califica a este impacto de adverso moderado, sin embargo, una vez que se realice el relleno de las cimentaciones y el firme y perfilado de cunetas, el relieve mantendrá su patrón natural.

Suelo

Riesgo de Erosión

a) Etapa de preparación del sitio y construcción

Debido a las actividades de remoción de la cubierta vegetal y el despalme (70,483.65 m³ a despaltar) de una capa superficial de suelo, se infiere haya una susceptibilidad a la erosión (hídrica y eólica), la condición de no contar con la protección de la vegetación es desfavorable para las áreas a intervenir, exponiéndose a la acción del calor, frío, viento y lluvia. Durante el proceso constructivo, el suelo se ve vulnerable debido al arrastre de materiales terrígenos que pueda generarse debido a un manejo inadecuado o las condiciones extremas del clima (precipitación, nortes, etc.).

Ante el escenario de un impacto acumulativo, generado por la acción conjunta de la pérdida de superficie vegetal por causas ajenas al proyecto, se realizó un análisis del riesgo de erosión laminar a través del modelo RUSLE a nivel SAR que comprende el área del Proyecto, el cual se describe en el apartado de impactos acumulativos.

De manera general se tiene que en donde estará la infraestructura del parque eólico y su línea de transmisión, la erosión disminuye mínimamente (0.5 ton/ha/año), este efecto es originado debido a que la infraestructura, al ser una plancha de concreto protege el suelo y con ello se evita la erosión.

Riesgo de Contaminación

a) Etapa de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento

Con el desarrollo de las etapas y sus actividades, se removerán los componentes orgánicos que posee el suelo cancelando su cualidad de sustento de comunidades vegetales. Por otra parte, durante ambas etapas se infiere la generación de impactos a la calidad del suelo que se originen por el derrame accidental de combustibles, lubricantes, lixiviados de los residuos sólidos urbanos generados o de materiales constructivos como concreto y mezclas de cemento. Sin embargo, su efecto es localizado, así como de carácter temporal para las primeras etapas del Proyecto.

Durante la etapa de operación y mantenimiento el riesgo únicamente será durante los periodos de mantenimiento y los residuos sólidos urbanos generados en las áreas de oficinas, por lo que se prevé un efecto periódico, pero mitigable, ya que se considera la instalación de recipientes para el depósito de la basura, así como un programa en el manejo integral de los desechos peligrosos.

Este impacto se considera adverso moderado debido a la eliminación de los nutrientes necesarios para soportar comunidades vegetales y la posibilidad de contaminación por derrames o residuos, esto, durante la etapa de preparación del sitio; para la etapa constructiva los impactos se catalogan como puntuales, temporales y mitigables.

Agua

Calidad fisicoquímica del agua (superficial y subterránea)

a) Etapa de preparación del sitio y construcción

La hidrología dentro del área del Proyecto se caracteriza principalmente por el flujo de aguas subterráneas y en época de lluvias algunas zonas presentan anegación de agua o inundaciones del terreno, principalmente aquellas zonas cercanas al Manglar y la Sabana. El Proyecto no tendrá ninguna interacción con los cuerpos de agua cercanos, incluyendo cenotes, además de considerar una distancia de más de 1 kilómetro con el manglar, por lo que ninguna obra modificará la calidad del agua.

Es importante mencionar que la cimentación de los aerogeneradores se realizará con un máximo de 2.5 metros, por lo que no se tendrá contacto con los flujos subterráneos, esto en función del estudio de aguas subterráneas realizado como parte del cumplimiento al criterio número 65 del POETCY, el cual refiere a que los Proyecto eólicos dentro de la península de Yucatán deberán contar con un estudio a detalle de la hidrología del lugar (Anexo).

El parque eólico considera la creación de cunetas, las cuales tendrán la función de encausar aquellos flujos superficiales (en temporadas de lluvia) de manera que el patrón de flujo sea de manera natural en el área.

b) Etapa de operación y mantenimiento

El impacto que se genera en estas etapas consiste en el riesgo de contaminación a causa de los residuos sólidos urbanos y algunas sustancias o materiales derivados del mantenimiento de la maquinaria, sin embargo, el parque eólico estará completamente desarrollado y con la infraestructura adecuada para el manejo de residuos, lo que disminuirá el riesgo de contaminación.

Recarga de acuíferos

Debido a que la mayor parte de la superficie destinada a las obras del Proyecto (aerogeneradores y torres de la línea de transmisión) llevará a cabo el desmonte de la vegetación, la infiltración generada por la vegetación se verá disminuida. Cabe mencionar que las características del suelo permiten una permeabilidad alta y el agua subterránea descarga de forma natural hacia la costa. El flujo subterráneo es radial partiendo de las elevaciones topográficas más prominentes que se localizan en la parte centro-sur de la Península y para el área del Proyecto el impacto previsto a esta característica se notará únicamente por la disminución de la vegetación.

Escorrentía

a) Etapa de preparación del sitio y construcción

El arreglo del parque eólico requiere conformar el terreno a un nivel homogéneo por lo que la dirección y flujo de los escurrimientos serán alterados y modificados a las nuevas condiciones que vaya presentando el terreno, principalmente durante la conformación de caminos. Otro de los obstáculos que podría modificar los escurrimientos es por la concentración de residuos sólidos que impidan el flujo libre, lo que podría traer como consecuencia un arrastre de materiales hacia aguas subterráneas.

El arreglo del parque eólico contempla la construcción de cunetas, de manera que el impacto se vea disminuido. Dentro del área del proyecto no se identificó ningún escurrimiento superficial, esto es una característica notoria de la Península en lo general. De cierta manera, se podrán presentar escurrimientos durante la temporada de lluvias, medio por el cual se incrementa el flujo y recarga de los acuíferos.

Por lo anterior, el impacto se considera adverso moderado, pero tomando en cuenta que el Proyecto considera medidas de prevención como las cunetas lo que disminuye el riesgo de afectar la escorrentía que se presenta en el sitio durante la temporada de lluvias. En otras épocas el nivel del

agua se puede apreciar únicamente de manera subterránea o bien en zonas cercanas al manglar y sabana, en donde el Proyecto no tendrá interacción alguna.

Para una mayor certeza sobre la implicación del Proyecto con la hidrología del lugar, el Promoviente realizó un estudio de aguas subterráneas (Anexo), en donde el agua freática se encuentra por debajo de los 3 metros de profundidad y se confirma la ausencia de escorrentía superficial, razón por la cual el Proyecto no afectará de manera significativa este componente.

Flora

Cubierta vegetal

a) Etapa de preparación del sitio

Este es uno de los impactos con mayor significancia con respecto al desarrollo del Proyecto, ya que está considerado realizar la remoción de la cubierta vegetal, vegetación secundaria arbustiva y arbórea de selva baja espinosa caducifolia en una superficie de 72.34 ha. Las obras que tendrán mayor impacto sobre este componente son, caminos, plataformas de maniobras, cunetas, así como las plataformas de torres que sustentan a la línea de transmisión.

El principal impacto que recibirá la vegetación es su remoción, principalmente por las actividades de: desmonte y despalme, esto de manera directa. Por otro lado, las cimentaciones impedirán que la vegetación se renueve o reestablezca por lo que se considera como un impacto adverso severo e irreversible.

El tipo de vegetación que recibirá mayor impacto con la instalación del Proyecto es la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia con 513,888.07 m² de superficie, seguida de vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia con 203,881.74 m². En el *Cuadro 146* siguiente se pueden apreciar la superficie de afectación permanente respecto a la cobertura vegetal del área del proyecto.

Cuadro 146. Superficies ocupadas por obras permanentes.

TIPO DE COBERTURA	CAMINOS INTERNOS	SE ELEVADOR A	PLATAFORMA DE MANIOBRAS	CIMENTACIÓN AEROGENERADOR	ZANJA DE MEDIA TENSIÓN	CUNETA	DERECHO DE VÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN (INCLUYE LAS PLATAFORMAS DE TORRES AUTOSOPORTADAS)	CAMINOS DE MANTENIMIENTO Y ACCESO (SE MUESTRA SOLAMENTE LA SUPERFICIE QUE NO COINCIDE CON EL DERECHO DE VÍA)	AMPLIACIÓN SE SAN IGNACIO	TOTAL
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	11,940.04	-	4,625.90	1,778.20	1,797.30	3,727.10	17,8477.05	1,536.15	-	203,881.74
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	49,053.59	6,825.02	26,621.81	11,824.35	6,963.40	14,443.52	390,047.95	5,753.25	2,355.18	513,888.07
Desprovisto de vegetación	-	-	-	-	-	-	2,642.25	-	-	2,642.25
Urbano - Infraestructura	-	-	-	-	-	-	493.39	-	2,644.81	3,138.20
Totales	60,993.63	6,825.02	31,247.71	13,602.55	8,760.7	18,170.62	571,660.64	7,289.4	4,999.99	723,550.26

En el *Cuadro 147* siguiente se presentan las superficies temporales de afectación, respecto a las obras y tipo de vegetación.

Cuadro 147. Superficies ocupadas por obras provisionales.

TIPO DE COBERTURA	PLATAFORMA DE ENSAMBLE	ZONA TRASLADO MAQUINA COLOCADORA CABLEADO MEDIA TENSIÓN	CAMPAMENTOS, ZONAS DE ACOPIO, OFICINAS	TOTAL
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	4,151.34	3,580.32	2,668.55	10400.21
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	22,408.95	13,800.82	24,331.44	60541.21
Totales	26,560.29	17,381.14	26,999.99	70,941.42

Si bien existe una pérdida de la cobertura vegetal, también es importante señalar que, en cuanto a obras como los caminos, se aprovechará en la medida de lo posible aquellos ya existentes, reduciendo el porcentaje de afectación de manera directa y de manera indirecta minimizando el riesgo a los organismos o componentes dependientes de este factor. Por otro lado, tomando en cuenta que la vegetación identificada tanto en el SAR y el área del proyecto han sido modificadas por actividades pasadas, presentes y previsibles, en la matriz de importancia del impacto (*Anexo V.3*) se identificó el atributo de presentarse un efecto acumulativo por lo cual en el apartado respectivo a dichos impactos se describirá el análisis realizado para los cambios en las tasas de vegetación, útil para identificar la contribución del proyecto a la pérdida de cobertura.

Finalmente es importante mencionar que se identificaron especies dentro de alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Pterocereus gaumeri*, *Mammillaria gaumeri*, *Guaiaacum sanctum* y *Beaucarnea pliabilis* dentro del área del proyecto; en el SAR se pudo identificar a tres especies relacionadas al Manglar (*Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora manble*).

Para las especies dentro del área del proyecto se recomienda la elaboración y ejecución de las estrategias y medidas correctivas desarrolladas en el capítulo VI de esta Manifestación para el componente en estudio, dentro de éstas el rescate de individuos con especial atención a las especies en mención, así como un programa de reforestación.

Fauna

Especies y poblaciones terrestres

a) Preparación del sitio y construcción

Uno de los grupos que se verá potencialmente afectado por las actividades que comprenden al Proyecto, es la fauna, de manera indirecta el desmonte el cual eliminará la cubierta vegetal y partedel refugio, alimentación y anidación de muchas especies de mamíferos principalmente; la presencia de personal, uso y tránsito de maquinaria y vehículos, que podrán causar un efecto de desplazamiento de individuos o afectaciones como el atropellamiento. En este contexto y con base en la información obtenida, se prevé que el grupo más vulnerable sea el que conforma la Herpetofauna, esto debido a su lento desplazamiento; los mamíferos es otro grupo que tendrá afectación directa e indirecta, aquellas especies de talla pequeña y lento desplazamiento que debido al desmonte podrían quedar expuestos a ser depredados por otras especies o bien sin su fuente de alimentación. Y por lo tanto aquellas especies bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010, como los felinos (*Leopardus pardalis*), el caso del viejo de monte (*Eira barbara*) y la iguana yucateca de cola espinosa (*Cachryx defensor*), sin duda especies muy susceptibles a la modificación de su hábitat.

Uno de los principales efectos adversos para este componente se debe a la pérdida de individuos por atropellamiento y/o cacería. Esto debido al tránsito de vehículos y maquinaria en los caminos de acceso y áreas por desmontar, sin embargo, una vez finalizadas las etapas de preparación y construcción el riesgo disminuirá, presentándose una posibilidad de ocurrencia solo durante los recorridos de mantenimiento. Además, se espera que con el proyecto exista un cumplimiento más serio de la cacería ilegal por lo que la fauna se verá más protegida.

Aunque las aves no forman parte de este grupo, existe el riesgo de manera aislada, debido a la presencia de ciertas especies como los tapacaminos y/o codornices o pavo ocelado, especies que normalmente suelen ser rastreras y no se encuentran volando plenamente como otro grupo de aves.

El atropellamiento de fauna silvestre se debe principalmente a dos factores: la velocidad del automóvil y el grado de visibilidad que tienen los animales para detectar a tiempo un vehículo en movimiento. Este último aspecto, la visibilidad se ve influenciada por la cobertura vegetal presente en los caminos. En los tramos de los caminos que cruzan áreas de vegetación secundaria arbustiva la visibilidad será menor que en aquellas áreas donde los caminos atraviesan fragmentos de matorral o pastizal. En estos tramos, los animales pueden toparse con un vehículo y darse cuenta justo cuando se está presentando la colisión.

El criterio de visibilidad respecto a la cobertura vegetal o ausencia de ésta nos permite identificar los caminos donde existe una mayor probabilidad de que se presente un atropellamiento de fauna. Es importante mencionar que se hará uso de aquellos caminos o rodadas que ya existen dentro del área del Proyecto, lo cual reducirá el impacto por su apertura y hacia la fauna.

El impacto por atropellamiento de la fauna es probable que ocurra principalmente durante las etapas de preparación del sitio y construcción. Sin embargo, ese hecho no significa que las especies dejen de desplazarse en etapas posteriores. La etapa de operación presentará una baja circulación de vehículos debido a las actividades de operación sistematizadas bajo instrumentos electromecánicos; será en los turnos de vigilancia y mantenimiento cuando la circulación de vehículos pueda aumentar, sin embargo, el efecto de este impacto en las demás etapas se verá desplazado por su temporalidad. Por otro lado, aunado al riesgo de atropellamiento, principalmente en las etapas de preparación del sitio y construcción existirá la amenaza de cacería para consumo, como mascotas o por la aversión hacia algunas especies, por lo cual se empleará una sensibilización a los grupos de trabajo y personal que labore en la construcción y operación del proyecto.

Considerando lo anterior y la interacción evaluada en la matriz causa-efecto para este componente, la importancia del impacto resulta adverso moderada, sin embargo, el atributo de ser puntual y mitigable proporcionará bajo las estrategias implementadas en el capítulo VI una interacción adecuada de este componente con el proyecto, sobre todo durante el rescate de individuos durante las primeras etapas y el monitoreo de mamíferos como información que permita ejecutar un programa de vigilancia ambiental adecuado para la medición en la efectividad y eficacia de las medidas propuestas.

Especies y poblaciones voladoras

a) Etapa de preparación del sitio

Para esta etapa el único impacto que se consideró como significativo, deriva de la actividad de desmonte, en donde la avifauna puede verse comprometida considerando que la vegetación juega un papel importante en su ciclo biológico. No obstante, se ha comprobado que la mayoría de las especies tiene su temporada de reproducción entre abril y septiembre, con pico de anidación de mayo a julio. Esta época también coincide con la reproducción de los anfibios y reptiles, mariposas y otros invertebrados. Para evitar un impacto mayor durante la etapa de preparación del sitio, se recomienda que se eviten estos meses de ser posible, sobre todo de mayo a julio, principalmente en acciones de desmonte; además se delimitarán las zonas en el área del proyecto donde se acoten ciertos trabajos y sirvan para reproducción.

b) Etapa de construcción y operación

Susceptibilidad de fauna voladora a colisionar con aerogeneradores en el área del Proyecto

Para el caso de la avifauna, es el ensamble de especies descritas para el Proyecto y los datos que se conocen sobre colisión de aves en otros parques eólicos. De acuerdo con las observaciones realizadas para este Proyecto, se hizo el registro de especies con potencial de colisión respecto a las alturas de riesgo que registraron. A partir de dicha información se pudieron obtener los siguientes datos. Se registraron 77 especies de aves, pertenecientes a 25 familias. Las familias más representativas fue la de las aguilillas y gavilanes (*Accipitridae*), seguido de las golondrinas (*Hirundinidae*). La especie que tuvo el mayor número de registros fue la paloma alas blancas (*Zenaida asiática*), seguida del zopilote aura (*Cathartes aura*) y el zopilote negro (*Coragyps atratus*).

Con el propósito de evaluar el riesgo de colisión, se elaboraron cuatro categorías de altura con respecto a los datos del aerogenerador (237 metros de altura aproximadamente). Altura uno, comprende del nivel de suelo hasta el punto más bajo de las aspas (0-87m); altura dos, del punto más bajo del aspa al centro del rotor (87-162 m); altura tres, del centro del rotor al punto más alto del aspa (162-237 m); altura cuatro, arriba del punto más alto del aspa. La altura uno, representa un riesgo de colisión bajo, la altura dos y tres representa un riesgo de colisión alta, y la altura cuatro no representa riesgo de colisión.

Se obtuvieron un total de 9,902 registros, el 87.2% (8,635 registros) se observó en altura uno, es decir con riesgo de colisión bajo. El 12% (1,188 registros) se observó en alturas dos y tres, lo que representa un riesgo de colisión alto. El restante 0.8% (79 registros) se observó en altura cuatro, sin riesgo de colisión (Figura). La paloma alas blancas (*Zenaida asiatica*) fue la especie que tuvo mayor número de registros en altura uno, el zopilote negro (*Coragyps atratus*) fue la especie que se registró un mayor número de veces tanto en altura dos, como en altura tres. La fragata magnífica (*Fregata magnificens*) fue la especie con mayor número de registros en altura cuatro (Cuadro 132).

El zopilote negro (*Coragyps atratus*) y el zopilote aura (*Cathartes aura*) fueron las especies que volaron durante más tiempo sobre el área del predio. Con base en estos datos se corrió un modelo para estimar el riesgo de colisiones para estas especies. Se obtuvo que para ambos casos el riesgo de colisión es muy bajo, alrededor de 0.02 colisiones por año (Anexo).

Para el caso de la evaluación del impacto, se determinó que la importancia de este impacto es adversa moderada, lo que genera un efecto negativo durante la etapa de operación, así mismo se consideró un impacto moderado durante la construcción de la línea de transmisión. También es importante mencionar que este impacto consta de carácter acumulativo por lo cual y debido a la importancia del grupo faunístico en cuestión, se realizó un análisis a mayor detalle el cual se describe en el apartado correspondiente.

Respecto a los quirópteros el riesgo de colisión, mediante la implementación de los métodos, redeo (identificación en sotobosque) y detección ultra acústica (identificación sobre el dosel) se pudo conocer qué especies presentaron un comportamiento de vuelo con riesgo de colisionar con los aerogeneradores. De esta manera se pudo determinar y valorar la importancia del impacto, de acuerdo con la vulnerabilidad de ciertas especies registradas que pudieran verse impactadas con el desarrollo del proyecto y por lo tanto causar de manera directa e indirecta efectos adversos en el sistema ambiental.

Así mismo sobre especies en NOM-059-SEMARNAT-2010, sólo una especie *Eumops nanus* es la que podría verse más afectada por la instalación y operación de los aerogeneradores, ya que se trata de un murciélago insectívoro aéreo que vuela a alturas por arriba del dosel y en espacios abiertos por lo que su interacción con los aerogeneradores es probable. De hecho, se han encontrado cadáveres de esta especie dentro de parques eólicos del Istmo de Tehuantepec (Villegas-Patracca obs. per.) por lo que tendrá que considerarse como una especie focal dentro del programa de monitoreo que se continúe. Para el caso de *M. schmidtorum* y *Mimon cozumelae* su vulnerabilidad se debe sobre todo a la pérdida de su hábitat, ya que estas especies son características de condiciones de interior de bosque en buen estado de conservación. Se prevé que una vez instalados los aerogeneradores estas especies se vean poco afectadas. Por último, hay que destacar al murciélago amarillo yucateco (*Rhogeessa aeneus*) especie endémica de la Península de Yucatán ya que, por los registros obtenidos en el presente estudio, al parecer es abundante dentro del área de proyecto; su forma de forrajeo en busca de pequeños insectos, en espacios abiertos y en los bordes de vegetación puede producir interacciones con los aerogeneradores. Esta especie tendrá que ser considerada como una especie focal dentro de programa de monitoreo que se continúe en las siguientes etapas de proyecto.

El registro del murciélago lomo pelón (*Pteronotus davyi*) y de otros miembros de la familia Mormoopidae como los son *Mormoops megalophylla* y *Pteronitus parnellii* son los que mayor atención y seguimiento deben tener en las siguientes etapas del proyecto ya que son especies que han presentado el mayor número de registros de colisión en parques eólicos de México (Arnett *et al.*, 2016). Aunque se desconocen las razones sobre las colisiones de murciélagos, algunos autores han desarrollado hipótesis al respecto (Kunz *et al.*, 2007). Ante esta situación, es posible que estas especies se vean afectadas durante el desarrollo eólico, siendo necesario encaminar estudios de poblaciones e identificar refugios dentro y en las inmediaciones donde se establecerá el proyecto, principalmente los aerogeneradores.

Hábitat faunístico

Este impacto refiere a la afectación de los sitios de refugio, anidación y/o alimentación de las diferentes especies registradas dentro del área del Proyecto, a causa de actividades como el desmonte y conformación de caminos, ya que ambas actividades tienen mayor impacto sobre la

superficie de ocupación que el resto de las obras e inciden en superficies con vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.

Está relacionado directamente con la superficie de afectación por las obras, no obstante, durante los recorridos en campo y registro de especies, no en toda la superficie se ubicaron nidos o sitios de reproducción y/o alimentación, también es probable que debido a la configuración de las obras (conjunto de aerogeneradores y línea de transmisión) la vegetación sin afectar y demás superficie sea suficiente para el sustento de las especies, ya que sin duda alguna éstas seguirán distribuyéndose dentro del área del proyecto.

Considerado un impacto indirecto, se catalogó de irrelevante a moderado, ya que una vez establecido el parque eólico y la línea de transmisión, las especies seguirán ocupando la superficie de manera habitual, así también se puede inferir que se acostumbren a los componentes del Proyecto aunado a las medidas de mitigación como la reforestación que minimiza el impacto en la pérdida de hábitat.

Medio socioeconómico

Generación de empleo

El proyecto Parque Eólico Chicxulub incrementará las oportunidades de trabajo durante el desarrollo de las actividades que lo componen, principalmente en las etapas de preparación y construcción será en donde se refleje un porcentaje alto de empleos, aunque de manera temporales. esto podrá contribuir a incrementar los recursos económicos de la gente tanto a nivel local en los municipios de Ixil y Motul como regional, además de propiciar durante el desarrollo del proyecto de manera indirecta diversos tipos de remuneraciones al comercio cercano al mismo.

Durante el desarrollo del proyecto en estudio se generarán hasta 200 empleos directos, aunque temporales, y aproximadamente 300 empleos indirectos, lo que sin duda incrementara los índices de bienestar social que se extiende y magnifica en la etapa operativa del Parque Eólico, coadyuvando al incremento de la calidad de vida que se traduce en el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de las poblaciones en la región, siendo un impacto benéfico.

Derrama económica

La derrama económica puede ayudar a que los propietarios mejoren su sistema productivo y de esta manera incrementar los beneficios económicos de la renta de tierras. Como en general las zonas costeras, una de las principales actividades económicas es la pesca, inmiscuida en las actividades del sector primario, que para la zona de la Península claramente se realizan tanto la agricultura, ganadería y pesca.

Ya que las parcelas en donde se desarrollara el proyecto estarán bajo un arrendamiento entre la empresa y el propietario, las utilidades o servicios que prestaban los terrenos podrán mantenerse si así lo decide el propietario; el desarrollo del proyecto en cuanto a dimensiones utilizará un pequeño porcentaje de la parcela a cambio de una remuneración al propietario, esto también brindara de algunos servicios como caminos interparcelarios, movimiento del ganado con mayor rapidez, valor del predio, etc. Dichos atributos que el predio obtiene con el desarrollo del proyecto benefician de manera directa a los propietarios.

La renta de los predios ofrece un horizonte de futuro prometedor para los propietarios que estén dentro de este tipo de proyectos. Estos ingresos pueden representar una plataforma ideal de desarrollo que puede originar un aumento en la calidad de vida de todos los habitantes de la región.

Infraestructura y servicios

Este impacto se considera benéfico ya que una de las acciones del Proyecto es mejorar la situación de los caminos ya existentes y establecer nuevos caminos de interconexión, lo que brindará una oportunidad a los pobladores de las localidades cercanas, de trasladarse con mayor rapidez y en menor tiempo, ya sea para el movimiento del ganado o bien el requerimiento de algún servicio.

Por otro lado, el personal que labore durante el desarrollo del Proyecto tendrá la necesidad de cubrir ciertas necesidades como la alimentación, hospedaje y/o servicios de jornales, por lo que la población tendrá la oportunidad de ofrecer los servicios necesarios para atender las necesidades, derivando en ofertas de empleo, derrama económica y bienestar social.

Percepción social

Desde el inicio en las gestiones del Proyecto se ha buscado la opinión de las poblaciones cercanas, por ende, la colaboración de los propietarios de los predios de interés. El desarrollo del Parque Eólico Chicxulub ha tenido una buena respuesta con la propiedad de los predios y la población que espera el beneficio que trae consigo el Proyecto.

La mayoría de la población obtiene información de este tipo de proyectos, generalmente por la atribución de actores que de alguna manera se relacionan con el desarrollo del proyecto, por ejemplo, instituciones, empresas, academia, etc., con algún factor de interés en la zona o región aportan información sobre lo que representaría la interacción del proyecto con algún componente ambiental o social, esto genera una dispersión y confusión del propósito del proyecto y origina un juicio previo sin los fundamentos necesarios y que se obtienen a través de estudios y análisis, como el que se realiza.

En términos generales el proyecto Parque Eólico Chicxulub es aceptado por la mayoría de la población de los municipios de Ixil y Motul, así como localidades cercanas. Ahora, los propietarios

de las parcelas en donde se instalarán los aerogeneradores tienen claro que los acuerdos con la empresa promotora se dan a través de un arrendamiento, cuestión de suma importancia, puesto que siguen siendo dueños de sus terrenos y pueden continuar realizando la actividad que más les convenga.

Como medida para sustentar la percepción social hacia el proyecto, se realizó un análisis a nivel municipio y localidad sobre las modificaciones al ambiente, uso de recursos naturales, valorización de los espacios y posible aceptación del proyecto, INECOL (2018), a través de un instrumento de investigación cualitativa, resultando que la mayoría de los habitantes del área del Proyecto (60%), consideran que todo proyecto que beneficie el desarrollo económico de la población es aceptado.

Analizando las respuestas se muestra que la población acepta la instalación de nuevos proyectos, sin embargo, esta condición depende de que se perciba un beneficio inmediato en los habitantes como la generación de empleos.

Cultura (Capital cultural)

Este impacto está asociado principalmente al patrimonio cultural, en este caso, la Península de Yucatán cuenta con un capital cultural muy extenso ya que, aunado a las zonas arqueológicas ubicadas en el territorio, se cuenta con poblaciones indígenas de alto valor para el país.

Además del capital humano y arquitectónico, aspectos que no se verán afectados por el proyecto, no al menos de manera adversa; existe también el patrimonio natural, como lo es la importancia de especies de flora y fauna silvestre, aspectos que fueron evaluados como componentes individuales y para el caso de este apartado como representantes del interés de las poblaciones debido a su importancia en el desarrollo habitual.

La valoración que la población otorga a la vegetación existente y fauna del lugar es de suma importancia, ya que se recurre al uso de estos recursos como medio de beneficio, ya sea a través de la cacería o bien el valor escénico de la vegetación. Por tanto, la remoción de la cobertura vegetal tiene cierta repercusión para el patrimonio natural y la población que hace uso de esta, por lo anterior se catalogó este impacto como adverso moderado, principalmente en la etapa de preparación del sitio y construcción, en esta última debido a la sustitución de zonas de vegetación por infraestructura.

El proyecto considera dentro de sus estrategias de mitigación, la reforestación de áreas desprovistas de vegetación que sean utilizadas como sitios de obras provisionales, además de presentar un programa de rescate de flora y fauna, que busca minimizar y compensar el impacto por el desmonte e instalación de la infraestructura.

Paisaje

El paisaje es la expresión espacial y visual del medio, es útil y demandable; es un recurso natural permanente, pero susceptible de ser deteriorado por su uso inadecuado (Larrín 1989). Es un recurso fácilmente depreciable y difícilmente renovable, por lo que merece especial consideración al momento de evaluar impactos ambientales negativos en un proyecto determinado. La importancia de analizar el impacto de este componente radica en que éste permite evaluar desde una perspectiva visual los efectos de los procesos de deterioro en los sistemas naturales.

Generalmente el paisaje es evaluado por tres atributos, la visibilidad, la calidad paisajística y fragilidad del paisaje; para el análisis que nos ocupa, será la calidad paisajística que nos permita realizar una estimación de la magnitud con que el proyecto contribuya a la modificación de este componente.

Tomando como referencia los resultados obtenidos en el análisis de cuencas visuales, apartado descrito en el capítulo IV; en el caso del SAR podemos inferir que se encuentra aún con un porcentaje importante respecto a su naturalidad, esto, por las características y recursos que brinda la combinación de una zona costera, ecosistemas de valor para la distribución y conservación de la biodiversidad.

En la superficie del SAR serán visibles los aerogeneradores y las torres de la línea de transmisión, respecto a la calidad del paisaje la cuenca suroeste es la que presenta una calidad entre baja y muy baja y la cuenca noreste, por el contrario, presenta valores altos que se verán modificados por la inserción del Proyecto, generando una degradación en las unidades del paisaje. Respecto a la fragilidad, está en su mayoría se encuentra con niveles bajos dentro del SAR por lo que el proyecto tendrá poca repercusión sobre este aspecto.

Este impacto puede considerarse como residual, ya que una vez que el proyecto se desarrolle el efecto adverso será irreversible, pues no hay mecanismos que mitiguen la intervención del paisaje de manera total. Lo que se espera es que el proyecto a lo largo del tiempo se integre como un elemento más del paisaje y aunado a medidas como la reforestación y un manejo adecuado de los residuos sólidos, y el poco tránsito dentro de la central eólica disminuya el efecto visual que tendrá durante los primeros años de su desarrollo y operación.

V.4 IMPACTOS ACUMULATIVOS

Para realizar la evaluación de los impactos acumulativos se establecerá en primer término el concepto dispuesto en el marco legal aplicado al proyecto, es decir, lo que establece el Reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental (REIA).

De acuerdo con el REIA, se define como impacto ambiental acumulativo, el efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado, presente y actividades previsible o futuras.

V.4.1 METODOLOGÍA

El análisis de los impactos acumulativos seguirá el proceso sugerido por Senner *et al.* (2002) que a continuación se presenta:

Ámbito. - Implica la identificación de los aspectos importantes, los componentes y sus límites geográficos.

Organización. - Durante esta etapa se deberá caracterizar y consolidar los aspectos más importantes:

1. Resumir cuales son los componentes que históricamente han modificado o alterado por acciones humanas y eventos naturales desde el pasado hasta el presente.

Revisar los impactos ambientales directos o indirectos y sus acciones para reducirlos.

Preparar la matriz con los efectos acumulativos para cada componente.

Ingresar la información del pasado, actual y futuro.

Tamizado. - En esta etapa se realiza la identificación de los potenciales impactos acumulativos.

Evaluación. - Calificación de la significancia y probabilidad de ocurrencia de los impactos.

Mitigación. - Implica la modificación o la adición de estrategias para evitar, minimizar o mitigar los impactos acumulativos significativos.

Posteriormente en la evaluación de los acumulativos identificados, etapa que compone el análisis antes mencionado, se aplicará lo propuesto por Eccleston Charles H. (2011) y la Guía de Profesionales en el Análisis de Impactos Acumulativos de la Agencia Canadiense de Evaluación Ambiental (CEEA, 1999). Así mismo se ocuparán métodos de análisis o una combinación de ellos: Modelos de Impacto, análisis espacial con base a SIG e indicadores de nivel de cambio de paisaje.

Como primer paso para lograr una adecuada evaluación de los impactos acumulativos, se identificaron aquellos impactos potenciales representativos de las centrales eólicas. Para ello, a través de la participación de expertos y el análisis de sus opiniones, se creó una lista de impactos potenciales relacionados con los principales componentes ambientales del ecosistema que aloja al Proyecto en cuestión.

Los impactos potenciales fueron identificados como aquellos que afectan de manera significativa a los componentes ambientales del conjunto de ecosistemas en donde se ubica el proyecto y por tanto se identifican aquellos componentes del ecosistema que resultan vulnerables ante las actividades del proyecto. Bajo este argumento se identificaron los componentes ambientales susceptibles a la presión de los desarrollos inmersos en la región, además de considerarse componentes valiosos, los cuales se llamarán Componentes Valorados del Ecosistema (CVEs).

V.4.2 RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES VALORADOS DEL ECOSISTEMA

Para su identificación se consideraron aquellas acciones que han dado cabida a una transformación del entorno en donde se define el Sistema Ambiental Regional, aquellas actividades pasadas, presentes y futuras, que han generado en cierta forma una sensibilidad y vulnerabilidad de los componentes ambientales a los cambios ocurridos en la región y por ende en el área del proyecto.

La identificación y determinación de los CVEs se realizó bajo la supervisión de expertos y su experiencia como equipo de trabajo en ecosistemas como en el que se ubica el proyecto, además de la experiencia en cuanto a la interacción ambiente-centrales eólicas.

Esto permitió una adecuada selección de los CVEs, dichos componentes tendrán la función de indicador ambiental, aspecto que otorga la cualidad de ser medidos para una correcta interpretación y descripción.

Durante el desarrollo de los apartados que componen al presente capítulo se aplicaron una serie de métodos, matriciales principalmente, que han permitido en primera instancia identificar las posibles interacciones proyecto-ambiente (matriz). Es decir, mediante la confrontación de actividades por etapa del proyecto y los componentes ambientales del área del proyecto se pudieron identificar aquellos impactos relevantes y no-relevantes por dicha interacción y que potencialmente ocurran durante el desarrollo del proyecto Parque Eólico Chicxulub.

Ahora bien, la funcionalidad de la matriz de cribada permitió un tamizado para identificar aquellos componentes que se verán afectados de manera significativa por el proyecto, aunado a esto mediante la aplicación del método Leopold se pudo considerar el efecto acumulativo que recae sobre algunos componentes debido a las acciones que se ejecutan, los cuales para este apartado serán clasificados como Componentes Valorados del Ecosistema (CVEs) (*Cuadro 148*). Otro factor importante en la identificación y selección de CVEs fue la línea base ambiental, la cual se desarrolló mediante el diagnóstico ambiental del capítulo IV, de donde parte el estado actual en el que se encuentra nuestra área del proyecto; aunado al uso de información generada en capítulos

anteriores y apartados del presente capítulo se incluye una variante relacionada con temas de interés regional, cuyo objetivo es relacionar problemas ambientales con los componentes naturales del sistema.

Finalmente, y de acuerdo al resultado del análisis de la línea base ambiental, el análisis de causa-efecto y los temas regionales de interés, experiencia del grupo evaluador y bibliografía científica (Environmental impact of wind energy. R. Saidur, *et al.*, 2011), los componentes de valor para este apartado serán: **Vegetación (tasa de transformación de hábitat), aves y murciélagos (pérdida de individuos por colisión) y erosión**. Es importante mencionar que para estos componentes se han identificado los impactos acumulativos en relación a las actividades comprendidas del proyecto, estos son: potencial degradación de hábitat como consecuencia de la disección y modificación de la vegetación presente en el área de estudio y descrita en el capítulo IV; interferencia con desplazamientos naturales y/o migratorios de la avifauna y quirópteros debido al potencial riesgo de colisión con la infraestructura implementada, para este efecto es importante considerar otras fuentes de riesgo de colisión que darían paso a una sinergia, como son vías de comunicación, líneas de transmisión y desarrollos urbanos aledaños al proyecto; finalmente el impacto de erosión, derivado de la pérdida de la vegetación, vulnerabilidad del suelo y otras fuentes de impacto como la agricultura y el mismo cambio de uso del suelo.

Cuadro 148. Componentes valorados del ecosistema (CVEs).

COMPONENTE AMBIENTAL	TEMAS REGIONALES DE INTERÉS	COMPONENTES VALORADOS DEL ECOSISTEMA
Cobertura vegetal	Alteración del hábitat	Tasa de transformación de hábitat
Fauna silvestre	Pérdida de individuos por colisión	Aves y murciélagos
Erosión	Disminución de la cobertura vegetal	Calidad del suelo

IDENTIFICACIÓN DE LÍMITES TEMPORALES Y ESPACIALES

Para obtener la delimitación del área de estudio respecto a la evaluación de los impactos acumulativos y sus alcances, se establecieron límites en la zona, así como el periodo de la evaluación. Es por esto que se consideraron dos escalas: espacial y temporal.

Limite espacial. Este límite será el área de estudio, para este caso el Sistema Ambiental Regional (SAR). Durante la delimitación del área, se consideraron aquellos efectos ocasionados por actividades propias de la zona (agricultura, ganadería, urbanización, etc.), así como aquellas que han detonado diversos aspectos tanto en el medio ambiente como en lo social.

Límite temporal. Tomando en cuenta el SAR como límite espacial, se consideraron los proyectos y actividades inmersos en él. Para determinar un límite temporal se deberá tomar en cuenta que tan lejos en el tiempo serán analizadas aquellas actividades inmersas en el SAR, para ello se utilizaron registros históricos para establecer una línea base ambiental, que permita realizar una comparación de los cambios incrementables en el tiempo, incluyendo nuevas acciones que requieran la necesidad de mirar hacia el futuro. Para establecer de manera representativa las actividades a través del tiempo inmersas en el SAR, se elaboró una línea de tiempo de las principales actividades productivas o de desarrollo que permita toda vez que se cuente con la mayor información de cada actividad, ponderar su atribución en cuanto a la presión ejercida dentro del SAR.

Escala espacial

El límite espacial para el análisis de los impactos acumulativos será el Sistema Ambiental Regional (SAR), considerando el área del Proyecto como la zona en donde tendrán mayor significancia los impactos y efectos derivados del proyecto (aun cuando el límite espacial varía en cierto modo según el recurso afectado). El SAR se encuentra ubicado en la provincia morfotectónica de la plataforma de Yucatán, en la región hidrológico-administrativa XII Península de Yucatán (RHA XII PY). Dentro de la subprovincia fisiográfica denominada “Llanuras Dolinas”, con una unidad edáfica, Leptosol. El SAR se ubica en la zona seca de Yucatán, dominan dos tipos de vegetación principalmente: vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia y vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia. La descripción de los componentes naturales por los que está constituido (vegetación, hidrología, edafología, etc.) se describieron en el capítulo IV.

Escala temporal

Considerando al SAR como el límite espacial, se debe tomar en cuenta los proyectos inmersos en él, enfatizando aquellas actividades que históricamente han cambiado las características del sistema ambiental.

En relación con la vida útil del proyecto, el presente análisis toma como base un periodo de operación de 30 años, aunque la vida real del proyecto podría variar dependiendo de cuestiones técnicas y económicas, las mismas que no pueden ser analizadas de un modo definitivo. Por lo tanto, se ha considerado el mayor plazo estimado posible, previendo que la fase de abandono se realice entre los años 2043 y 2050.

IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE DESARROLLO EN EL SAR (FUENTES DE IMPACTO)

Se identificaron otras actividades previsibles, cuyos efectos podrían combinarse entre sí. Para la selección de otras actividades se siguieron los criterios establecidos de acuerdo al método CEEA, 1999:

Criterios espaciales

Acciones con huella en el área regional que puedan afectar los CVEs que se estén evaluando. Dicha huella incluye componentes asociados e incluye a la atmósfera, hidrología o suelo directamente afectados.

Acciones que se desarrollen fuera del límite espacial, siendo probable que alguno de sus componentes pueda interactuar con otras acciones o CVEs dentro de esa área.

Criterios temporales

Pasado: Aquellas acciones que han sido abandonadas (agricultura, pasivos, etc.) pero todavía pueden causar efectos de interés.

Existentes: Aquellas acciones activas actualmente

Futuro: Acciones que aún pueden ocurrir (cambio de uso de suelo)

Fuentes de impacto

Para el análisis de los efectos acumulativos y atendiendo el aspecto de acumulación, se han considerado otras actividades previsibles, cuyos efectos podrían combinarse con los ocasionados por el desarrollo del Parque Eólico Chicxulub, lo que podría incrementar el efecto acumulativo para algunos componentes del sistema, además de otorgar la posibilidad de interacciones entre impactos generando efectos sinérgicos.

Es importante mencionar que el SAR considera una superficie costera, la cual recibe aportaciones del sistema Lagunar Ría lagartos, dicho sistema lagunar se considera como un SITIO RAMSAR, además de existir regiones prioritarias, Áreas para la conservación de las aves. Ante lo mencionado, el área del proyecto tiene cierta influencia sobre todo en la dinámica hidrológica, ya que los flujos subterráneos finalmente desembocan en el mar. Sin embargo podemos inferir que desarrollos como vías de comunicación o bien usos y/o actividades como la pesca y agricultura han modificado mucho el sistema ambiental, por lo cual la biodiversidad (flora y fauna) ha modificado algunos de sus aspectos y se han adaptado a las condiciones actuales; considerando que el área del proyecto se ubica en una zona moderadamente perturbada, grupos como la fauna difícilmente recurren a estos sitios, aunado a las barreras físicas que forman las vías de comunicación. Sin embargo, la mayoría de las especies de fauna cuenta con un amplio hábitat que brinda el sistema ambiental regional.

En el aspecto de infraestructura instalada dentro o cercana al SAR y al polígono del Parque eólico, existe lo siguiente:

1. Parque eólico Progreso (36 aerogeneradores)

2. Central eoloeléctrica Chacabal (15 aerogeneradores)
3. Central eoloeléctrica Chacabal II (15 aerogeneradores)
4. Parque eólico Dzilam de Bravo
5. Sinanché I y II (72 aerogeneradores)

Los desarrollos o fuentes de impacto arriba enlistados comprenden una probable interacción con uno de los componentes ambientales con riesgo común ante el desarrollo de las eólicas, la fauna voladora (aves y murciélagos); aún algunos desarrollos estando fuera del SAR pueden contribuir al efecto adverso de adición en cuanto a la pérdida de individuos por colisión, por lo que se consideran dentro de la línea de tiempo en las actividades presentes y previsibles de fuentes de impacto.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE VÍNCULOS

Para cada componente ambiental, se evaluaron las relaciones causa-efecto entre las actividades y los CEVs. Se validaron las relaciones o vínculos evaluando la pertinencia y la probabilidad de ocurrencia de cada una de ellas. Sólo se consideran válidos aquellos vínculos que fueron pertinentes y que presentan una probabilidad de ocurrencia mayor a 50%. La pertinencia está sujeta en atributos de valoración de vínculos (*Cuadro 149*).

Cuadro 149. Atributos de valoración de vínculos.

ATRIBUTOS	OPCIONES	DEFINICIÓN
Signo	Positivo	Efecto benéfico sobre el VEC
	Neutral	No hay cambios en el VEC
	Negativo	Efecto adverso en el VEC
Magnitud	Baja	Efecto mínimo
	Media	Efecto medible en el mediano plazo con esperanza de recuperación a condiciones pre-proyecto
	Alta	Efecto medible a lo largo del proyecto con recuperación limitada
Duración	Corto plazo	Efectos menores a 1 año
	Mediano plazo	Efectos de 1-10 años
	Largo plazo	Efectos mayores a 10 años
Frecuencia	Única	Ocurre solo una vez
	Continua	Ocurre regularmente y en intervalos regulares
	Discontinua	Ocurre raramente y en intervalos irregulares
Probabilidad de ocurrencia	Baja	Menor a 25%
	Media	Entre 25-50%
	Alta	Mayor al 50%

Bajo estos criterios fue posible identificar aquellas acciones que tienen algún tipo de participación en la transformación de la región, aunado al conocimiento de los aspectos que se han modificado por dicha transformación, podrá contarse con una evaluación que permita conocer los posibles impactos negativos y con ello proponer estrategias de mitigación y control.

DETERMINACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA DE LOS VÍNCULOS

Una vez identificados los vínculos, el siguiente fue determinar la significancia de estos. La significancia de un vínculo (y el efecto consecuente) es una función de su magnitud, duración, frecuencia y probabilidad de ocurrencia.

Se definen como significativas aquellos vínculos que: 1) presentan media o alta magnitud; 2) presentan mediano o largo plazo; 3) presentan frecuencia discontinua o continua; y 4) presentan media o alta probabilidad en su ocurrencia. Los vínculos no significativos no alcanzan estos criterios y no causarán efectos perceptibles en un componente ambiental.

Durante la determinación de los vínculos significativos se ha considerado si las vías asociadas al Proyecto, cuando se les considera en combinación con otras acciones pasadas y futuras estimadas en el análisis, podrían dar como resultado impactos residuales y acumulados sobre los CVEs. Para determinar si un efecto es acumulativo, se ha considerado si la magnitud o el alcance del efecto aumentará en forma significativa en caso se produzca una combinación con otros efectos dentro del límite espacial considerado. Con el fin de determinar si un efecto podría ser residual, se determinará si se podrían seguir presentando los efectos tras la implementación de las medidas de mitigación que se propongan dentro del estudio de impacto ambiental, y en qué magnitud podría suceder. En esta fase es importante considerar que los potenciales efectos acumulativos o residuales, están referidos al aporte potencial generado por las acciones de proyectos sobre las otras acciones identificadas, y no entre el resto de las acciones entre sí.

VÍNCULOS SIGNIFICATIVOS (IMPACTOS ACUMULATIVOS DETERMINADOS)

Cobertura vegetal

El análisis identifica siete actividades importantes dentro del SAR (incluido el proyecto) que generan efectos que pueden relacionarse entre sí. Los efectos observados se dividen, a su vez, en dos niveles: Cinco de Primer Orden, los cuales pueden ser potencialmente generados por las actividades identificadas (incluyendo al proyecto), y dos de Segundo Orden, cuya generación está asociada a la combinación de otros efectos y no necesariamente a las actividades entre sí.

El resultado del diagrama causa-efecto (anexo diagrama) indica los vínculos existentes considerando para esto las actividades principales de la región. El (anexo tabla de significancia) resume la valoración de los vínculos indicados. De los 45 vínculos identificados, 30 son válidos.

A continuación, y siendo el reflejo de la afectación a la cobertura vegetal la deforestación, se realizó un análisis sobre la tasa de transformación de la vegetación con variantes en tiempo dentro del Sistema Ambiental Regional; concluyendo con una estimación del porcentaje de transformación que tendrá el Proyecto a nivel Regional (SAR) y local (área de proyecto).

Análisis de la vegetación sobre la tasa de transformación

» Metodología

Imágenes de satélite empleadas

Para determinar el Uso de Suelo y Vegetación del SAR del Parque Eólico Chicxulub se analizaron tres escenas de distintas fechas las cuales fueron obtenidas por el satélite Sentinel 2-B, LANDSAT 5 TM y LANDSAT 2 MSS. Las escenas cuentan con una resolución espacial de entre 10 y 60m. (*Cuadro 150*).

Cuadro 150. Relación de imágenes utilizadas en el análisis de cambio de uso de suelo.

SATÉLITE	FECHA DE LA ESCENA	IDENTIFICADOR	RESOLUCIÓN ESPACIAL
LANDSAT 2 MSS	15/02/1979	P21 – R45	60 metros
LANDSAT 5 TM	19/03/2000	P20 - R45	30 metros
SENTINEL 2-B	26/03/2018	T16QBJ	10 metros

Pre-procesamiento de las escenas

Se empleó el software ERDAS 2014 para unir las distintas bandas espectrales que conforman a cada una de las imágenes LANDSAT, Y SENTINEL para posteriormente, realizar una corrección atmosférica en el software Geomática 2016, proceso que sirve para eliminar efectos atmosféricos como bruma y algunas nubes que podrían dificultar el análisis y clasificación de la vegetación. Para ello se empleó el algoritmo ATCOR, el cual toma en cuenta un Modelo Digital de Elevación (MDE) para realizar la corrección y dar un resultado más preciso en la imagen de satélite y minimizar las sombras ocasionadas por efecto de los rasgos topográficos, los cuales son mínimos en la zona. La corrección atmosférica requiere de datos auxiliares tales como el tipo de sensor y satélite, la fecha y hora en que fue tomada la imagen, la elevación y el azimut del Sol, la proyección geográfica y el datum que usa la imagen; así como también la coordenada central de la escena.

Después de haber aplicado todos estos procesos se realizó un corte (subset) para el límite del SAR a las imágenes utilizadas. Dichos cortes se realizaron con la finalidad de excluir zonas que no interesan en el análisis.

Clasificación de la vegetación y los tipos de uso de suelo actuales

Se comenzó por clasificar la imagen del año más reciente (2018); ello con el fin de conocer el paisaje actual ya que teniendo este conocimiento previo es más sencillo interpretar las imágenes de años anteriores. Por tal motivo fue necesario obtener mediante un GPS la localización geográfica de los distintos tipos de vegetación; para lo cual se emplearon todos los puntos recolectados en los muestreos y transectos que se realizaron en el SAR.

Habiendo verificado el tipo de vegetación en campo se cargaron estos puntos en el software ArcMap 10.2 para visualizarlos en conjunto con la imagen de satélite. Mediante ello se pudieron apreciar visualmente las características de color y textura que muestra la imagen en el sitio que se visitó y en cual se identificó la vegetación.

Tomando en cuenta las observaciones de los recorridos de campo y la interpretación visual de la imagen satelital se procedió a crear más puntos en la computadora (sitios de entrenamiento), para realizar la clasificación supervisada. Se crearon un total de 151 sitios de entrenamiento, combinando entre sí los puntos de campo y los puntos realizados visualmente tomando en cuenta las características de textura y color de la imagen.

Posteriormente en el programa ENVI 4.8 se realizó la clasificación supervisada empleando la combinación de bandas RGB 4-3-2 para la escena del satélite SENTINEL. Se usó el algoritmo de máxima verosimilitud (Maximum Likelihood) y se obtuvieron las firmas espectrales de cada sitio de entrenamiento, las cuales permiten diferenciar los objetos en la superficie (tipos de vegetación) ya que reflejan los distintos patrones de reflectancia característicos para cada uso del suelo y tipo de vegetación.

Finalmente, después de haber generado varias clasificaciones se tomó la que más se asemejaba a la realidad y que no confundía distintos usos de suelo o de vegetación. Inmediatamente de ello se le realizó una minuciosa verificación visual en donde se hicieron correcciones manuales para asegurar que no hubiera zonas que se confundieran con otro tipo de vegetación y si fuera así recodificar o editar la zona que tuviera error. A los resultados se le aplicó un área mínima cartografiable, excluyendo los polígonos que tuvieran una superficie menor a 5000 m².

Se detectaron nueve distintos tipos de uso de suelo: (*Cuadro 151*).

Cuadro 151. Tipos de vegetación identificados en las imágenes SENTINEL y en los recorridos de campo.

TIPO DE VEGETACIÓN/USO DE SUELO
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia
Manglar
Sabana
Pastizal
Agrícola
Cuerpo de agua
Urbano - Infraestructura
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente

Para obtener la clasificación supervisada algo que también fue de ayuda es el empleo de distintas fuentes de información para comprobar la clasificación, como es el caso de otras clasificaciones de uso de suelo existentes o incluso una sencilla aplicación que vincula al SIG ArcMap 10.2.2 con Google Earth y se puede visualizar la misma zona en ambos programas con fines de validación.

Cabe también aclarar que para mostrar las afectaciones que se realizará a la vegetación del predio se generó una copia de la clasificación SENTINEL 2B 2018, en donde se le unieron todas las obras que removerán o alteraran la vegetación (caminos, cunetas, cimentaciones, subestación eléctrica, etc.); ello con la finalidad de tener una “nueva” clasificación de uso de suelo y vegetación que muestre que las obras del predio ya están construidas (2018 con remociones).

Clasificación de los tipos de vegetación y uso del suelo 2000 y 1979

Para poder realizar la clasificación de uso de suelo de estos años se siguió el mismo método que fue descrito para la clasificación 2018, salvo que aquí se eliminaron los sitios de entrenamiento que se emplearon durante la clasificación del año 2018, puesto que no todos coincidirían en este año. Solamente se emplearon puntos visuales que fueron generados en la computadora. La combinación de las bandas de las imágenes de satélite fue RGB 4-3-2 para LANDSAT 5 TM y 3-2-1 para LANDSAT 2 MSS.

Detección de cambios y tasa de deforestación

Habiendo obtenido las clasificaciones de uso de suelo de los años 2018, 2000 y 1979 se procedió a realizar un remuestreo del pixel (Resample) para que se pudieran apreciar las obras del parque eólico y su línea de transmisión; por tal motivo se escogió un tamaño de 1 m para que los datos de cada clasificación fueran consistentes.

Luego de ello se reclasificaron para cada año los distintos usos de suelo en Arc Map 10.2.2 con la ayuda de la herramienta Reclassify. El procedimiento para reclasificar consiste en agrupar los distintos usos de suelo en dos clases, Cobertura forestal y Zona deforestada, quedando de la siguiente manera: (*Cuadro 152*).

Cuadro 152. Nuevas clases y códigos para los distintos usos de suelo.

USO DE SUELO	CLASE	CÓDIGO
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	Cobertura forestal	1
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	Cobertura forestal	1
Manglar	Cobertura forestal	1
Sabana	Cobertura forestal	1
Pastizal	Zona deforestada	2
Agrícola	Zona deforestada	2
Cuerpo de agua	Zona deforestada	2
Urbano - Infraestructura	Zona deforestada	2
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	Zona deforestada	2

Posteriormente se utilizó la herramienta Combine en ArcMap 10.2.2, la cual permitió combinar las distintas clasificaciones entre sí para obtener como resultado final el análisis de cambios multi-temporales; mismos que permiten conocer que transformaciones ha sufrido el SAR a lo largo de 39 años (1979-2000, 2000-2018 y 1979-2018).

De la combinación de códigos de las diferentes capas multi-temporales se obtienen cuatro distintas clasificaciones: Cobertura forestal sin cambios, Zonas deforestadas sin cambios, Deforestación – Impacto y Regeneración (*Cuadro 153*).

Cuadro 153. Interpretación de las combinaciones entre códigos de distintas fechas de uso de suelo para obtener los cambios de uso de suelo

CÓDIGO AÑO MÁS ANTIGUO	CÓDIGO AÑO MÁS RECIENTE	INTERPRETACIÓN
1	1	Cobertura forestal sin cambios
1	2	Deforestación – Impacto
2	2	Zonas deforestadas sin cambios
2	1	Regeneración

Por otra parte, después de haber obtenido las superficies de cada uso de suelo se calculó la tasa de cambio de uso del suelo y vegetación, misma que se estimó con la ecuación propuesta por Palacio-Prieto *et al.*, 2004; la cual es:

$$\delta n = (S2/S1)^{1/n} - 1$$

Donde:

δn = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)

S1 = superficie forestal, al inicio del periodo

S2 = superficie forestal, al final del periodo

$1/n$ = número de años del período analizado

Desarrollo del análisis tasa de transformación

Se realizó una *Figura 186* la cual dispone de imágenes de las variables vegetación y uso de suelo a través de un periodo de tiempo considerado entre 1979, 2000 y 2018, lo que hace posible distinguir los procesos de cambio atribuidos a factores que más adelante se mencionan.

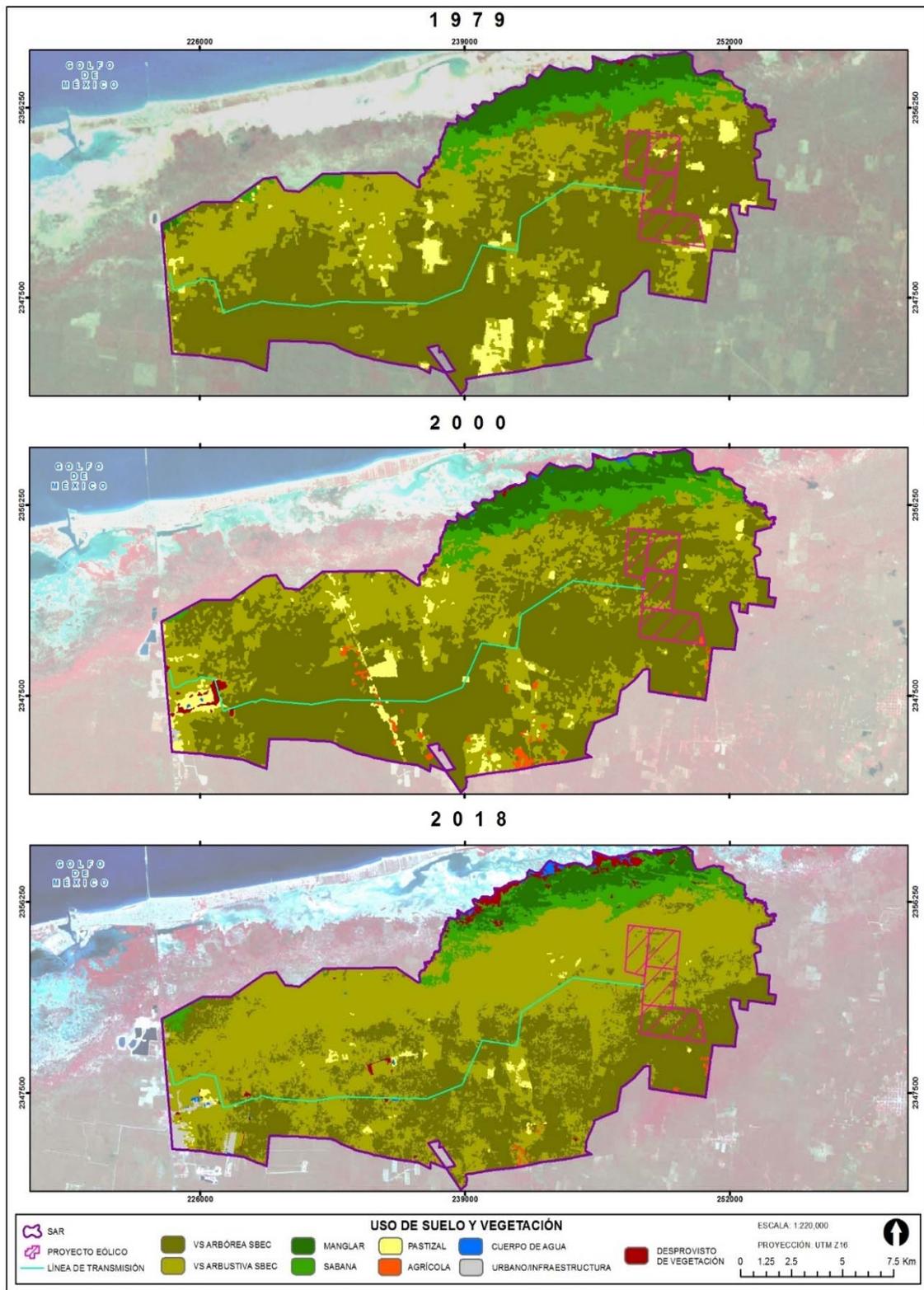


Figura 186. Uso de suelo y vegetación del Sistema Ambiental Regional.

La figura anterior refleja cómo se ha estado configurando el SAR en las últimas décadas, en donde notablemente se nota un cambio entre 1979 y 2018 pasando de ser vegetación de tipo arbórea a vegetación de tipo arbustiva, con poca superficie desprovista de vegetación. El cambio drástico de vegetación arbórea a arbustiva se debió al huracán del 2002 e incendios en el 2003 de la misma vegetación afectada por el huracán, es por esto, que en la gráfica (*Cuadro 154*) se ve nota un cambio abrupto de vegetación arbórea hacia arbustiva entre el 2000 y 2018.

Cuadro 154. Superficies en hectáreas y en porcentaje para distintos usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000 y 2018 con las respectivas remociones del Proyecto.

USO DE SUELO \ AÑOS	1979 (%)	2000 (%)	2018 (%)	2018 CON REMOCIONES (%)
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	15859.29 (56.41)	15717.43 (55.90)	9013.34 (32.06)	8993.00 (31.99)
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	8111.92 (28.85)	8280.90 (29.45)	15565.04 (55.36)	15513.61 (55.18)
Manglar	1541.74 (5.48)	1356.91 (4.83)	1040.45 (3.70)	1040.45 (3.70)
Sabana	1499.90 (5.33)	1520.77 (5.41)	1560.01 (5.55)	1560.01 (5.55)
Pastizal	1085.81 (3.83)	845.48 (3.01)	222.67 (0.79)	222.67 (0.79)
Agrícola	0.00 (0.00)	218.27 (0.78)	48.28 (0.17)	48.28 (0.17)
Cuerpo de agua	0.01 (0.00)	30.78 (0.11)	91.57 (0.33)	91.57 (0.33)
Urbano-Infraestructura	0.00 (0.00)	19.15 (0.07)	214.02 (0.76)	286.06 (1.02)
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	17.04 (0.06)	126.03 (0.45)	360.33 (1.28)	360.06 (1.28)

A partir del cuadro anterior, se elaboró una gráfica de los porcentajes en donde se muestran las variaciones que han tenido algunos tipos de vegetación y uso del suelo a través del periodo 1979-2018, en donde se nota la decreciente para la vegetación arbórea y la creciente en cuanto a la

vegetación arbustiva. La sabana puede notarse que se mantiene constante, mientras que el Manglar y Pastizal han tenido ligeras pérdidas (*Figura 187*).

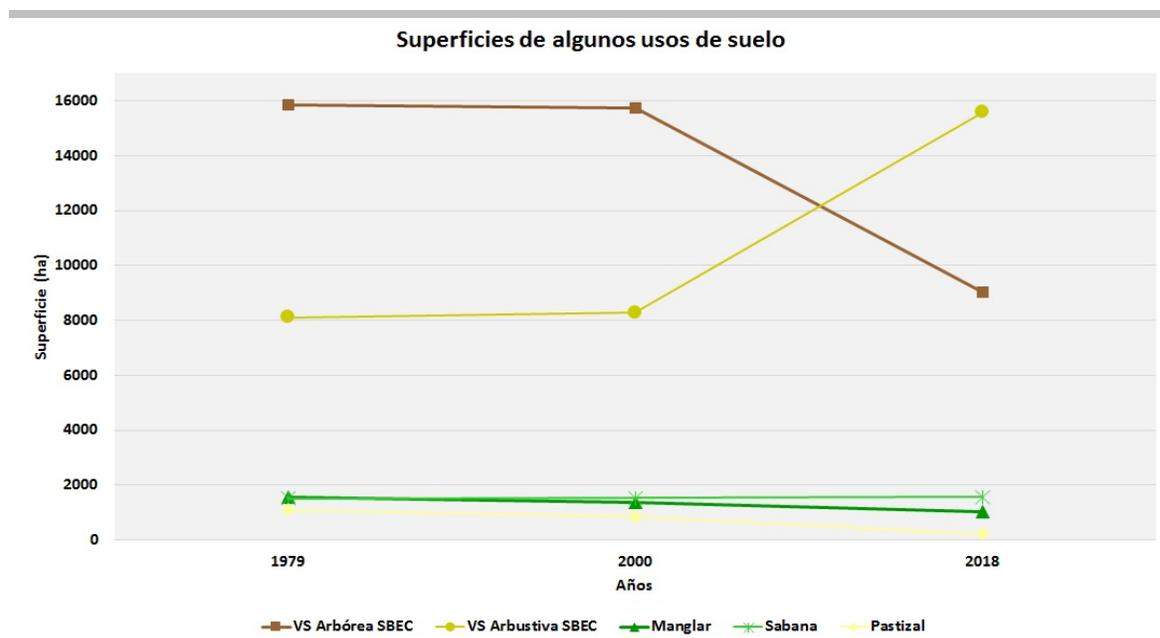


Figura 187. Distribución de cinco usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000 y 2018.

A lo largo del tiempo la vegetación predominante establecida en la delimitación del SAR ha sido configurada principalmente por las actividades humanas, a excepción del huracán del 2002 el cual si tuvo un grave impacto para la vegetación arbórea y de manglar, dominando actualmente la vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.

En la siguiente *Figura 188* se puede apreciar las modificaciones que han impactado en la vegetación y uso de suelo, debido principalmente por la deforestación con el propósito de establecer aprovechamientos para actividades humanas. Con respecto a la cobertura arbórea se deduce que los cambios han sido dinámicos, es decir, existe pérdida de cobertura como regeneración de la misma, lo que ha llevado considerando el periodo de 1979 a 2018 a una disminución de superficie vegetal arbórea y el aumento de vegetación de tipo arbustiva durante el periodo en mención, *Cuadro 155*.

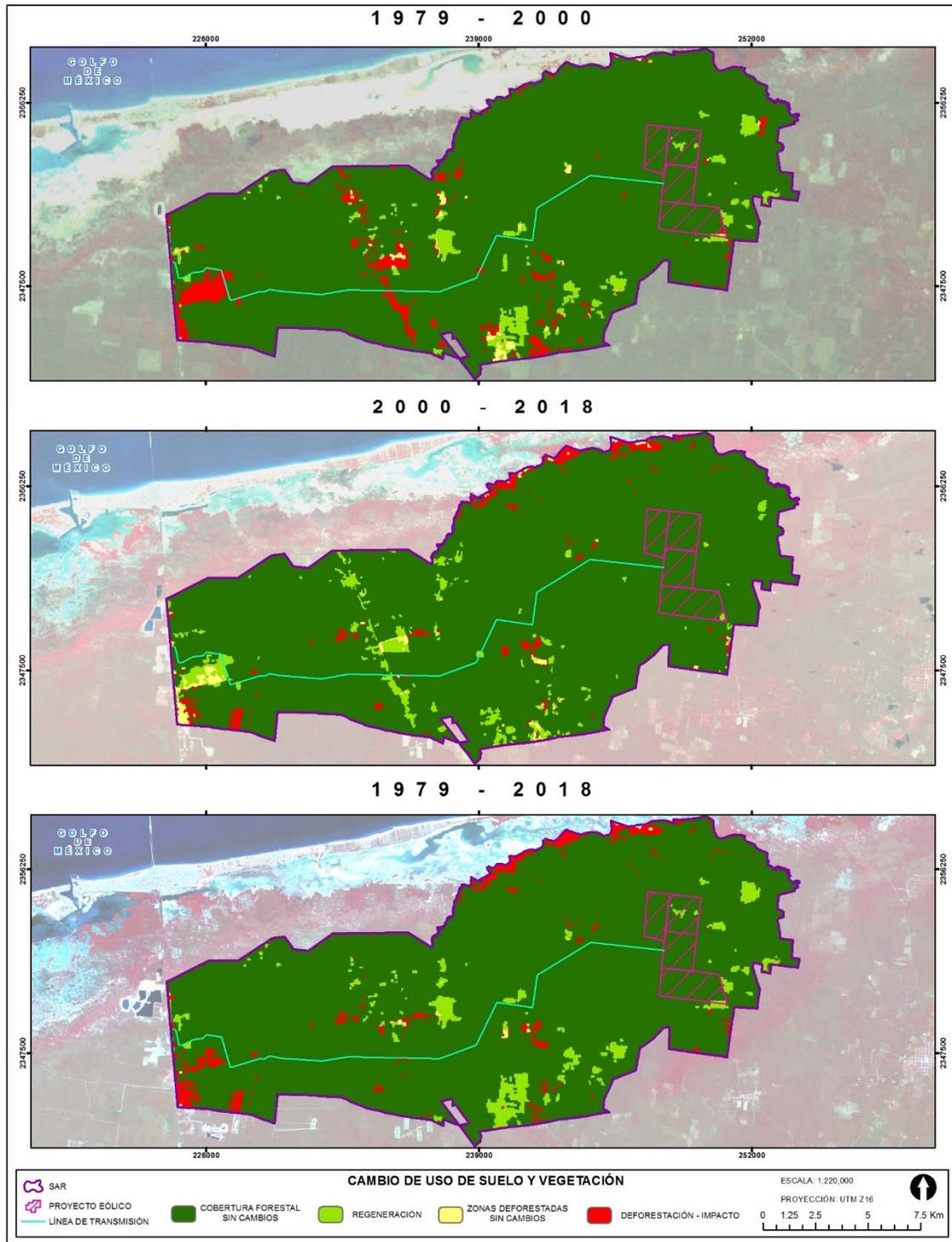


Figura 188. Cambio de uso de suelo y vegetación del SAR.

Cuadro 155. Superficies en hectáreas y en porcentaje para los cambios analizados en el uso de suelo para los años 1979-200, 2000-2018, 1979-2018 y 1979-2018 con remociones en el SAR.

CMBIOS EN COBERTURA	AÑOS			
	1979 - 2000 (%)	2000 - 2018 (%)	1979 - 2018 (%)	1979 - 2018 CON REMOCIONES (%)
Cobertura forestal sin cambios	25949.89 (92.30)	26232.20 (93.30)	26131.54 (92.94)	26060.11 (92.69)
Regeneración	926.11 (3.29)	946.64 (3.37)	1047.30 (3.72)	1046.96 (3.72)
Zonas deforestadas sin cambios	176.75 (0.63)	293.07 (1.04)	55.57 (0.20)	55.91 (0.20)
Deforestación - Impacto	1062.96 (3.78)	643.80 (2.29)	881.31 (3.13)	952.74 (3.39)

Se generó una gráfica (*Figura 189*) con las variaciones que ha tenido el cambio de uso de suelo durante los periodos relacionados en el SAR derivado del cuadro anterior.

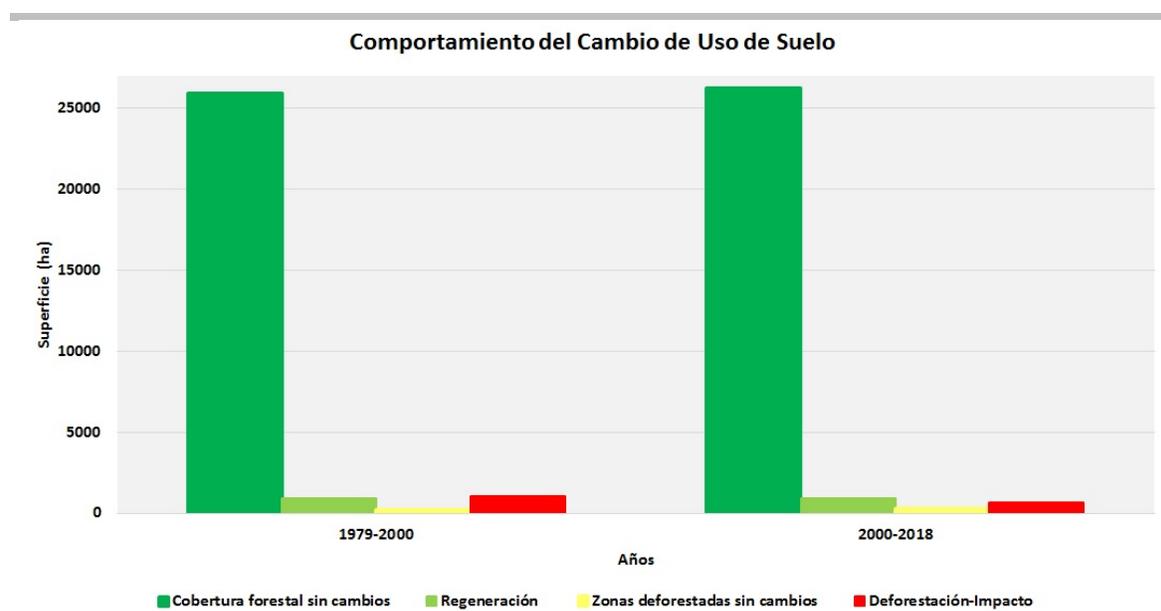


Figura 189. Distribución del cambio de uso de suelo en el SAR para los periodos 1979-2000 y 2000-2018.

Ante un panorama de cambios presentes a lo largo del tiempo en el SAR, se consideró pertinente conocer las tasas de deforestación (*Cuadro 156*) que se han presentado con el paso de los años, esto a nivel del SAR, además de presentar una gráfica con la dinámica que presentan las tasas anuales de cambio de uso de suelo (*Figura 190*).

Cuadro 156. Tasas de deforestación en porcentaje para los periodos 1979-2000, 2000-2018, 1979-2018 y 1979-2018 con remociones, en el SAR.

USO DE SUELO	1979 - 2000	2000 - 2018	1979 - 2018	1979 -2018 CON REMOCIONES
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	-0.04	-3.04	-1.43	-1.44
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	0.10	3.57	1.68	1.67
Manglar	-0.61	-1.46	-1.00	-1.00
Sabana	0.07	0.14	0.10	0.10
Pastizal	-1.18	-7.14	-3.98	-3.98
Agrícola	-	-8.04	-	-
Cuerpo de agua	50.83	6.24	28.30	28.30
Urbano-Infraestructura	-	14.35	-	-
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	10.00	6.01	8.14	8.14
Cobertura forestal	-0.024	0.062	0.016	0.009

En el *Cuadro 156* se puede notar la contribución que tendrá el Proyecto respecto a los procesos de transformación de la cobertura vegetal, a nivel SAR es mínima a diferencia del impacto ocasionado por la entrada del huracán y otros factores de deterioro como son la agricultura, ganadería y crecimiento de la mancha urbana.

La siguiente *Figura 190* muestra la dinámica que presentan las tasas anuales de cambio de uso de suelo durante los distintos periodos.

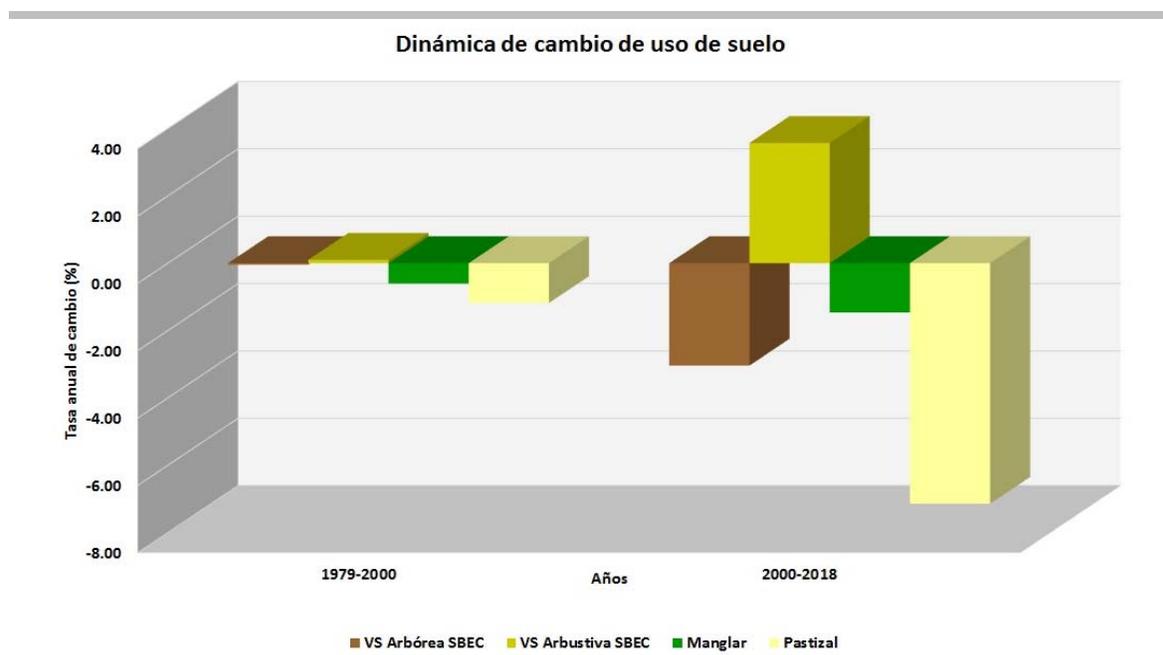


Figura 190. Tasa anual de cambio de uso de suelo en el SAR para los periodos 1979-2000 y 2000-2018.

Por último se tienen los cambios (*Cuadro 157*) que se presentarán a nivel del área del Proyecto, principalmente relacionados con las obras del Proyecto, estos cambios son mínimos y ocurren para la cobertura considerada forestal, principalmente vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia, tal y como se muestra en la *Figura 191*.

Cuadro 157. Superficie del cambio de uso del suelo para el área del Proyecto.

CAMBIO USO DE SUELO	ÁREA HECTÁREAS	PORCENTAJE
Cobertura forestal sin cambios	1116.30	96.51
Deforestación - Impacto	14.05	1.21
Regeneración	26.27	2.27
Zonas deforestadas sin cambios	0.06	0.01
	1156.68	100.00



Figura 191. Cambio de uso de suelo y vegetación para el área del Proyecto.

Fauna silvestre

El resultado del diagrama causa-efecto (anexo diagrama fauna) indica los vínculos existentes considerando para esto las actividades principales de la región. El (anexo tabla de significancia) resume la valoración de los vínculos válidos. De los 36 vínculos identificados, 24 son válidos. El análisis identifica siete actividades en la región (incluido el proyecto) con el potencial de generar efectos y relacionarse entre sí. Los efectos observados se dividen a su vez, en dos niveles: cuatro de primer orden, los cuales pueden ser potencialmente generados por las actividades identificadas y dos de segundo orden, cuya generación está asociada a la combinación de otros efectos y no necesariamente a las actividades entre sí.

Debido a la importancia que toma este impacto para la industria eoloeléctrica se realizó un comparativo en cuanto a características generales de los proyectos eólicos y la atribución de otros desarrollos (fuentes de impacto) en cuanto al riesgo de colisión, derivando en la inferencia de un posible escenario a futuro para el Proyecto.

Análisis comparativo del riesgo de colisión

El presente análisis tiene la finalidad de realizar una comparación de la magnitud y riesgo de colisión de aves y murciélagos generado por el Proyecto Parque Eólico Chicxulub y otras fuentes de colisión como, vías de comunicación, líneas de transmisión eléctrica, edificios, entre las más comunes.

Se ha reconocido que los impactos ecológicos más importantes que generan los parques eólicos son la muerte de aves y murciélagos por colisión contra los aerogeneradores y otras estructuras asociadas (Lekuona 2000).

Existen otros impactos generados durante la construcción de los parques, pero sin duda las colisiones son las que prevalecen en todo el ciclo de los proyectos eólicos. Por lo tanto la muerte de individuos de aves y murciélagos se considera un impacto acumulativo porque estas muertes se adicionan a las ocasionadas por otras fuentes de impacto como lo son carreteras, torres de comunicación, líneas de transmisión eléctrica, edificios, y para el caso de este Proyecto, la interacción futura con otros proyectos similares que se establecerán dentro y cercanos al SAR.

Como primer paso de este análisis se procedió a inventariar el número de infraestructuras que se sabe ocasionan colisiones de aves y murciélagos. En la sección (V) se reportan la infraestructura que actualmente ya está instalada en el SAR y área del Proyecto y algunas son potenciales fuentes de muertes de aves y murciélagos por colisión. Por medio de la búsqueda de información bibliográfica que incluyó la revisión de Manifestaciones de Impacto Ambiental de proyectos relacionados, reportes técnicos, artículos científicos y de divulgación, libros y búsquedas en internet, se manejó identificar algún indicador de colisión que se pudiera contrastar con las condiciones del Proyecto y

poder hacer estimaciones de los impactos que se generarán en esa Central durante su construcción, operación y abandono.

» Resultados

Para la región del SAR se cuenta con información relacionada al establecimiento de cinco parques eólicos, la mayoría de ellos menciona el potencial riesgo de colisión como un impacto acumulativo y en particular citan el caso del Istmo de Tehuantepec, como un claro ejemplo para retomar y que permita identificar medidas relacionadas con la mitigación de impactos derivados con colisiones.

Otro problema que sesga he impide un análisis serio de los efectos negativos de los proyectos eólicos es el acceso a la información. La mayoría de las empresas privadas no aportan información sobre los monitoreos biológicos dentro de sus parques. En diversos foros sobre la industria eólica en México, se ha planteado la necesidad de compartir este tipo de información para hacer una evaluación ambiental estratégica y determinar la capacidad de carga del ecosistema. Desafortunadamente todos estos intentos no han tenido éxito.

Se analizará como caso de estudio un parque eólico instalado en la región del Istmo y a cargo de CFE, utilizando información sobre la interacción de la infraestructura con la fauna voladora, para poder hacer una inferencia sobre la contribución que se espera con la operación del Parque Eólico Chicxulub. Otras infraestructuras fuente de posibles colisiones de aves y murciélagos identificadas en el SAR son: Línea de transmisión, torres anemométricas y vías de comunicación (carreteras). Desafortunadamente no se cuenta con un estudio que haya evaluado el número de muertes de aves y murciélagos producidos por este tipo de infraestructura en la región del SAR.

Caso de estudio Central Eólica “La Venta II”

Desde que comenzó sus operaciones en el 2007 la CELVII ha contado con monitoreo de aves y murciélagos en la fase de post-construcción. Desde entonces se han registrado colisiones de aves y murciélagos que han sido reportados a las autoridades correspondientes. La información se ha generado por medio de la aplicación de protocolos de investigación respaldados por fuertes fundamentos científicos. Gracias a lo anterior, en el 2011 el monitoreo biológico llevado a cabo en esa central fue presentado como un caso de estudio en un libro editado por el Banco Mundial con la finalidad de implementar una política ambiental acorde con las condiciones socioeconómicas de Latinoamérica (Ledec *et al.*, 2011).

Esta referencia bibliográfica es la más adecuada para hacer el análisis del impacto acumulativo de las colisiones debido principalmente a que se tiene una certeza de la calidad de información y las conclusiones a las que se llega en el libro mencionado pueden servir de base para futuros análisis de impactos acumulativos en aquellas regiones con potencial Eólico, incluyendo la del Proyecto

Parque Eólico Chicxulub. Haciendo uso de la información que proporciona Ledec *et al.* (2011) en el Anexo I del libro “Greening the wind” editado por el Banco Mundial, principalmente los resultados más sobresalientes encontrados a través del monitoreo biológico implementado en la CELVII, datos que a continuación se presentan y serán la base para la descripción de este efecto acumulativo (colisiones de aves y murciélagos):

El número de colisiones registradas en el periodo 2007-2008 fue un total de 78 aves y 123 murciélagos. Existe evidencia suficiente para decir que los murciélagos están colisionando más que las aves contra los aerogeneradores instalados en el Istmo de Tehuantepec, y es una tendencia que ha continuado en monitoreos posteriores hasta la actualidad (Villegas-Patracá, com per).

Se estima, sin embargo, que el número de muertes de murciélagos y aves pequeñas es mucho mayor (en un factor de 50) que lo verdaderamente registrado, lo anterior principalmente se debe a: a) Las altas tasas de remoción de cadáveres (Villegas-Patracá *et al.*, 2012) registradas dentro del predio de la CELVII; b) La imposibilidad de los buscadores (eficiencia de búsqueda) de inspeccionar todas las áreas debido al tipo de vegetación y al número insuficiente de buscadores y c) la tendencia de no detectar cadáveres de talla pequeña (murciélagos y aves paseriformes).

Para cadáveres grandes (aves rapaces y acuáticas) el factor de corrección entre lo observado y lo real debe ser mucho menor debido a que los carroñeros suelen comerse los animales en el sitio permitiendo con eso dejar evidencia de la presencia de un ave.

Se tiene evidencia de que en la CELVII se han colisionado individuos de 19 especies de murciélagos y 27 de aves.

En el *Cuadro 158* se presentan datos provenientes de estudios en algunas regiones del mundo sobre muertes de aves y murciélagos producidos por otras estructuras desarrolladas por el hombre. Se puede apreciar que las carreteras y edificios pueden llegar a ocasionar más muertes de colisiones de aves que las reportadas en la CELVII.

Otro aspecto interesante que se encontró es que las aves son más impactadas por otras estructuras diferentes a los aerogeneradores que los murciélagos. Son escasos los reportes, por ejemplo, de muertes de murciélagos por colisión en carreteras o contra edificios.

Cuadro 158. Reportes de colisiones de aves y murciélagos ocasionados por estructuras antropogénicas en algunas regiones del mundo.

FUENTE DE COLISIONES	PAÍS O ECOSISTEMA	GRUPO	NÚM. IND.	PERIODO DE MONITOREO	DATO ANUAL	FUENTE
Carreteras	México	Murciélagos	1	49 días	7.44	Grosselet, M., Villa-Bonilla, B., Ruiz M. G., 2006
		Aves	41		305.4	

FUENTE DE COLISIONES	PAÍS O ECOSISTEMA	GRUPO	NÚM. IND.	PERIODO DE MONITOREO	DATO ANUAL	FUENTE
Carreteras	España	Murciélagos	42	5 meses (1998-1999)		Bafaluy, J. J. 2000
Carreteras	Australia	Murciélagos	11	12 semanas	47.66	Taylor, B.D. and R. L. Goldingay. 2004.
		Aves	139		602.33	
Carreteras	España	Aves	511	6 meses	1022	Ballester P. A., 2008
Edificios	México	Aves	15	94 días	58.24	Cupul-Magaña, F.G. 2003.
Edificios	Colombia	Aves	106	2006-2008	271	Agudelo-álvarez, L. <i>et al.</i> 2010.
Edificios	Manhattan	Aves	318	10 días	100	Gelb, Y. and Delacretaz, N. 2006.
Líneas de Transmisión	España	Aves colisionadas	86	1991-1995	21.5	Anónimo
		Aves electrocutadas	219		54.75	
CELVII	México	Aves	78	2007-2008	78	Ledec <i>et al.</i> , 2011
		Murciélagos	123		123	

Estos datos permiten hacer inferencias sobre lo que podría presentarse dentro del SAR del Proyecto. Podemos inferir que las colisiones se generarían más debido a las vías de comunicación (carreteras) y líneas de transmisión que por los aerogeneradores que se pretenden insertar con el Proyecto, aunado a lo anterior es importante recalcar que la línea de transmisión diseñada para el Parque Eólico Chicxulub cuenta con un trazo que no interfiere en ninguna zona con cuerpos de agua o paso constante de aves (rutas), lo que reduce las posibilidades y el riesgo de presentarse una colisión. Para el caso de los murciélagos, estas muertes deben ser menores. Sin embargo, para realizar una adecuada comparación y análisis del componente ambiental, se ha considerado la información de otras fuentes de información principalmente publicaciones científicas especializadas en el tema de colisiones.

De lo anterior y el artículo publicado por D.Y.C. Leung, Y. Yang “Wind energy development and its environmental impact: A review. 2011. se habla de estudios locales que han demostrado que las aves locales pueden aprender rápidamente para evitar obstáculos, por lo cual las “turbinas eólicas” no resultan un problema grave para las aves, sin embargo, aún son vulnerables a colisionar aunque las muertes resultarían de menor relevancia en comparación con la mortalidad resultado de otras actividades humanas, citando de ejemplo a la deforestación y urbanización.

Además los datos obtenidos durante el monitoreo de un ciclo anual en donde el riesgo de colisión resultado del modelo aplicado arroja que hay un porcentaje muy bajo en cuanto al riesgo de

colisionar de las aves respecto a las alturas de vuelo. Esto minimiza el riesgo de colisión y hace al proyecto contribuyente de manera mínima a la muerte por colisiones.

Otros autores con artículos similares sobre la magnitud del impacto por colisiones, mediante estudios y análisis estadísticos han presentado evidencia respecto al índice de muertes ocasionadas por colisiones, incluidos los Parques Eólicos. R. Saidur *et al.* (2011) resaltan el hecho presentado por la American Wind Energy Association (2009) y calcula que, si tan solo el uso de energía a un 100% en EUA fuera eólica, habría una muerte de aves por cada 250 muertes de aves relacionadas con otras actividades, haciendo referencia a la tasa actual en mortandad de aves expuesta en el Cuadro 159.

Cuadro 159. Causas relacionadas a las actividades humanas.

CAUSAS RELACIONADAS CON HUMANOS	NÚMERO DE AVES MUERTAS POR AÑO (MILLONES)
Gatos	1000
Edificios	100
Cazadores	100
Vehículos	60-80
Torres de comunicación	60-80
Pesticidas	67
Líneas de transmisión	0.01-174
Turbinas eólicas	0.15

Con base a lo anterior se prevé que la contribución del Proyecto Parque Eólico Chicxulub será mínima más para el SAR que en el área del Proyecto debido a la instalación de los aerogeneradores.

Finalmente, en la descripción de los impactos acumulativos identificados para este Proyecto, se corrieron datos para estimar el riesgo de erosión potencial derivado principalmente de la implementación de infraestructura permanente. Es importante mencionar que en el área del proyecto el espesor o capa superficial de suelo es poca y/o escasa, atributo que incrementa la importancia de analizar los impactos a este componente valorado del ecosistema.

Riesgo de erosión

Uno de los modelos de amplia utilización para evaluar la pérdida del suelo en forma de erosión laminar y en surcos ocasionada por escurrimiento, es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y su forma revisada (RUSLE por sus siglas en inglés; Renard *et al.*, 1996).

La gran ventaja de su utilización reside en el rigor con que los cinco factores asociados con la erosión y que componen la ecuación, reproducen las condiciones del medio al interpretar los mecanismos

erosivos por sus causas y efectos (Almorox *et al.*, 1994). El modelo RUSLE no evalúa el riesgo de erosión en canales o en cárcavas o la eólica.

Aplicación del modelo RUSLE

El riesgo de erosión se estimó mediante la interacción de los principales factores que influyen en el proceso de erosión laminar y en surcos, mismos que se integraron en la versión revisada Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Renard *et al.*, 1996):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Donde:

A = Pérdida de suelo promedio anual en [t/ha/año]

R = Factor erosividad de las lluvias en [MJ/ha·mm/hr]

K = Factor erodabilidad del suelo en [t/ha·MJ·ha/mm·hr]

LS = Factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente), adimensional

C = Factor de cobertura vegetal, adimensional

P = Factor de prácticas de conservación (conservación de la estructura del suelo)

» Estimación de los factores de la RUSLE

Los parámetros del modelo RUSLE fueron estimados a partir de información cartográfica y bibliográfica existente para el SAR, es decir, no se realizó trabajo de campo (solamente para la toma de muestras edafológicas) y en caso de no contar con datos de la zona, se utilizaron antecedentes que aparecen en la literatura y en fuentes de información indirecta, como el caso del factor C, descrito más adelante.

El **factor R** representa la capacidad de las gotas de lluvia para disgregar las partículas del suelo de la masa del suelo a través de la energía cinética de la lluvia, misma que está estrechamente relacionada con su intensidad. Este factor se estimó siguiendo lo propuesto por Cortés (1991), para lo cual se calculó la precipitación total anual, la cual fue obtenida de las estaciones meteorológicas cercanas mediante la ayuda del programa ERIC III para un periodo de 30 años. Luego de ello se aplicó la fórmula que Cortés propone para esta región del país y finalmente los resultados fueron interpolados espacialmente a formato raster en ArcMap 10.2 con el método *Inverse Distance Weighted* (IDW) tomando en cuenta la ubicación de cada estación meteorológica.

El **factor K** representa la susceptibilidad de las partículas del suelo a ser disgregadas por la acción de la lluvia y el escurrimiento superficial. La erodabilidad del suelo depende principalmente de su textura, estructura y contenido de materia orgánica. En ausencia de datos sobre estructura, el factor K se estimó a partir de la textura del suelo y materia orgánica tomada de los perfiles de suelo de la Carta Edafológica F16-7 publicada por el INEGI. Por lo tanto, el valor de K se calculó a partir de la textura superficial del suelo considerando el diagrama triangular para la determinación de la textura

de los suelos; en conjunto con los porcentajes de materia orgánica. Posteriormente, los datos fueron interpolados espacialmente con el método IDW.

El **factor LS** representa el gradiente de la pendiente del terreno y su longitud. Fue derivado con el modelo digital de elevaciones del Continuo de Elevaciones Mexicano de INEGI con una resolución espacial de 15 m. Para su estimación se empleó el método propuesto por Moore y Wilson (1992) y Mitsova (1993), que considera la teoría del poder de la corriente del escurrimiento para disgregar las partículas del suelo y su capacidad para transportarlas.

El **factor C** se refiere a la protección que recibe el suelo por parte de la cobertura vegetal. Fue estimado mediante la asignación de valores de protección a los tipos de vegetación existentes en el SAR, los cuales fueron identificados a través de la clasificación supervisada de una imagen de satélite SENTINEL 2-A del año 2018 con una resolución espacial del 10 m. Cabe hacer mención que para representar las condiciones actuales de erosión se consideraron los resultados obtenidos en la clasificación de la imagen SENTINEL, pero para mostrar la erosión temporal que originaría el desmonte de todas las obras se estableció considerar tales áreas como desprovistas de vegetación/sin vegetación aparente. Finalmente se construyó un tercer escenario para el factor C, el cual sería un escenario futuro, en donde las obras permanentes del proyecto se consideraron como uso de suelo urbano.

Por último, el **factor P** representa las prácticas de conservación existentes, orientadas a la conservación del suelo. Debido a que en el área del SAR no existen prácticas de conservación en terrenos agrícolas, este factor no fue incluido en la ecuación, no afectando el resultado de los demás factores.

Dado que no se cuenta con información experimental de tasas de erosión reales en el área, las predicciones obtenidas por la RUSLE en este análisis no fueron validadas, pero muy independientemente de ello, los resultados obtenidos constituyen una gran aproximación a la erosión en el área, y principalmente sirven de base para identificar áreas susceptibles de erosión y para planear acciones de conservación y rehabilitación de suelos.

El riesgo de erosión natural (actual) fue clasificado de acuerdo a la tasa de pérdida de suelo esperada (ton/ha), quedando de la siguiente forma: Riesgo bajo < 0.05 ton/ha/año (99.38% de la superficie del SAR), Riesgo medio $0.051 - 1$ ton/ha/año (0.55% del SAR) y Riesgo alto > 1 ton/ha/año (0.065% del SAR). La sumatoria total de suelo erosionado en todo el SAR es de 965.53 ton/ha/año, y el punto con mayor erosión detectada presenta una pérdida de 20.01 ton/ha/año, dicho sitio se localiza en la porción noreste de SAR, justo a 3.2 km al Norte del predio del Parque Eólico. Cabe hacer mención que los resultados obtenidos muestran valores muy bajos de erosión, ello se debe a que la zona del SAR presenta un relieve llano en donde las pendientes planas impiden la erosión del suelo, además de ello, la erodabilidad del suelo es baja debido a dos razones: el escaso suelo presente en la zona y el alto contenido de materia orgánica que le brinda protección al suelo (*Cuadro 160*).

Cuadro 160. Erosión natural en el SAR (sin obras del parque eólico y su línea de transmisión)

RIESGO DE EROSIÓN	EROSIÓN TOTAL (TON/HA/AÑO)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR(HA)	PROPORCIÓN RESPECTO AL SAR (%)
Bajo	448.64	27940.65	99.337
Medio	342.08	156.65	0.557
Alto	174.81	18.41	0.065
Totales	965.53	28115.71	100.00

Para el escenario de la erosión considerando el desmonte que se realizará para la construcción de las obras los rangos de erosión fueron los que se consideraron para el escenario de la erosión natural. De la misma manera el sitio con mayor erosión del SAR se ubica en el mismo punto. El riesgo bajo de erosión ocupa un 99.35% de la superficie del SAR, el medio un 0.57% y el alto el restante 0.072% (*Cuadro 161*). Este escenario destaca porque eleva ligeramente la erosión que se presentará en el SAR, puesto que para la construcción de la infraestructura se deberán realizar desmontes de vegetación y despalmes, con lo cual el escaso suelo del sitio estará más expuesto al fenómeno de erosión, lo que representa un incremento de 68.36 ton/ha/años adicionales. Destacan algunos sitios con valores medios de erosión en las inmediaciones del parque eólico, por lo general sobre los caminos y subestación eléctrica; así como también sobre el trayecto de la línea de transmisión.

Cuadro 161. Erosión temporal en el SAR (considerando desmonte para la construcción de obras).

RIESGO DE EROSIÓN	EROSIÓN TOTAL (TON/HA/AÑO)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR(HA)	PROPORCIÓN RESPECTO AL SAR (%)
Bajo	448.25	27932.90	99.350
Medio	365.25	162.51	0.578
Alto	220.39	20.30	0.072
Totales	1033.89	28115.71	100.00

Finalmente, para el tercer escenario, en donde la infraestructura del parque eólico y su línea de transmisión ya se encuentran en operaciones se encontró que la erosión disminuye mínimamente (0.5 ton/ha/año) (*Cuadro 162*), este efecto es originado debido a que la infraestructura, al ser una plancha de concreto protege/cubre al suelo y con ello se evita la erosión.

Cuadro 162. Erosión posterior a la instalación de las obras del parque eólico.

RIESGO DE EROSIÓN	EROSIÓN TOTAL (TON/HA/AÑO)	SUPERFICIE RESPECTO AL SAR(HA)	PROPORCIÓN RESPECTO AL SAR (%)
Bajo	448.14	27940.65	99.377
Medio	342.08	156.65	0.557
Alto	174.81	18.41	0.065
Totales	965.03	28115.71	100.00

Todo lo antes expuesto se puede apreciar en la *Figura 192*.

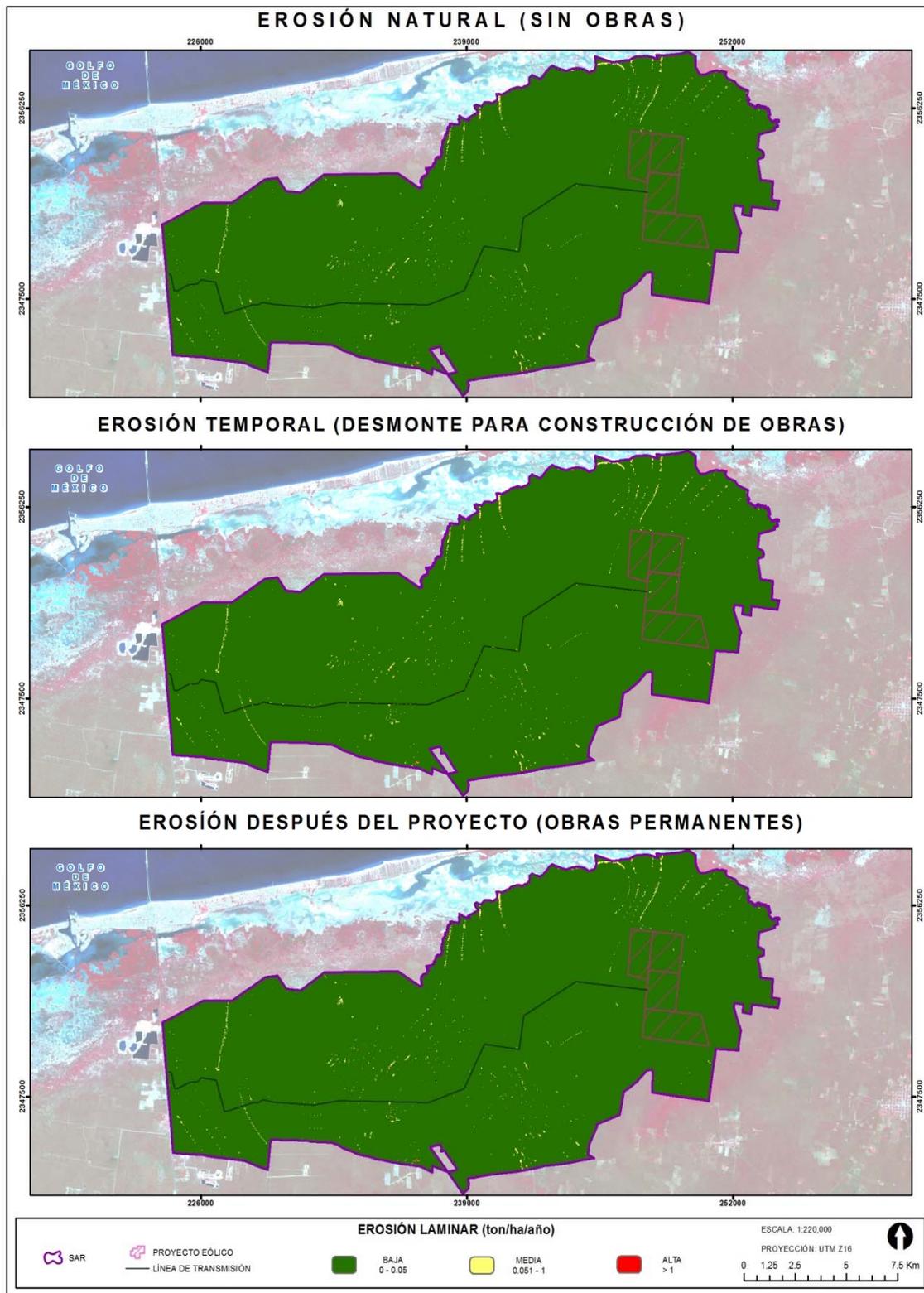


Figura 192. Erosión laminar del SAR del Parque Eólico Chicxulub, bajo distintos escenarios.

V.5 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de la identificación de los impactos y su valoración, se identificaron 187 impactos ambientales, de los cuales 53 (39 moderados y 13 severos) son de naturaleza positiva, mientras que 134 (41 irrelevantes, 92 moderados y 1 severos) son de naturaleza negativa.

Las acciones que tuvieron mayor importancia respecto a los impactos generados fueron: el desmonte, el despalme y la formación de caminos en la etapa de preparación del sitio. Para la etapa de construcción, las cimentaciones, ampliación de la subestación, y excavaciones resultaron con el mayor porcentaje en cuanto al orden de afectación. Finalmente, para la etapa de operación y mantenimiento, el mantenimiento de caminos y de la infraestructura, aunado a la propia operación de los aerogeneradores fueron considerado como las acciones de mayor importancia respecto a los impactos.

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

A nivel del SAR, se determinó que el sistema ambiental ha sufrido el mismo proceso de degradación que la región costera de Mérida. La selva baja espinosa caducifolia era la vegetación original en la región, sin embargo se ha fragmentado debido a las condiciones de aridez, resulta de importancia destacar, que los suelos someros y pedregosos (característicos del bosque tropical caducifolio) no son los mejores para la agricultura a esto se debe el muy bajo uso agrícola; desde el punto de vista económico este tipo de vegetación resulta de escasa importancia pues no tiene un alto potencial de explotación forestal pues el tamaño y forma de sus árboles no presentan características deseables para el comercio.

Lo anterior refuerza los análisis que se incluyeron como parte de los impactos acumulativos, en donde la vegetación y suelo se han visto afectados por actividades fuera del alcance del Proyecto. Para el caso de la fauna silvestre voladora (aves y murciélagos) se consideró el riesgo de colisión, el cual tiene un grado medio de importancia, considerado en un inicio como un impacto adverso moderado adquiere mayor magnitud e intensidad en su naturaleza debido a la adición de otras fuentes de impacto similares que finalmente contribuyen a la acumulación del efecto para las aves y murciélagos de la región.

En el caso de las aves el zopilote negro (*Coragyps atratus*) y el zopilote aura (*Cathartes aura*) fueron las especies que volaron durante más tiempo sobre el área del proyecto. Con base en estos datos

se corrió un modelo para estimar el riesgo de colisiones para estas especies. Se obtuvo que para ambos casos el riesgo de colisión es muy bajo, alrededor de 0.02 colisiones por año.

Para el caso de los murciélagos, el registro del murciélago lomo pelón (*Pteronotus davyi*) y de otros miembros de la familia Mormoopidae como los son *Mormoops megalophylla* y *Pteronitus parnellii* son los que mayor atención y seguimiento deben tener en las siguientes etapas del proyecto ya que son especies que han presentado el mayor número de registros de colisión en parques eólicos de México (Arnett *et al.*, 2016).

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 al 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

Los principios básicos de la evaluación de impacto ambiental sugieren que la mitigación y compensación deben ser consideradas mediante una jerarquía (Figura 193), que consiste en evitar los impactos cuando sea posible, reducir al mínimo los impactos restantes y la compensación de los impactos inevitables (Figura 194). Ya que las medidas de mitigación pueden ser aplicadas en diferentes circunstancias bajo sus diferentes enfoques, méritos relativos y resultados, en el esquema (Figura 2) se presentan los enfoques para la mitigación de impactos a considerar de acuerdo a la naturaleza del proyecto y los aspectos relacionados (Rajvanshi, A.2008).

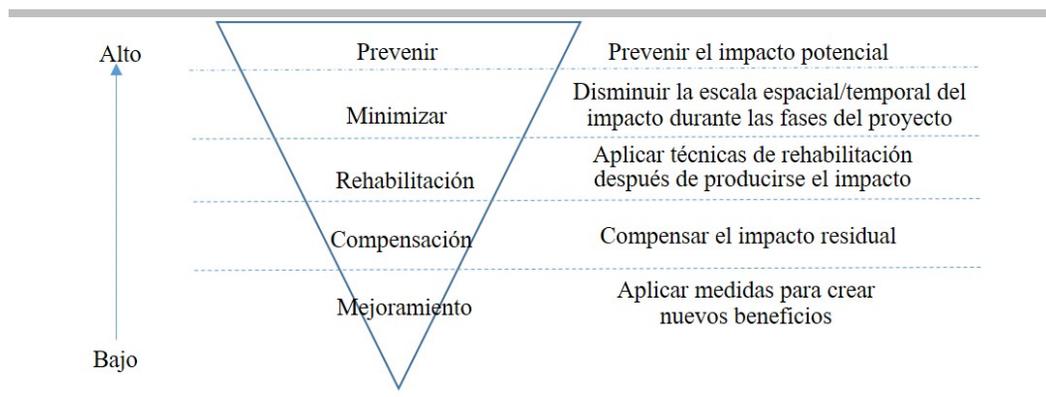


Figura 193. Jerarquía de las medidas de prevención y mitigación.

Algunas de las medidas de prevención y mitigación se considerarán desde las etapas de planeación y diseño, otras, sin embargo, deberán ser aplicadas durante las etapas de preparación, construcción y operación del proyecto, siendo el Promovente responsable de la calidad ambiental del sitio al término de la obra y durante la operación. Ante ello deberá vigilar la correcta instrumentación y aplicación de las medidas de prevención, mitigación, rehabilitación, mejoramiento y compensación propuestas en este apartado para mantener la calidad ambiental existente y minimizar las posibles afectaciones al medio ambiente derivadas de la instalación del proyecto.

En cuanto a la etapa de abandono, se realizarán las medidas pertinentes aquí propuestas, sin embargo, dado que éste procederá 30 años tras el inicio de operaciones del proyecto (con posibilidad de ampliar la vida útil) deberán reajustarse las medidas necesarias para el desmantelamiento de aerogeneradores y demolición de infraestructura.

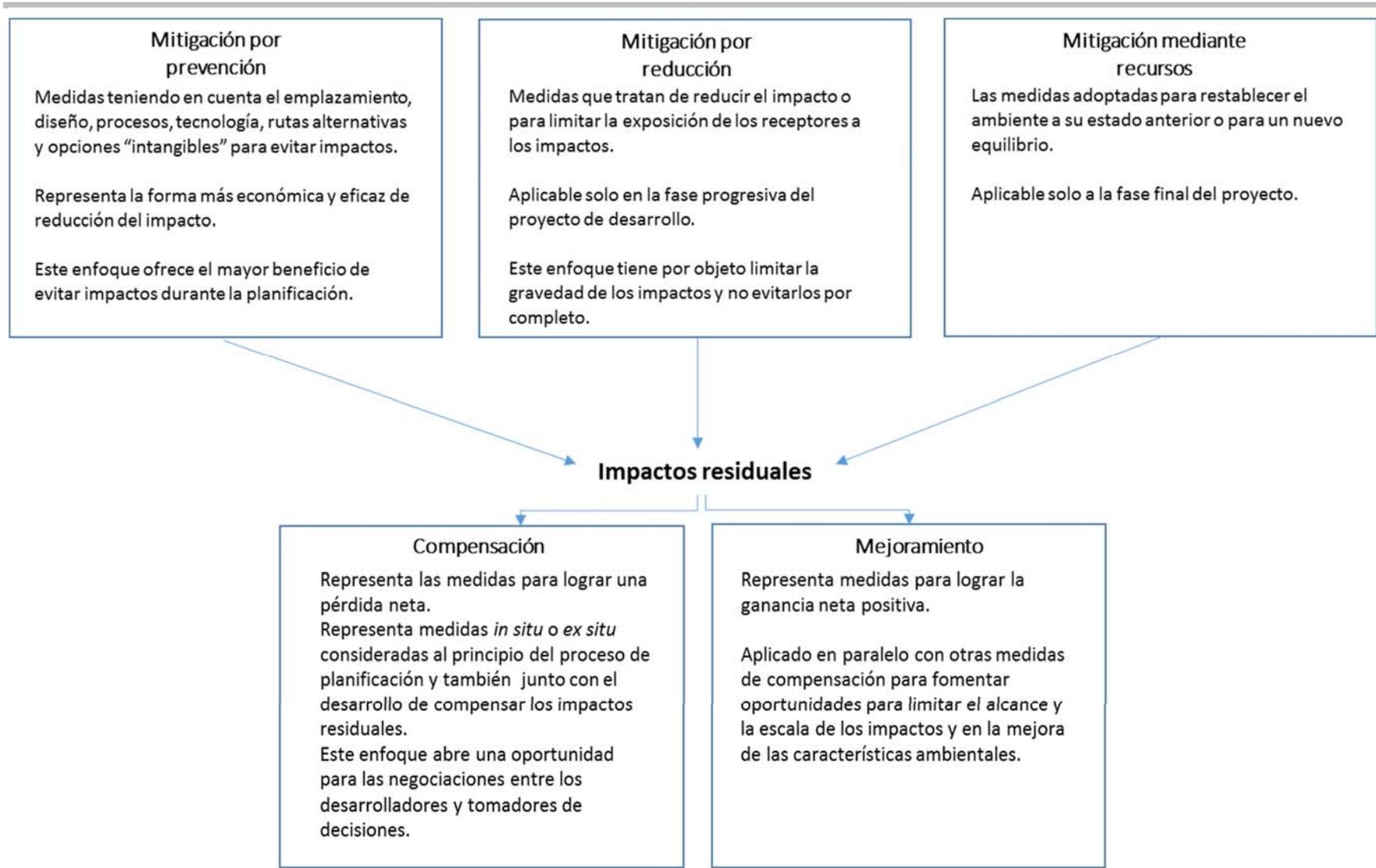


Figura 194. Enfoque para la mitigación de los impactos (Rajvanshi, A.2008).

El diseño de las estrategias para la prevención y mitigación de los impactos ambientales, considera acciones que han sido satisfactorias en proyectos similares, tomando en cuenta aquellas fuentes de impacto dentro del área de influencia del proyecto, que son de observancia debido a la posibilidad de interactuar y generar impactos de tipo acumulativo y/o sinérgicos.

Para lograr el cumplimiento de las medidas que en este capítulo se proponen y mejorar el desempeño ambiental del proyecto, se desarrolló un Programa de Vigilancia Ambiental en donde se identifican las estrategias, programas y medidas, acciones y políticas a seguir para prevenir, reducir, eliminar y/o compensar los efectos adversos de los impactos.

VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE LA MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

A continuación se hace una descripción técnica detallada de las medidas de mitigación propuestas de acuerdo a una línea estratégica la cual considera a cada componente ambiental, además se realizó la descripción a detalle de aquellas medidas enfocadas a la fauna voladora, tomando en cuenta que es uno de los componentes con mayor potencial de ser impactados por el proyecto (*Cuadro 163, Cuadro 164, Cuadro 165, Cuadro 166, Cuadro 167, Cuadro 168, Cuadro 169 y Cuadro 170*).

Cuadro 163. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Atmosfera.

LÍNEA ESTRATÉGICA: MEDIDAS ENFOCADAS A LA PROTECCIÓN DE LA ATMÓSFERA (AIRE)		
Etapa del Proyecto: Preparación del sitio, construcción y operación		
Impacto al que va dirigida la acción	Medidas a implementar	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación
Emisión y dispersión de gases a la atmósfera	<ol style="list-style-type: none"> Cumplir con las verificaciones vehiculares de los automotores (diésel y gasolina) o en su defecto aplicar Elaborar un Programa de Mantenimiento de vehículos y maquinaria, con base en las recomendaciones de o los fabricantes, del cual deberá llevarse una bitácora de registro. El vehículo que ostentosamente emita gases de combustión será retirado del área del proyecto y recibirá el adecuado mantenimiento preventivo y correctivo fuera del sitio de construcción. 	Las medidas sugeridas para la prevención y mitigación de gases principalmente emitidos por los vehículos y maquinarias a emplear durante el desarrollo del proyecto, están enfocadas para una mayor eficiencia de la maquinaria pesada y mediante las siguientes recomendaciones se deberán ejecutar: <ul style="list-style-type: none"> Afinación de motores cada seis meses. Servicio de filtro de aire cada 200 hrs. Cambio de aceite cada 200 hrs. Cambio de filtro de combustible cada 100 hrs. Todos los vehículos deberán contar con la verificación ambiental correspondiente; con el fin de no rebasar los límites máximos permisibles establecidos en las NOM's.
Emisión y dispersión de partículas a la atmósfera.	<ol style="list-style-type: none"> Se recomienda que la superficie a removerse se humedezca con el riego a través de pipas aspersores. Los bancos de materiales terrígenos (arena, tepezil, tierra, etc.) deberán de cubrirse con una lona para evitar su dispersión Los materiales cementantes (cemento, cal, etc.) deberán de almacenarse en una bodega temporal; durante su descarga el personal deberá de portar obligatoriamente mascarilla cubre-bocas. Los camiones que transporten materiales terrígenos, hacia el interior o fuera del área del proyecto, deberán cubrirse con lonas. Moderar la velocidad de desplazamiento de vehículos y maquinaria. 	Estas medidas básicamente generan maneras de prevenir dispersión de partículas a la atmosfera y su ejecución está sujeta a buenas prácticas de manejo, sobre todo en las primeras etapas en donde se realizan movimientos de tierras, desmontes y cimentaciones.
Incremento en los niveles de ruido por uso de vehículos y maquinaria	<ol style="list-style-type: none"> La maquinaria y equipo que se utilice durante la construcción deberán contar con equipos silenciadores para reducir la contaminación generada por ruido en la zona. El personal que se encuentre laborando en actividades que generen ruido excesivo, se les proporcionara protectores auditivos. Las actividades de preparación del sitio deberán efectuarse en un horario adecuado y así evitar las molestias a los habitantes de la zona durante la noche. (si bien la población más cercana está a más de 5km del proyecto). 	Se cumplirá con la normativa de ruido NOM-081-SEMARNAT-1994.

Cuadro 164. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Suelo.

LÍNEA ESTRATÉGICA: MEDIDAS ENFOCADAS A LA PROTECCIÓN DEL COMPONENTE EDAFOLÓGICO (SUELO)		
Etapa del Proyecto: Preparación del sitio, construcción y operación		
Impacto al que va dirigida la acción	Medidas a implementar	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación
Potencial de contaminación a la calidad del suelo por la generación de residuos sólidos y derrames accidentales de contaminantes.	11. Se prohíbe arrojar o depositar cualquier tipo de desecho en el área de estudio, así como en zonas aledañas. 12. Establecer contenedores con tapa, de forma visible y estratégica en los frentes de trabajo para los RSU. 13. Se instalarán letrinas portátiles, éstas, a razón de 1 sanitario para cada 10 trabajadores. 14. Se deberá aplicar un programa de manejo y disposición de residuos sólidos que evite el riesgo de derrames o la dispersión de los residuos por acción del viento o la lluvia a los alrededores. 15. Las grasas, aceites, solventes y cualquier residuo peligroso serán manejado conforme a lo estipulado en la normatividad aplicable (NOM-052-SEMARNAT-2005). 16. El abastecimiento de combustible se deberá realizar en las estaciones de servicio en la región, el mantenimiento de vehículos, los cambios de aceites y lubricantes se deben realizar fuera del predio en talleres autorizados. 17. En caso de emergencia de reparación a la maquinaria empleada en el área de estudio, se establecerá un espacio en donde se proteja el suelo con material impermeable.	La implementación de estas medidas no tiene mayor complejidad técnica que la de supervisar la contratación de los servicios sanitarios, así como ejercer buenas prácticas en la disposición de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, además de establecer el área de mantenimiento a vehículos en zonas libres de vegetación y causas de agua.
Riesgo de erosión en las áreas a intervenir.	18. Se deberá aprovechar el producto resultante del desmonte, así como el suelo rico en materia orgánica removida durante el despalme, de tal manera que sean utilizados para la protección de suelo desnudo. 19. Los trabajos de preparación del sitio deberán ejecutarse de manera progresiva, es decir, por tramos que puedan ser atendidos en función de la velocidad real de la obra. 20. Los materiales obtenidos como producto de las excavaciones y/o movimientos de tierra deberán de ser aprovechados en la misma obra para la nivelación del terreno.	Las medidas diseñadas se proponen bajo del principio precautorio por la eliminación temporal de la cobertura vegetal. La promovente considera trabajos de protección del suelo con materia orgánica o producto del desmonte, además de considerar una rehabilitación de zonas vulnerables o suelo desnudo mediante técnicas como la reforestación.
Riesgo de erosión en las áreas a intervenir.	21. No se deberá crear montículos de materiales terrígenos en la intemperie, ni de manera temporal, en caso de ser necesario debido a su volumen deberá ubicarse en una zona protegida del viento y la lluvia, evitando el arrastre de suelo. 22. Se recomienda que los trabajos de despalme y movimientos de tierra se ejecuten en temporadas fuera de lluvia.	Las medidas diseñadas se proponen bajo del principio precautorio por la eliminación temporal de la cobertura vegetal. La promovente considera trabajos de protección del suelo con materia orgánica o producto del desmonte, además de considerar una rehabilitación de zonas vulnerables o suelo desnudo mediante técnicas como la reforestación.

<p>Riesgo de erosión en las áreas a intervenir.</p>	<p>23. Se deberá aprovechar el producto resultante del desmonte, así como el suelo rico en materia orgánica removida durante el despalme, de tal manera que sean utilizados para la estabilización de taludes o protección de suelo desnudo.</p> <p>24. Los trabajos de preparación del sitio deberán ejecutarse de manera progresiva, es decir, por tramos que puedan ser atendidos en función de la velocidad real de la obra.</p> <p>25. Los materiales obtenidos como producto de las excavaciones y/o movimientos de tierra deberán de ser aprovechados en la misma obra para la nivelación del terreno.</p>	<p>Las medidas diseñadas se proponen bajo del principio precautorio por la eliminación temporal de la cobertura vegetal.</p> <p>La promotora considera trabajos de protección del suelo con materia orgánica o producto del desmonte, además de considerar una rehabilitación de zonas vulnerables o suelo desnudo mediante técnicas como la reforestación.</p>
<p>Modificaciones al relieve por las excavaciones y nivelaciones.</p>	<p>26. Delimitar con cinta barricada los sitios en donde se realizarán excavaciones y movimientos de tierra dentro del área del Proyecto.</p> <p>27. Los taludes creados por las excavaciones deberán estar a la pendiente adecuada para evitar arrastre del suelo.</p> <p>28. Las excavaciones y nivelaciones no deberán impedir el flujo de los escurrimientos hidrológicos a excepción de los escurrimientos que intercepten las obras, para lo cual se aplicarán las medidas 30 y 31.</p>	<p>Las medidas diseñadas se proponen para evitar modificaciones no previstas al relieve, sea evitando excavaciones y nivelaciones fuera del sitio de las obras, así como modificaciones indirectas generadas por el arrastre de los escurrimientos.</p>

Cuadro 165. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Hidrología.

<p>LÍNEA ESTRATÉGICA: MEDIDAS ENFOCADAS A LA PROTECCIÓN DEL COMPONENTE HIDROLOGÍA</p>		
<p>Etapa del Proyecto: Preparación del sitio, construcción y operación</p>		
<p>Impacto al que va dirigida la acción</p>	<p>Medidas a implementar</p>	<p>Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación</p>
<p>Modificación de la escorrentía superficial.</p>	<p>29. Se recomienda impedir el acceso de los escurrimientos pluviales a las áreas de despalme a través de la construcción de canales perimetrales temporales para su desvío, retomando la dirección original de los escurrimientos fuera de los sitios de la obra.</p> <p>30. El arreglo del proyecto contempla cunetas que permiten mantener en lo posible el patrón de drenaje natural; de requerirse se construirán alcantarillas o vados estrictamente para lograr lo anterior.</p>	<p>Para ejecutar de manera adecuada las medidas, se debe apegarse estrictamente en todo momento a los planos de construcción del proyecto, considerando el diseño de cunetas y/o canales para minimizar la afectación al patrón de drenaje natural. Sin embargo, en el área del proyecto no existen flujos hidrológicos superficiales que puedan comprometerse con la obra, por lo que la medida propuesta se utilizara bajo el principio precautorio.</p>
<p>Potencial contaminación a la calidad del agua superficial y subterránea.</p>	<p>31. Se prohíbe arrojar o depositar cualquier tipo de desechos en los cuerpos de agua dentro y aledaños al sitio del proyecto.</p> <p>32. Instalación de letrinas portátiles.</p> <p>33. Las excavaciones deberán realizarse de manera mecánica, no utilizando instrumentos que generen sustancias o residuos peligrosos.</p> <p>34. No se podrá hacer uso de los cuerpos de agua al interior del predio para actividades del proyecto, sin autorización previa.</p>	<p>Las medidas no tienen mayor complejidad técnica que la de supervisar la ejecución de buenas prácticas por parte del personal de obra para el proyecto.</p> <p>Las excavaciones para cimentar los aerogeneradores no rebasarán los 2.5 mts de profundidad, por lo que no se afectará el flujo hidrológico subterráneo.</p>

Disponibilidad de agua.	<p>35. Se atiende siguiendo la medida 35. El mínimo requerimiento de agua deberá provenir del suministro mediante pipas y no hacer uso de los pozos de las localidades cercanas.</p> <p>36. Las cimentaciones tendrán una profundidad de 2.5 m evitando así algún daño al flujo subterráneo.</p>	<p>La medida consiste en aplicar un programa de revegetación en zonas particularmente con suelo desnudo o con bajo porcentaje de vegetación (arbusativa), medida que permitirá, debido a la función de captación y retención de agua que tienen las plantas, una mejor infiltración del agua al subsuelo originando efectos colaterales benéficos como disminuir el riesgo de erosión pluvial y menor anegación del suelo, es decir, menor inundación.</p>
-------------------------	--	--

Cuadro 166. Descripción de las medidas propuestas, para el componente vegetación.

LÍNEA ESTRATÉGICA: MEDIDAS ENFOCADAS A LA PROTECCIÓN DEL COMPONENTE VEGETACIÓN		
Etapas del Proyecto: Preparación del sitio, construcción.		
Impacto al que va dirigida la acción	Medidas a implementar	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación
Intervención de cobertura vegetal. Especies Protegidas.	<p>37. Previo a las actividades de desmonte deberá llevarse a cabo el rescate de flora de aquellos ejemplares susceptibles a trasplantarse y especialmente aquellos bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y que sean endémicas.</p> <p>38. Para las actividades de desmonte y despalme, no se deberán aplicar herbicidas, productos químicos, ni la práctica de quema.</p> <p>39. El desmonte deberá realizarse de forma direccional evitando que el árbol caiga en depresiones o se desplace fuera del sitio.</p> <p>40. El troceo de arbustos y árboles se realizará en el sitio de caída del árbol.</p>	<p>La mayoría de las medidas están encaminadas a disminuir el impacto ocasionado por el desmonte tanto de manera directa como indirecta. La ejecución del programa de rescate y revegetación está enfocado a la restitución de un porcentaje de la vegetación perdida, así como incrementar la abundancia de las especies.</p> <p>Los detalles de los programas se encuentran en el apartado correspondiente al Programa de Vigilancia Ambiental.</p> <p>Las medidas en general para este componente tendrán énfasis en aquellas especies bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010.</p>
	<p>41. Una vez terminada la intervención, se desactivarán las vías de saca cortándolas transversalmente de tal forma de impedir la erosión tratando de favorecer las áreas compactadas.</p> <p>42. Los trabajos de desmonte deberán realizarse exclusivamente dentro de los límites del predio.</p> <p>43. El aprovechamiento de fustes o triturado de vegetación deberá realizarse en el sitio de desmonte, evitando arrastres.</p> <p>44. Los trabajos de remoción de la vegetación deberán realizarse bajo la supervisión de un especialista, que definirá el alineamiento correcto del área a intervenir.</p>	<p>Las medidas consisten en realizar buenas obras de desmonte y manejo de los productos de residuo. Con la supervisión de un especialista se podrá ejecutar adecuadamente lo propuesto.</p> <p>Además la implementación de la cuadrilla al realizar el rescate de individuos, permitirá mantener un control del manejo y disposición de las especies de vegetación con importancia para su conservación y/o aprovechamiento.</p>

	<p>45.El material vegetal como ramas, hojas y corteza, deberán triturarse y ser mezclados con el suelo rico en materia orgánica removido durante el despalme, aprovechándose como sustrato para la revegetación.</p> <p>46.Los productos del despalme no deberán de ser dispuestos en terrenos aledaños ni en vialidades fuera del terreno.</p> <p>47.Permitir el restablecimiento de cobertura vegetal nativa, en las áreas de desmonte temporal.</p> <p>48.Ejecutar acciones de revegetación.</p> <p>49.Queda estrictamente prohibido la extracción para uso comercial u ornamental de las especies presentes en el área del proyecto.</p>	<p>Las medidas consisten en realizar buenas obras de desmonte y manejo de los productos de residuo. Con la supervisión de un especialista se podrá ejecutar adecuadamente lo propuesto.</p> <p>Las acciones de revegetación están encaminadas en asistir aquellas zonas que se restablezcan de las obras provisionales, permitiendo la colocación de individuos provenientes del programa de rescate.</p>
--	--	---

Cuadro 167. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Fauna terrestre.

LÍNEA ESTRATÉGICA: MEDIDAS ENFOCADAS A LA PROTECCIÓN DEL COMPONENTE FAUNA TERRESTRE		
Etapa del Proyecto: Preparación del sitio, construcción		
Impacto al que va dirigida la acción	Medidas a implementar	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación
Pérdida de individuos (cacería y/o atropellamiento). Protección especies NOM.	50. Previo a iniciar las actividades de desmonte y despalme se deberá ejecutar el programa de rescate de fauna silvestre. 51. En las áreas con mayor cobertura vegetal (vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia), en caso de coincidir el desmonte con épocas reproductivas se debe realizar una reubicación de los individuos que pudieran presentarse. 52. En las áreas cubiertas de vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia que serán ocupadas por la infraestructura del proyecto, el desmonte se realizara de manera manual y mecánica, progresiva y de preferencia de las zonas de menor a mayor densidad de vegetación.	La ejecución del programa de rescate estará bajo personal calificado y demostrado documentalmente. De ser necesaria la reubicación de especies se realizará bajo supervisión y personal calificado, en zonas cercanas al Proyecto con las características necesarias para albergar a los individuos de rescate o bien en el sitio que la autoridad competente disponga.
	53. Dentro del área de estudio la velocidad de los vehículos no rebasara los 30 km/h. 54. En caso de atropellamiento accidental de algunos individuos, se deberá reportar inmediatamente al responsable ambiental de la obra. 55. Queda prohibido coleccionar, cazar, capturar, dañar, consumir y comercializar especies de fauna silvestre. 56. En caso de encontrar fauna nativa que se haya quedado rezagada en las áreas de desmonte, deberá ser recuperada y liberada en donde la autoridad ambiental competente lo determine. 57. Programa de monitoreo de felinos a nivel regional.	Estas medidas están enfocadas a buenas prácticas, para lo cual se dará inducción y sensibilización al personal en obra, así como la implementación de señalética, que permitan la correcta aplicación de las medidas correctivas. Para el caso del Programa de monitoreo de felinos, se realizó un monitoreo de cuatro meses dentro del área del Proyecto (Anexo) el cual aportara información al estudio regional derivado del criterio 65 definido en las UGAS IXI05-SEL_C3 y MOT03-SEL_C3.

Cuadro 168. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Fauna voladora.

LÍNEA ESTRATÉGICA: MEDIDAS ENFOCADAS A LA PROTECCIÓN DEL COMPONENTE FAUNA VOLADORA		
Etapa del Proyecto: Construcción y operación		
Impacto al que va dirigida la acción	Medidas a implementar	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación
Pérdida de individuos por colisión de aves y murciélagos.	58. Seguimiento del Programa de monitoreo como medida preventiva, para identificar el comportamiento, alturas y dirección de vuelo, con respecto a las instalaciones del proyecto. 59. Mantenimiento de las torres de observación. 60. Tratar de Instalar torres meteorológicas que prescindan de tensores para su instalación. 61. Pintar las puntas de las aspas de los aerogeneradores al igual que la base troncocónica con el diseño de franjas y colores que permitan ser más visuales para las aves. 62. Conservación del estrato arbóreo fuera de las superficies destinadas a las obras del proyecto, en el transporte de maquinaria y materiales.	Una completa descripción técnica de las medidas diseñadas para mitigar este impacto se proporciona en las secciones VI.1.1, VI.1.2, VI.1.3, VI.1.4, VI.1.11 y VI.1.13 del presente documento.
Pérdida de individuos por colisión de aves y murciélagos.	63. Mantener los alrededores de las bases de los aerogeneradores limpios, así como la plataforma de maniobras. 64. Durante la etapa de operación, cuando se detecte la presencia de carroña, ésta deberá cubrirse con cal o enterrar para evitar que las aves intenten bajar a alimentarse. 65. Ejecutar un programa de vigilancia ambiental, apoyado por métodos que permitan describir patrones espaciales y temporales de colisión (búsqueda de cadáveres). 66. Uso de disuasores para la línea de transmisión.	Una completa descripción técnica de las medidas diseñadas para mitigar este impacto se proporciona en las secciones VI.1.5, VI.1.6, VI.1.7, VI.1.12, VI.1.8, VI.1.9 y VI.1.10 del presente documento.
Hábitat faunístico	Este impacto se atiende con las medidas, 38, 39, 40, 43, 48, 50, 51, 53, 57, 58.	Las medidas están destinadas a la prevención de daños a la vegetación, en este caso se previene el daño al hábitat de ciertas especies que se refugian y/o anidan en los tipos de vegetación reportados en el presente estudio.

Cuadro 169. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Paisaje.

LÍNEA ESTRATÉGICA: MEDIDAS ENFOCADAS AL COMPONENTE PAISAJE		
Etapas del Proyecto: Preparación del sitio, construcción y operación		
Impacto al que va dirigida la acción	Medidas a implementar	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación
Impacto visual	67. Los trabajos de desmonte y despalme deberán ejecutarse de manera gradual, preferiblemente comenzar en las partes del fondo y progresivamente hacia el frente. 68. Al finalizar la etapa de construcción, se realizará una limpieza general de todo el lugar, retirando estructuras, escombros, materiales sobrantes, residuos dispersos, bodegas, maquinaria y equipo. 69. Se deberá ejecutar el proyecto de revegetación de áreas del proyecto.	Mitigar el impacto visual sobre el paisaje producto por la instalación de los aerogeneradores es técnica y económicamente inviable por lo que a este impacto se le considera como un impacto residual. Sin embargo, hay ciertos componentes del proyecto que su impacto si se puede reducir como la construcción de la subestación y el centro de operaciones de la central. Una acción adecuada para esto es la aplicación de acciones de revegetación para minimizar su impacto visual. Lo anterior se atiende con la medida de mitigación 49.

Cuadro 170. Descripción de las medidas propuestas, para el componente Socioeconómico.

LÍNEA ESTRATÉGICA: MEDIDAS ENFOCADAS AL COMPONENTE SOCIOECONÓMICO		
Etapas del Proyecto: Preparación del sitio, construcción y operación		
Impacto al que va dirigida la acción	Medidas a implementar	Descripción de la medida de prevención, mitigación y/o compensación
Generación de empleos	70. Se deberá contratar personal de la región dando preferencia a las poblaciones locales más cercanas al proyecto. 71. La promotora deberá dar prioridad a servicios como la alimentación, hospedaje, recreación dentro de poblaciones de la región.	La promotora deberá establecer mediante información de mano (folletos, carteles, etc). La oferta de los servicios que requiere dentro de las poblaciones cercanas al proyecto. Así mismo dispondrá de la información necesaria en cuanto a servicios necesarios para la mano de obra adyacente al área del proyecto y la región.
Economía local y regional.	Se atiende con las medidas, 70 y 71.	Con la generación de empleo, las personas pueden contar con capital para satisfacer sus necesidades básicas, y con el flujo de capital que se presenta dentro de la comunidad se activa la economía local y regional. Además, la llegada de personal de las empresas que demandan servicios es una forma que también contribuye a la derrama económica local.
Infraestructura y servicios	72. La promotora deberá facilitar el movimiento y acceso en los predios que inserte infraestructura, que permita a los propietarios desplazarse mejor y de manera rápida dentro del área del proyecto.	Por medio de los caminos que serán aprovechados por la promotora y aquellos que se generen, se deben mantener las conexiones existentes y de utilidad para los propietarios, de no ser posible deberán realizarse dichas conexiones y facilitar el desplazamiento.

VI.1.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTA PARA LA AVIFAUNA

Las medidas propuestas, tienen la finalidad de reducir los riesgos de colisión. La USPAE en conjunto con el Promoviente han venido realizando estudios de monitoreo en el área del proyecto, los datos recopilados del monitoreo son el producto de un ciclo anual en donde se prestó atención a las temporadas migratorias y los hábitos de aves como son rutas de vuelo, alturas de vuelo y patrones estacionales de migración.

Las muertes de aves por colisión son una preocupación en general en los parques eólicos. Las causas de colisión no son del todo conocidas, y al parecer, las causas que influyen sobre las aves rapaces son distintas de las que afectan a las aves migratorias.

El comportamiento y el uso del espacio por parte de las aves, así como el diseño de los aerogeneradores, su arreglo espacial y la topografía de la región, están entre los factores que causan las colisiones con los aerogeneradores (Sternner, 2002).

Según Kingsley y Whittam (2001), citando los trabajos de Mossop (1988) y Howell y Noone (1992), mencionan que los aerogeneradores colocados en el paso de importantes corredores de migración han tenido pocas muertes de aves. Los mismos autores subrayan que las aves parecen mostrar comportamiento de evasión si los aerogeneradores son visibles, pero que en algunos casos la neblina o las condiciones meteorológicas pueden afectar la visibilidad y ocasionar colisiones. En este sentido para mitigar los impactos potenciales de colisión de aves ocasionados por proyectos eólicos sobre las aves, se indican algunas medidas:

- Pintar las aspas de las turbinas para hacerlas más visibles a las aves.
- Usar luces estroboscópicas blancas (Gauthreaux y Belser 1999).
- Aerogeneradores de nueva tecnología (ya contemplados en el diseño de este Proyecto).
- Color de las aspas de los aerogeneradores.

Existen varios motivos por los que las aves pueden chocar con los aerogeneradores, uno de los más importantes y obvios es que las aves son incapaces de detectar las torres. Dos hipótesis principales son usadas para explicar esta dificultad en el caso de las rapaces: 1) movimiento borroso o efecto parpadeo (la degradación de visibilidad de objetos en rápido movimiento), y 2) la incapacidad de las aves para dividir su atención entre cazar y monitorear el horizonte para evitar obstáculos (Hodos *et al.*, 2001).

El movimiento borroso es más acentuado cerca de las puntas de las aspas, donde la velocidad es más grande, para reducir el efecto del movimiento borroso se ha optado por pintar diferentes patrones sobre las aspas, y parece que el pintar rayas delgadas negras y rojas es el patrón más visible

para las aves. Hodos y colaboradores (en Kingsley y Whittam, 2001) mencionan que, si tal tratamiento no es posible, entonces lo adecuado es pintar una sola aspa de color negro. Con la aplicación de esta medida y considerando que los modelos de aerogeneradores que se instalarán en el proyecto las aspas giran a velocidades más lentas, lo que ayuda a reducir el riesgo de colisión.

En las especificaciones para el señalamiento visual de los aerogeneradores del proyecto Parque Eólico Chicxulub, se contempla como medida, que se pinte una franja naranja u otro color en las aspas de los aerogeneradores en su extremo más alejado y la torre llevará franjas de color anaranjado (*Figura 195*). No obstante, en la parte baja de los aerogeneradores, desde 0 a 7 m de altura, la torre deberá ser pintada en franjas de 80 cm de ancho, éstas deben ser color rojo u otro intercalado con blanco (puede ser negro-rojo) con el fin de disuadir a las especies de aves a evitar la posible colisión (*Figura 195*) no es necesario que todos los aerogeneradores sean pintados, sólo se recomienda pintar a aquellos que queden dentro de vegetación arbustiva y arbórea.

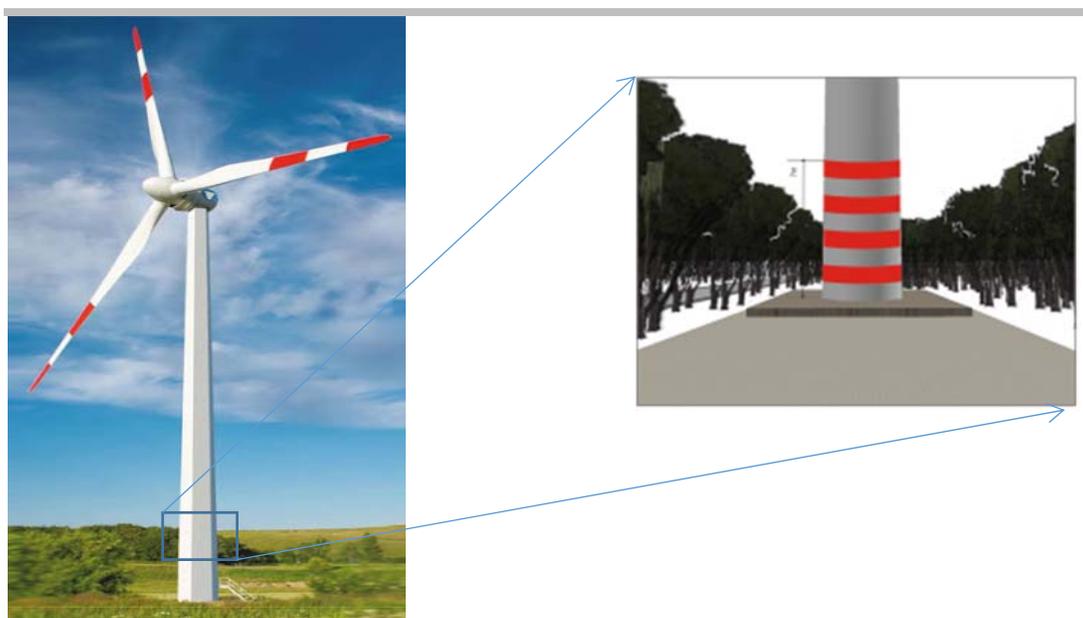


Figura 195. Especificaciones de patrones, para el señalamiento visual.

Torres Meteorológicas

Se tiene evidencia en la literatura especializada de que los tensores que ayudan a sostener a las torres meteorológicas representan un riesgo muy alto para los vertebrados voladores, sin embargo, el impacto que pueda provocar la presencia de los cables ha sido poco evaluado (U.S. Bureau of Reclamation, 1984; Graber, 1968; Avery *et al.*, 1976). Por lo anterior, se recomienda que las torres meteorológicas que se instalen dentro de la central eólica sean de los modelos que ya no utilizan tensores para su instalación (*Figura 196*).



Figura 196. Modelo de torre meteorológica que prescinde de cables para su instalación.

Remoción de Carroña y mantenimiento de áreas.

Un manejo adecuado de la carroña que por diversas razones (atropellamiento, muerte por sequía, entre otras) se presente dentro del predio de la central, evitará que especies carroñeras como zopilotes (*Coragyps atratus*), auras (*Cathartes aura*), Caracaras (*Polyborus plactus*) se vean atraídas al sitio y volar en el área de los aerogeneradores. La remoción inmediata o el cubrimiento de la carroña con tierra ayudarán a evitar colisiones de este grupo de aves.

Es frecuente, que dentro del área de mantenimiento se comience a poblar con especies pioneras de plantas, caracterizadas por su rápido crecimiento. La presencia de este tipo de plantas puede reducir el campo de visión de especies de aves que por su comportamiento se mueven entre hierbas, arbustos o a nivel del suelo y pueden ocasionar muertes por colisión por no detectar a tiempo la presencia de los aerogeneradores. Las aves más propensas a este tipo de colisión son especies que desarrollan sus actividades a nivel del suelo como la codorniz (*Colinus virginianus*) o tortolitas del género *Columbina* spp.

Uso de disuasores de vuelo como medida de mitigación de colisiones de aves

En el presente estudio se identificaron a algunas especies que son susceptibles de colisionar con las líneas de transmisión, particularmente aves acuáticas y rapaces. A continuación se proponen algunos dispositivos de desvío de vuelo cuya efectividad para disminuir la tasa de mortalidad de aves ha sido

probada en otras regiones del mundo (Frost 2008, Hurts 2004, Janss y Ferrer 1998, APLIC 1994), particularmente de aves acuáticas.

Previo a la elección de un dispositivo se deben de considerar algunas de sus características entre las que se incluyen: su efectividad en la disminución de la tasa de mortalidad de las aves, sus costos en el mercado, los costos de su colocación en las líneas de transmisión, su durabilidad, los efectos que puede tener en el diseño de la línea (por ejemplo, al adicionar peso, resistencia al viento), entre otros:

- Desviadores de vuelo de aves (Bird Flight Diverters o BFD, por sus siglas en inglés): dentro de estos se encuentra un diseño llamado Swan Flight Diverter (SFD), que es muy aplicado en Europa y más recientemente en E.U. Es un disuasor que tiene una gran efectividad en la reducción hasta de un 95% en la mortalidad de aves por colisiones (gansos, patos, cormoranes, grullas y afines) (Frost 2008, Hurst 2004). Están hechos de material sólido no corrosivo, resistentes a un alto impacto, la varilla de PVC es resistente a los rayos UV. El material resiste temperaturas desde - 40°C a 70°C. Tiene varios colores desde rojo, verde, azul, entre otros. El diámetro de la varilla varía desde 9.5 a 12.7 mm, su longitud va desde los 508 a los 1168.4 mm, el diámetro de la espiral también es muy variable. Se recomienda instalarlos cada 3-5 m y alternándolos uniformemente a través de todas las fases conductoras (*Figura 197*).



Figura 197. Swan Fligth Diverter colocado en un cable de línea de transmisión en la Reserva de Abbertton, Reino Unido. (Tomado de Frost 2008).

- Espiral Salvapájaros (Avifaune Spiral (AS), por sus siglas en inglés): Es un dispositivo similar al SFD descrito anteriormente. Consiste de una espiral de PVC de 1 m de longitud y con diámetro máximo de 30 cm (*Figura 198*). Se produce en colores blanco, rojo y negro. Se recomienda colocarlos de 7-10 m uno de otro y alternando los colores tanto en los cables de tierra como en los cables conductores (APLIC 1994). Chris van Royeen de Endangered Wildlife Trust (EWT), recomienda colocar los disuasores en ambos cables de tierra y cubrir el 60% de la longitud total del tramo de línea. Los disuasores se colocan justo en la mitad del tramo alternando los colores blanco y negro a 10 m uno de otro (*Figura 199*). La

efectividad de este dispositivo en la reducción de la mortalidad de aves como gansos y grullas indican una reducción de un 81% (Red Eléctrica de España 2005, Janns y Ferrer 1998).



Figura 198. Disuasor de vuelo espiral o Salvapájaros (BFD).

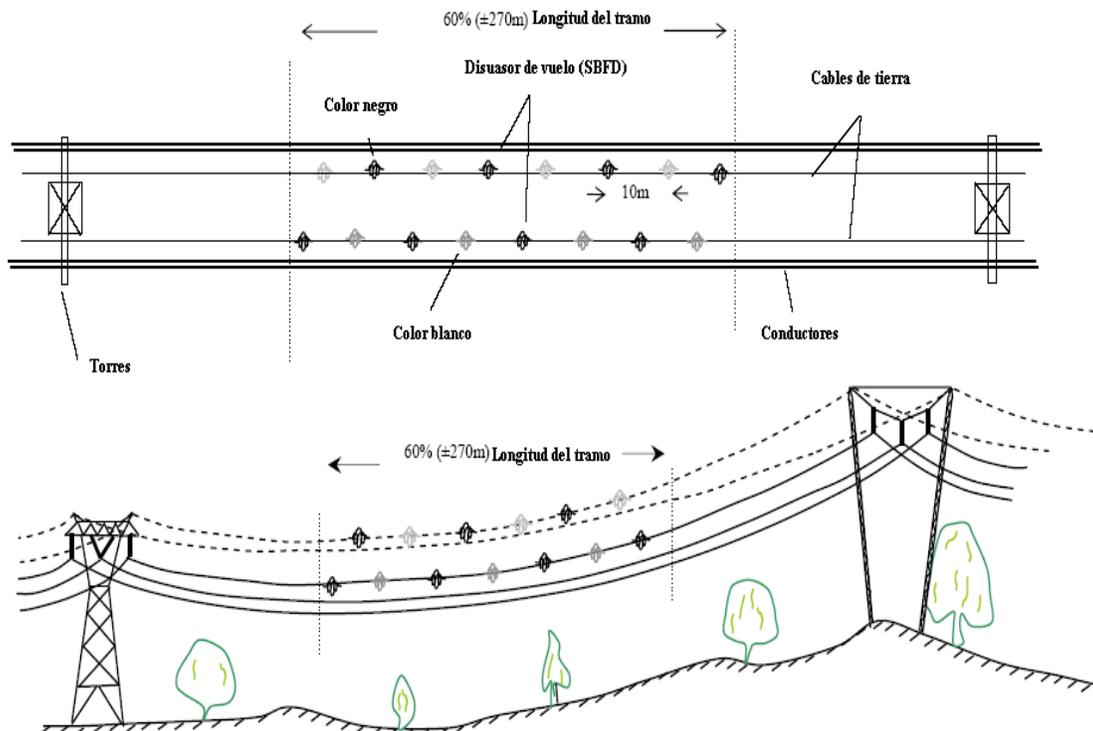


Figura 199. Disuasores de vuelo espiral o espiral salvapájaros (BFD) colocados en los cables de líneas de transmisión. (<http://www.eskom.co.za/content/App4E.pdf>).

Cabe mencionar que en 2007 se concluyó el proyecto de investigación realizado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, que consistió en definir el modelo de 'salvapájaros' más eficaz contra la colisión de aves en tendidos eléctricos (Red Eléctrica de España). Estos indicaron que el modelo más eficaz no es el metálico en forma de espiral, generalizado en España, sino el de aspa vertical fabricado con PVC y tiras catadióptricas (sistema óptico que trabaja por reflexión y refracción) que refractan la luz (*Figura 200*).

El trabajo de campo determinó que el modelo de aspa resultó más eficaz para evitar colisiones de aves, ya que, al refractar la luz alerta mejor de la presencia de los cables, en especial del de tierra, el más peligroso al ser el de menor calibre y estar colocado en lo más alto del tendido. Además, estudios sobre resistencia de materiales, realizados en el parque tecnológico de Zamudio (Vizcaya) y de aerodinámica, en el túnel de viento del Centro Andaluz de Medio Ambiente (CEAMA), en Granada, determinaron que el modelo de aspa también supera al espiral en perdurabilidad y resistencia a la corrosión.



Figura 200. Dispositivo salvapájaros tipo aspa vertical
(http://www.larioja.com/prensa/20070506/sociedad/definen-mejor-modelo-salvapajaros_20070506.html)

- FireFly (BFD): este dispositivo es otro tipo de BFD, que incrementa la visibilidad para aves migratorias e incluso para murciélagos (*Figura 201*). Utiliza colores fluorescentes diseñados específicamente para la visión de las aves. Emite luz en las noches hasta por más de 10 horas y gira con el viento. Su movimiento permite reflejar y emitir la luz para alertar a las aves. Reduce la tasa de muertes de aves por colisión hasta un 61% (Hurst 2004, Yee 2007). Se sujeta a las líneas a través de una pinza o broche, lo cual permite retirarlos con facilidad. Se recomienda instalarlos en intervalos de 5 m cada uno y uniformemente entre las líneas (*Figura 202*).



Figura 201. Disuasores FireFly (BFD). (www.pr-tech.com).

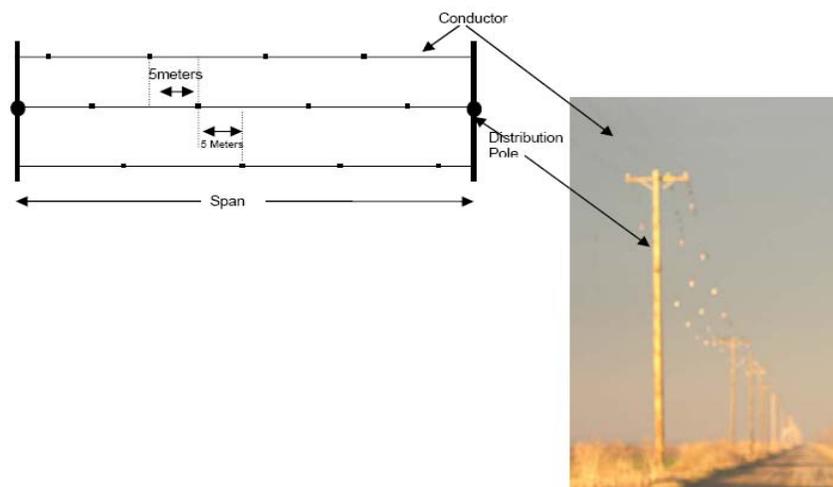


Figura 202. Disuasores FireFly (BFD) instalados en las líneas de transmisión en Isla Staten, California (Tomado de Yee 2007).

VI.1.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN PROPUESTAS PARA MURCIÉLAGOS

Con el objetivo de conocer algunos aspectos como: a) identificar el grupo de especies de murciélagos con más susceptibilidad de colisionar con los aerogeneradores, torres meteorológicas y/o líneas de transmisión; b) la temporalidad de las colisiones para determinar si existen diferencias en las poblaciones de colisión entre especies migratorias y residentes, c) patrones espaciales dentro de las centrales eólicas para identificar medidas adicionales se debe monitorear la actividad de

murciélagos dentro del parque eólico y áreas adyacentes para establecer correlaciones entre las colisiones registradas y su grado de actividad.

Para validar información y crear las bases para obtener indicadores confiables para el análisis de los quirópteros, se recomienda realizar un monitoreo de murciélagos en las fases de pre-construcción (monitoreo anual ya realizado) y en la etapa de operación del proyecto.

Durante la etapa de pre-construcción se busca crear las líneas base que serán monitoreados en la etapa de Operación. Se trata de describir los patrones básicos de la comunidad como: diversidad, abundancia y gremios alimenticios, pero principalmente patrones de altura de vuelo y descripción del uso del hábitat (Morrison y Sinclair 2004). Con esta información base se pueden construir indicadores que tendrán que monitorearse en las etapas de operación que permita detectar cambios en el comportamiento de los murciélagos y de esta manera prevenir cualquier contingencia ambiental.

Las actividades de monitoreo formarán parte del programa de monitoreo de fauna, avifauna y quirópteros en la etapa de Operación.

VI.1.3 PROGRAMA DE MONITOREO DE FAUNA VOLADORA (AVES Y MURCIÉLAGOS)

Para el caso del proyecto Parque Eólico Chicxulub, se debe considerar la continuidad de un programa de monitoreo para definir mejor el comportamiento de las aves migratorias, contando con la participación de los operadores de la Central eólica. Este sistema deberá contemplar un programa de monitoreo durante el periodo crítico de la migración, además se considerará la temporada de lluvias para el monitoreo de las aves acuáticas.

Como apoyo de observación, se recomienda hacer uso de las torres de observación montadas dentro del área del proyecto y mediante las cuales se realizó parte del programa de monitoreo anual.

Conservación del estrato arbóreo fuera de las superficies destinadas a las obras del Proyecto y reforestación.

A partir del establecimiento de parques eólicos se pierden, modifican y fragmentan diversos hábitats, teniendo como consecuencia impactos indirectos sobre los murciélagos, principalmente áreas de forrajeo.

El área donde se pretende establecer el Parque eólico Chicxulub presenta dos principales tipos de vegetación, los cuales, por estructura y composición, siendo la vegetación arbustiva y arborea de selva baja espinosa caducifolia los que representan potenciales hábitats para los murciélagos.

Por otro lado, de los murciélagos registrados, se distinguen dos principales gremios alimenticios: los frugívoros e insectívoros. Estos dos gremios tienen requerimientos ecológicos distintos, relacionados con su comportamiento de vuelo y estructura de la vegetación. Por ejemplo, los frugívoros, generalmente forrajean a nivel del sotobosque (alturas menores a 5 metros; Kunz *et al.*, 2009), convirtiéndolos en un grupo menos vulnerable a la colisión con las palas de los aerogeneradores, aunque no están exceptos de los impactos indirectos.

Por lo anterior, para minimizar los posibles impactos indirectos hacia este grupo, se promueve la conservación del estrato arbóreo (Peste *et al.*, 2015) de la vegetación secundaria de selva baja espinosa caducifolia principalmente, la cual potencialmente está ofreciendo sitios de alimentación. Para realizar esta acción, se mantendrán las áreas arbóreas, principalmente donde se encuentren especies de árboles que posiblemente estén brindando alimento a los murciélagos,

Los murciélagos insectívoros, de acuerdo con su tipo de ecolocación y características alares hacen uso de áreas abiertas o áreas de vegetación cerrada (Schnitzeler y Kalko, 2001). Estas características se presentan en el área de estudio, siendo posible que los sitios de vegetación secundaria de selva baja espinosa caducifolia y pastizales estén siendo utilizados por estas especies. No obstante, otros sitios de importancia para este grupo de murciélagos son los cuerpos de agua, ya que también utilizan estos sitios como áreas de forrajeo (Arita, 1999; Ceballos y Oliva, 2005), y de acuerdo con la descripción del área de influencia, no se presentan cuerpos de agua permanentes.

En cuanto a las medidas de mitigación para la protección de refugios, éstas no son consideradas en el planteamiento ya que en el área del proyecto no se registraron refugios de murciélagos, considerando que utilizan una gran variedad como cavidades en árboles, hojas, grietas, estructuras hechas por humanos (e.g. edificios, puentes) y cuevas (Vargas-Contreras *et al.*, 2012). Por lo tanto, al no encontrar refugios en el área, no se identificaron colonias de murciélagos entendiendo como colonia al grupo de individuos que vive un determinado lugar llamado refugio. Sin embargo, de acuerdo con la literatura, la mayoría de los murciélagos registrados hacen uso de oquedades en árboles, cuevas y estructuras humanas. En las primeras llegan a formar grupos pequeños (<20 individuos), mientras que en cuevas y estructuras se podrían registrar varios grupos mayores a 50 individuos (Ceballos y Oliva, 2005). En consecuencia, la medida de mitigación pertinente se concentrará en la conservación del estrato arbóreo fuera de las superficies destinadas a las obras del proyecto, y así afectar en lo mínimo posible estas áreas de forraje; no obstante, en cuanto a la reforestación como medida compensatoria ante el desmonte, se aplicarán las medidas correspondientes a la revegetación de espacios desprovistos de vegetación y al programa de revegetación.

VI.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Para la mitigación de impactos en la realización del proyecto se realizó el **Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)** del Parque Eólico Chicxulub, que asegurará que las medidas correctivas sean llevadas a cabo de acuerdo con la normatividad ambiental (en este caso, MIA, normas oficiales, reglamentos, política ambiental de la empresa, resoluciones, etc.).

Dentro de este PVA se presentan seis programas inferiores y un estudio:

- Programa de rescate de flora y fauna silvestre
- Seguimiento del Programa de monitoreo de fauna voladora
- Programa de Reforestación
- Programa de Manejo y Restauración de Suelos
- Seguimiento del Programa de monitoreo de Felinos

El objetivo del PVA es establecer un sistema para garantizar el cumplimiento de la medidas preventivas, correctoras y compensatorias, además de las indicaciones emitidas en el resolutivo en materia de impacto ambiental, durante las etapas que componen al Proyecto.

Para el funcionamiento del PVA, será el desarrollo de mecanismos de control los que permitan verificar el cumplimiento en materia ambiental. En este sentido, el PVA, contempla la elaboración de un total de 21 fichas de seguimiento de la calidad ambiental, con un total de 72 medidas de mitigación, según la información descrita en los capítulos V y VI de esta manifestación.

En principio se presentan las fichas, que son elaboradas en función de las actividades que realizará el Promovente y/o la empresa encargada del proyecto; la etapa del proyecto en que se debe llevar a cabo la actividad, frecuencia de realización, la normativa aplicable y la evidencia que se presenta. Contienen información extraída del resumen de impactos y de las medidas de mitigación, así como las acciones a realizar para cumplir con cada una de las medidas de mitigación, así como las acciones a realizar para cumplir con cada una de las medidas propuestas, los indicadores de realización de efectos y los umbrales se presentan a continuación.

IMPACTO POTENCIAL A): EMISIONES Y DISPERSIÓN DE GASES CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA.	
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación

I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Prevención y reducción / Componente: Atmósfera / Duración: Temporal	
M.	<ol style="list-style-type: none"> Cumplir con las verificaciones vehiculares de los automotores (diésel y gasolina) o en su defecto aplicar Elaborar un Programa de Mantenimiento de vehículos y maquinaria, con base en las recomendaciones de o los fabricantes, del cual deberá llevarse una bitácora de registro. El vehículo que ostentosamente emita gases de combustión será retirado del área del proyecto y recibir el adecuado mantenimiento preventivo y correctivo fuera del sitio de construcción.
I.R.	Seguimiento de la aplicación del programa de mantenimiento y cumplimiento de verificación vehicular, con evidencia documental.
I.E.	Cumplimiento del programa de mantenimiento y verificación vehicular.
U.A.	Proximidad a la fecha programada de mantenimiento y/o verificación vehicular para cada unidad
U.I.	Dispuesto en las NOM-041-SEMARNAT-2006, NOM-042-SEMARNAT-2003, NOM-044-SEMARNAT-2006, NOM-045-SEMARNAT-1996 y NOM-050-SEMARNAT-1993.
C.C.	Durante todas las etapas del proyecto: con base en el programa de mantenimiento y verificación vehicular.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.
M.U.A.	Envío a mantenimiento fuera de programa

IMPACTO POTENCIAL B): EMISIÓN DE PARTÍCULAS A LA ATMÓSFERA.	
Etapas: Preparación del sitio, construcción y operación	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Prevención y reducción / Componente: Atmósfera / Duración: Temporal	
M.	<ol style="list-style-type: none"> Se recomienda que la superficie a removerse se humedezca con aspersores. Los bancos de materiales terrígenos (arena, tepezil, tierra, etc.) deberán de cubrirse con una lona para evitar su dispersión

	5. Los materiales cementantes (cemento, cal, etc.) deberán de almacenarse en una bodega temporal; durante su descarga el personal deberá de portar obligatoriamente mascarilla cubrebocas. 6. Los camiones que transporten materiales terrígenos, hacia el interior o fuera del área del proyecto, deberán cubrirse con lonas. 7. Moderar la velocidad de desplazamiento de vehículos y maquinaria.
I.R.	Operadores instruidos respecto al límite de velocidad, señalización colocada y personal utilizando equipo de seguridad.
I.E.	Respeto al límite de velocidad, cumplimiento de la señalización colocada y uso de equipo de seguridad.
U.A.	N.A.
U.I.	Establecido en la NOM-024-SSA1-1993
C.C.	Durante todas las etapas del proyecto: con base en el programa de ejecución de obra.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.
M.U.A.	N.A.

**IMPACTO POTENCIAL C):
INCREMENTO EN LOS NIVELES DE RUIDO POR USO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA PESADA.**

Etapas: Preparación del sitio, construcción y operación

Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.

M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica

Medida: Prevención / Componente: Atmósfera / Duración: Temporal

M.	8. La maquinaria y equipo que se utilice durante la construcción deberán contar con equipos silenciadores para reducir la contaminación generada por ruido en la zona. 9. El personal que se encuentre laborando en actividades que generen ruido excesivo, se les proporcionará protectores auditivos. 10. Las actividades de preparación del sitio deberán efectuarse en un horario adecuado y así evitar las molestias a los habitantes de la zona durante la noche. 11. Cumplir con la normativa de ruido.
I.R.	Operadores instruidos respecto al límite de velocidad y personal utilizando equipo de seguridad

I.E.	Respeto al límite de velocidad y cumplimiento con la NOM-081-SEMARNAT-1994
U.A.	Niveles de ruido en el rango 65 – 68 dB(A).
U.I.	Indicado en las normas, NOM-081-SEMARNAT-1994
C.C.	Durante todas las etapas del proyecto: con base en el programa de ejecución de obra.
P.C.	Sitio del proyecto, áreas pobladas más próximas a las obras.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.
M.U.A.	N.A.

IMPACTO POTENCIAL D): POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN A LA CALIDAD DEL SUELO POR LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y DERRAMES ACCIDENTALES DE CONTAMINANTES.	
Etapas: Preparación del sitio, construcción y operación	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Prevención / Componente: Geología / Duración: Permanente	
M.	12. Se prohíbe arrojar o depositar cualquier tipo de desecho en el área de estudio, así como en zonas aledañas. 13. Establecer contenedores con tapa, de forma visible y estratégica en los frentes de trabajo para los RSU. 14. Se instalarán letrinas portátiles, éstas, a razón de 1 sanitario para cada 10 trabajadores. 15. Se deberá aplicar un programa de manejo y disposición de residuos sólidos que evite el riesgo de derrames o la dispersión de los residuos por acción del viento o la lluvia a los alrededores.
I.R.	Instalaciones de letrinas móviles y adecuadas, por género y número (una letrina móvil por cada 20 personas del mismo género); instalación y disposición de contenedores.
I.E.	Distribución y colocación adecuada de las letrinas en los frentes de trabajo, así como de los contenedores para residuos.
U.A.	Evidencias de contaminación
U.I.	Contaminación inminente, insuficiencia del servicio

C.C.	La aplicación de las medidas tendrá una duración de acuerdo al programa general de trabajo. Sin embargo una vez en la etapa operativa, el programa de residuos seguirá operando en la vida útil del proyecto.
P.C.	Superficie del área de estudio
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.
M.U.A.	Suministro de letrinas y contenedores necesarios y/o aumento de la frecuencia de limpiezas.

IMPACTO POTENCIAL E): POTENCIAL CONTAMINACIÓN DEL SUELO	
Etapas: Preparación del sitio, construcción y operación	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisible	N.A. – No aplica
Medida: Prevención y reducción / Componente: Suelo / Duración: Permanente	
M.	16. Las grasas, aceites, solventes y cualquier residuo peligroso será manejado conforme a lo estipulado en la normatividad aplicable (NOM-052-SEMARNAT-2005). 17. El abastecimiento de combustible se deberá realizar en las estaciones de servicio en la región, el mantenimiento de vehículos, los cambios de aceites y lubricantes se deben realizar fuera del predio en talleres autorizados. 18. En caso de emergencia de reparación a la maquinaria empleada en el área de estudio, se establecerá un espacio en donde se proteja el suelo con material impermeable.
I.R.	Restricciones en áreas de carga de combustible y mantenimiento. Almacenamiento adecuado de combustibles. Manejo y disposición de residuos adecuada. Capacitación del personal de la obra.
I.E.	Destino de áreas específicas para carga de combustible y manejo de residuos.
U.A.	Evidencias de contaminación
U.I.	Contaminación del suelo por derrame accidental de combustible y manejo inadecuado de residuos.
C.C.	Durante todas las etapas del proyecto: con base en el programa de ejecución de obra.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.

M.U.A.	Atención a la contingencia.
---------------	-----------------------------

**IMPACTO POTENCIAL F):
RIESGO DE EROSIÓN EN LAS ÁREAS A INTERVENIR.**

Etapas: Preparación del sitio y construcción

Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.

M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica

Medida: Prevención y reducción / Componente: Suelo / Duración: Temporal

M.	19. Se deberá aprovechar el producto resultante del desmonte, así como el suelo rico en materia orgánica removida durante el despalme, de tal manera que sean utilizados para la estabilización de taludes o protección de suelo desnudo. 20. Los trabajos de preparación del sitio deberán ejecutarse de manera progresiva, es decir, por tramos que puedan ser atendidos en función de la velocidad real de la obra. 21. Los materiales obtenidos como producto de las excavaciones y/o movimientos de tierra deberán de ser aprovechados en la misma obra para la nivelación del terreno.
I.R.	Programa de reforestación
I.E.	Superficie (ha) atendida dentro del área de estudio con acciones para el control mecánico de la erosión del suelo
U.A.	Áreas propensas a erosión sin reforestación
U.I.	Áreas con erosión.
C.C.	Los trabajos de reforestación se consideran posteriores a la etapa de construcción.
P.C.	Superficie (ha) atendida dentro del área de estudio con acciones para el control mecánico de la erosión del suelo.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.
M.U.A.	

**IMPACTO POTENCIAL G):
RIESGO DE EROSIÓN EN LAS ÁREAS A INTERVENIR.**

Etapas: Preparación del sitio y construcción

Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Prevención y reducción / Componente: Suelo / Duración: Permanente	
M.	22. No se deberá crear montículos de materiales terrígenos en la intemperie, ni de manera temporal, en caso de ser necesario debido a su volumen deberá ubicarse en una zona protegida del viento y la lluvia, evitando el arrastre de suelo. 23. Se recomienda que los trabajos de despalme y movimientos de tierra se ejecuten en temporadas fuera de lluvia.
I.R.	Programa de reforestación
I.E.	Superficie (ha) atendida dentro del área de estudio con acciones para el control mecánico de la erosión del suelo
U.A.	Áreas propensas a erosión sin reforestación
U.I.	Áreas con erosión.
C.C.	Los trabajos de reforestación se consideran posteriores a la etapa de construcción.
P.C.	Superficie (ha) atendida dentro del área de estudio con acciones para el control mecánico de la erosión del suelo.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.
M.U.A.	

IMPACTO POTENCIAL H): RIESGO DE EROSIÓN EN LAS ÁREAS A INTERVENIR.	
Etapas: Preparación del sitio y construcción	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado

U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Corrección / Componente: Suelo / Duración: Permanente	
M.	24. Se deberá aprovechar el producto resultante del desmonte, así como el suelo rico en materia orgánica removida durante el despalme, de tal manera que sean utilizados para la estabilización de taludes o protección de suelo desnudo. 25. Los trabajos de preparación del sitio deberán ejecutarse de manera progresiva, es decir, por tramos que puedan ser atendidos en función de la velocidad real de la obra. 26. Los materiales obtenidos como producto de las excavaciones y/o movimientos de tierra deberán de ser aprovechados en la misma obra para la nivelación del terreno.
I.R.	Programa de reforestación
I.E.	Superficie (ha) atendida dentro del área de estudio con acciones para el control mecánico de la erosión del suelo
U.A.	Áreas propensas a erosión sin reforestación
U.I.	Áreas con erosión.
C.C.	Los trabajos de reforestación se consideran posteriores a la etapa de construcción.
P.C.	Superficie (ha) atendida dentro del área de estudio con acciones para el control mecánico de la erosión del suelo.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.
M.U.A.	

IMPACTO POTENCIAL I): MODIFICACIONES AL RELIEVE POR LAS EXCAVACIONES Y NIVELACIONES.	
Etapas: Preparación del sitio y construcción	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Compensación / Componente: Suelo / Duración: Permanente	

M.	27. Delimitar con cinta barricada los sitios en donde se realizarán excavaciones y movimientos de tierra dentro del área de estudio. 28. Los taludes creados por las excavaciones deberán estar a la pendiente adecuada para evitar arrastre del suelo. 29. Las excavaciones y nivelaciones no deberán impedir el flujo de los escurrimientos hidrológicos.
I.R.	
I.E.	
U.A.	
U.I.	Taludes creados por las excavaciones, escurrimientos hidrológicos tapados
C.C.	Durante la etapa de preparación del sitio y construcción
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto
M.U.A.	N.A.

**IMPACTO POTENCIAL J):
MODIFICACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL.**

Etapa: Preparación del sitio, operación y mantenimiento

Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.

M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica

Medida: Compensación / Componente: Suelo / Duración: Permanente

M.	30. Se recomienda impedir el acceso de los escurrimientos pluviales a las áreas de despalme a través de la construcción de canales perimetrales temporales para su desvío. 31. El arreglo del proyecto contempla cunetas que permiten mantener en lo posible el patrón de drenaje natural; de requerirse se construirán alcantarillas o vados estrictamente para lograr lo anterior.
I.R.	Planos topográficos, de hidrología superficial y de construcción del proyecto. Diseño de obra hidráulica.
I.E.	Flujo del drenaje pluvial Patrón de drenaje natural de los escurrimientos

U.A.	Posibles cambios en la dirección natural de los escurrimientos
U.I.	Cambios en la dirección natural de los escurrimientos
C.C.	Durante la etapa de preparación del sitio,
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto
M.U.A.	Construcción de alcantarillas o vados

IMPACTO POTENCIAL K): POTENCIAL CONTAMINACIÓN A LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA.	
Etapa: Preparación del sitio y construcción	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Compensación / Componente: Hidrología / Duración: Permanente	
M.	32. Se prohíbe arrojar o depositar cualquier tipo de desechos en los cuerpos de agua dentro y aledaños al sitio del proyecto. 33. Instalación de letrinas portátiles. 34. Las excavaciones deberán realizarse de manera mecánica, no utilizando instrumentos que generen sustancias o residuos peligrosos. 35. No se podrá hacer uso de los cuerpos de agua al interior del predio para actividades del proyecto, sin autorización previa.
I.R.	Instalación de letrinas portátiles
I.E.	Cuerpos de agua libres de residuos o evidente contaminación Supervisión de las excavaciones
U.A.	No suficientes letrinas
U.I.	Mal funcionamiento de letrinas
C.C.	Durante toda la ejecución de obra.

P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto
M.U.A.	Instalación de letrinas faltantes.

**IMPACTO POTENCIAL L):
DISPONIBILIDAD DE AGUA.**

Etapa: Operación

Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.

M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica

Medida: Compensación / Componente: Hidrología / Duración: Permanente

M.	36. Se atiende con la medida 35. 37. Las cimentaciones tendrán la profundidad de 2.5m para no afectar el flujo hidrológico subterráneo.
I.R.	Llevar a cabo el programa de revegetación
I.E.	Porcentaje de superficie vegetada
U.A.	N.A.
U.I.	No llevarse a cabo el programa de revegetación
C.C.	La aplicación de esta medida será una vez que sea finalizada la etapa de construcción y el periodo de ejecución dependerá del cronograma establecido en el programa
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto
M.U.A.	N.A.

**IMPACTO POTENCIAL M):
INTERVENCIÓN DE COBERTURA VEGETAL**

Etapa: Preparación del sitio y construcción

Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Compensación / Componente: Vegetación / Duración: Permanente	
M.	38. Previo a las actividades de desmonte deberá llevarse a cabo el rescate de flora de aquellos ejemplares susceptibles a trasplantarse, y especialmente aquellos bajo alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y que sean endémicas. 39. Para las actividades de desmonte y despalle, no se deberán aplicar herbicidas, productos químicos, ni la práctica de quema. 40. El desmonte deberá realizarse de forma direccional evitando que el árbol caiga en depresiones o se desplace fuera del sitio. 41. El troceo de arbustos y árboles se realizará en el sitio de caída del árbol.
I.R.	Porcentaje de superficie vegetada. Individuos rescatados y reubicados.
I.E.	Programa de rescate. Programa de revegetación.
U.A.	Fauna y flora en peligro
U.I.	Fauna o flora muerta
C.C.	La ejecución del programa de revegetación dependerá del cronograma establecido para el programa.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto
M.U.A.	N.A.

IMPACTO POTENCIAL N): INTERVENCIÓN DE COBERTURA VEGETAL	
Etapas: Preparación del sitio, construcción y operación	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación

I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: Compensación / Componente: Vegetación / Duración: Permanente	
M.	42. Una vez terminada la intervención, se desactivarán las vías de saca cortándolas transversalmente de tal forma de impedir la erosión tratando de favorecer las áreas compactadas. 43. Los trabajos de desmonte deberán realizarse exclusivamente dentro de los límites del predio. 44. El aprovechamiento de fustes o triturado de vegetación deberá realizarse en el sitio de desmonte, evitando arrastres. 45. Los trabajos de remoción de la vegetación deberán realizarse bajo la supervisión de un especialista, que definirá el alineamiento correcto del área a intervenir.
I.R.	Áreas autorizadas libres del producto de desmonte.
I.E.	
U.A.	Malas obras en desmonte y manejo de los productos de residuo.
U.I.	Rebasar el área de diseño correspondiente a las obras.
C.C.	Durante la etapa de preparación del sitio, con base en el programa de ejecución de obra.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto
M.U.A.	N.A.

IMPACTO POTENCIAL Ñ): INTERVENCIÓN DE COBERTURA VEGETAL	
Etapa: Preparación del sitio y construcción	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alerta	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica

Medida: Compensación / Componente: Vegetación / Duración: Permanente	
M.	46. El material vegetal como ramas, hojas y corteza, deberán triturarse y ser mezclados con el suelo rico en materia orgánica removido durante el despalme, aprovechándose como sustrato para la revegetación. 47. Los productos del despalme no deberán de ser dispuestos en terrenos aledaños ni en vialidades fuera del terreno. 48. Permitir el restablecimiento de cobertura vegetal nativa, en las áreas de desmonte temporal. 49. Ejecutar acciones de revegetación.
I.R.	Levantamiento y clasificación de los árboles a ser derribados
I.E.	Creación de áreas reforestadas indicadas por la autoridad.
U.A.	No permitir el restablecimiento de cobertura vegetal nativa en áreas de desmonte temporal
U.I.	No utilizar el sustrato para revegetación
C.C.	Durante la etapa de preparación del sitio, con base en el programa de ejecución de obra.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto
M.U.A.	N.A.

IMPACTO POTENCIAL O): PÉRDIDA DE INDIVIDUOS (CACERÍA Y/O ATROPELLAMIENTO).	
Etapa: Preparación del sitio y construcción	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	M. – Medida que se empleará
I.R. – Indicador de realización	I.R. – Indicador de realización
I.E. – Indicador de efectos	I.E. – Indicador de efectos
U.A. – Umbral de alerta	U.A. – Umbral de alerta
U.I. – Umbral inadmisibles	U.I. – Umbral inadmisibles
Medida: Control, reducción y Compensación / Componente: Fauna (vertebrados terrestres) / Duración: Temporal	
M.	50. Previo a iniciar las actividades de desmonte y despalme se deberá ejecutar el programa de rescate de fauna silvestre. 51. En las áreas con mayor cobertura vegetal (matorral de dunas), en caso de coincidir el desmonte con épocas reproductivas se debe realizar una reubicación de los individuos que pudieran presentarse.

	52. En las áreas cubiertas de matorral de dunas que serán ocupadas por la infraestructura del proyecto, el desmonte se realizara de manera manual y mecánica, progresiva y de preferencia de las zonas de menor a mayor densidad de vegetación. 53. Dentro del área de estudio la velocidad de los vehículos no rebasara los 30 km/h. 54. En caso de atropellamiento accidental de algunos individuos, se deberá reportar inmediatamente al responsable ambiental de la obra. 55. Queda prohibido coleccionar, cazar, capturar, dañar, consumir y comercializar especies de fauna silvestre. 56. En caso de encontrar fauna nativa que se haya quedado rezagada en las áreas de desmonte, deberá ser recuperada y liberada en donde la autoridad ambiental competente lo determine. 57. Ejecutar el Programa de monitoreo de felinos a nivel área del proyecto y regional.
I.R.	Programa de Vigilancia Ambiental e implementación de un mecanismo de alerta temprana. Aplicación de medidas disuasoras. Programa de rescate y reubicación de fauna.
I.E.	Fauna afectada en la menor medida posible.
U.A.	N.A.
U.I.	N.A.
C.C.	Durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto: con base en el programa de ejecución de obra.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental de la etapa operativa.
M.U.A.	N.A.

IMPACTO POTENCIAL P): PÉRDIDA DE INDIVIDUOS POR COLISIÓN DE AVES Y MURCIÉLAGOS.	
Etapa: Preparación del sitio y construcción	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	M. – Medida que se empleará
I.R. – Indicador de realización	I.R. – Indicador de realización
I.E. – Indicador de efectos	I.E. – Indicador de efectos
U.A. – Umbral de alerta	U.A. – Umbral de alerta
U.I. – Umbral inadmisibile	U.I. – Umbral inadmisibile
Medida: Control, reducción y Compensación / Componente: Fauna (vertebrados terrestres) / Duración: Temporal	
M.	58. Seguimiento del Programa de monitoreo como medida preventiva, para identificar el comportamiento, alturas y dirección de vuelo, con respecto a las instalaciones del proyecto. 59. Mantenimiento de lastorres de observación. 60. Se recomienda instalar torres meteorológicas que prescindan de tensores para su instalación.

	61. Pintar las puntas de las aspas de los aerogeneradores al igual que la base troncocónica con el diseño de franjas y colores que permitan ser más visuales para las aves. 62. Conservación del estrato arbóreo fuera de las superficies destinadas a las obras del proyecto, en el transporte de maquinaria y materiales. 63. Mantener los alrededores de las bases de los aerogeneradores limpios, así como la plataforma de maniobras. 64. Durante la etapa de operación, cuando se detecte la presencia de carroña, esta deberá cubrirse con cal o enterrar para evitar que las aves intenten bajar a alimentarse. 65. Ejecutar un programa de vigilancia ambiental, apoyado por métodos que permitan describir patrones espaciales y temporales de colisión (búsqueda de cadáveres). 66. Uso de disuasores para la línea de transmisión.
I.R.	Programa de monitoreo
I.E.	Fauna afectada en la menor medida posible.
U.A.	N.A.
U.I.	N.A.
C.C.	La aplicación de las medidas tendrá inicio durante la construcción y a lo largo de la construcción del proyecto, por un periodo durante la operación por lo menos durante un ciclo anual y lo que determine la autoridad ambiental.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental de la etapa operativa.
M.U.A.	N.A.

**IMPACTO POTENCIAL Q):
IMPACTO VISUAL (CALIDAD DEL PAISAJE)**

Etapas: Construcción, operación y mantenimiento

Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.

M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alarma	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica

Medida: Reducción / Componente: Paisaje / Duración: Permanente

M.	67. Los trabajos de desmonte y despalme deberán ejecutarse de manera gradual, preferiblemente comenzar en las partes del fondo y progresivamente hacia el frente. 68. Al finalizar la etapa de construcción, se realizará una limpieza general de todo el lugar, retirando estructuras, escombros, materiales sobrantes, residuos dispersos, bodegas, maquinaria y equipo.
-----------	---

	69. Se deberá ejecutar el proyecto de revegetación de áreas del proyecto.
I.R.	Creación de áreas verdes en las instalaciones técnico-administrativas.
I.E.	Reducción del impacto visual del proyecto.
U.A.	N.A.
U.I.	N.A.
C.C.	Durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto: con base en el programa de ejecución de obra.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	Supervisor ambiental en el sitio del proyecto.
M.U.A.	N.A.

**IMPACTO POTENCIAL R):
GENERACIÓN DE EMPLEOS**

Etapas: Preparación del sitio y construcción

Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.

M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alarma	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica

Medida: N. A. (Impacto positivo) / Componente: Socioeconómico / Duración: Temporal

M.	70. Se deberá contratar personal de la región dando preferencia a las poblaciones locales más cercanas al proyecto. 71. La promovente deberá dar prioridad a servicios como la alimentación, hospedaje, recreación dentro de poblaciones de la región.
I.R.	N.A.
I.E.	N.A.
U.A.	N.A.
U.I.	N.A.

C.C.	N.A.
P.C.	Sitio del proyecto.
R.P.E.	N.A.
M.U.A.	N.A.

IMPACTO POTENCIAL S): ECONOMÍA LOCAL Y REGIONAL	
Etapa: Preparación del sitio, construcción y operación	
Abreviaturas a los criterios de evaluación para las medidas de mitigación.	
M. – Medida que se empleará	C.C. – Calendario de comprobación
I.R. – Indicador de realización	P.C. – Punto de comprobación
I.E. – Indicador de efectos	R.P.E. – Requerimientos de personal encargado
U.A. – Umbral de alarma	M.U.A. – Medida urgente de aplicación
U.I. – Umbral inadmisibles	N.A. – No aplica
Medida: N. A. (Impacto positivo) / Componente: Economía / Duración: Temporal	
M.	72. La promotora deberá facilitar el movimiento y acceso en los predios que inserte infraestructura, que permita a los propietarios desplazarse mejor y de manera rápida dentro del área del proyecto.
I.R.	N.A.
I.E.	N.A.
U.A.	N.A.
U.I.	N.A.
C.C.	N.A.
P.C.	Sitio del proyecto
R.P.E.	N.A.
M.U.A.	N.A.

VI.2.1 PROGRAMAS Y ESTUDIO PARA EL PVA

PROGRAMA DE REFORESTACIÓN

Las obras del proyecto generarán la remoción de la vegetación en determinadas zonas, por lo cual se establece una reforestación con el objetivo de compensar dicha pérdida de la cobertura vegetal. Asimismo, se busca el incremento de la vegetación arbórea, la disminución de la erosión y la interconexión entre los parches de vegetación.

PROGRAMA DE RESCATE Y PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA SILVESTRE

En el área del proyecto aún se distribuye un buen porcentaje de vegetación secundaria en los que se desarrollan especies nativas, adaptadas a las condiciones ambientales específicas del sitio. Parte de estos fragmentos serán desmontados, por lo que se implementará el rescate y protección de individuos de flora y fauna silvestre, poniendo especial atención aquellas especies bajo algún criterio de protección.

PROGRAMA DE MONITOREO DE FAUNA VOLADORA

Para establecer las bases de los posibles impactos sobre la fauna voladora ocasionados por la instalación del proyecto, resulta necesario implementar un monitoreo de la misma, en donde se describan sus características biológicas e interacciones ecológicas con el proyecto. Debido a la combinación de variables, los posibles impactos son diversos y en distintos grados, siendo necesaria una evaluación dirigida a las características específicas de cada Proyecto (Drewitt y Langston, 2006). Este programa dio inicio con en la etapa de preconstrucción durante un ciclo anual 2017-2018 y se repetirá durante la etapa de construcción y por lo menos durante un periodo de un ciclo anual en la operación.

PROGRAMA DE MANEJO Y RESTAURACIÓN DE SUELOS

En este programa también se identifican los principales impactos al suelo derivados del establecimiento del proyecto eólico, se evalúa el riesgo de erosión con la construcción de obras del proyecto, se proponen estrategias de conservación o rehabilitación de suelos y se señalan las áreas donde se deben implementar dichas estrategias para disminuir el riesgo de erosión dentro del área del proyecto. Las estrategias y acciones del presente Programa están orientadas a conservar el suelo y evitar la erosión en áreas susceptibles con riesgo de erosión alto.

El Programa incluye los fundamentos técnicos respecto a los procesos de erosión, y provee los objetivos y las principales estrategias para su control en el área del proyecto Parque Eólico Chicxulub. Otros aspectos de degradación de suelos como salinización, pérdida de la estructura y

disminución de la fertilidad no son considerados debido a la naturaleza del proyecto eólico, que no impacta de manera substancial estas formas de degradación del suelo.

VI.3 SEGUIMIENTO, CONTROL Y MONITOREO

Es importante que todas las medidas de mitigación propuestas en el presente capítulo sean ejecutadas en tiempo y forma para cumplir con los requerimientos que la autoridad ambiental establezca por medio del resolutivo correspondiente. Por lo tanto, se recomienda el diseño e implementación de acciones de seguimiento que contengan todas las medidas de control, prevención y mitigación de forma sistematizada y calendarizada, así como el monitoreo de los indicadores ambientales y la aplicación de todas y cada una de las condicionantes y términos establecidos en el resolutivo. Para lograr lo anterior las autoridades ambientales en México pueden requerir a la empresa desarrolladora que se realice uno o varios de los siguientes Programas o Informes:

- Este PVA deberá ser autorizado por la SEMARNAT para su implementación.
- El PVA deberá complementarse con una descripción de las metodologías a seguir para llevar el seguimiento y en su caso, señalar los mecanismos de acción que desarrollará para atender impactos no previstos que pudieran presentarse por la realización de las obras y/o actividades involucradas en las diferentes etapas del proyecto.
- Elaborar Informes Administrativos con la periodicidad que establezca la autoridad ambiental de cumplimiento de las medidas de mitigación en original a la DGIRA con copia a la Delegación Federal de la PROFEPA en el estado de Yucatán, en el cual se demuestre el avance de las gestiones administrativas y legales que se han realizado para el cumplimiento de las medidas de mitigación. Lo anterior es fundamental, pues con el IA, la DGIRA y la PROFEPA tendrán los parámetros, constancias o evidencias, así como indicadores que permitan minimizar y, en su caso, evitar discrecionalidades en la aplicación de las medidas de mitigación, prevención, reducción y/o compensación.
- Elaborar Informes Técnicos Pormenorizados (ITP) con la periodicidad que establezca la autoridad ambiental. Una vez aprobado el PVA, el Promoviente deberá realizar y entregar a la SEMARNAT los ITP, para demostrar que con la aplicación de las medidas propuestas, se mitigaron o previeron los impactos ambientales que pudieran presentarse por la realización del Proyecto. Se deben entregar copias de los ITP a la Delegación Federal de la PROFEPA en el estado de Yucatán. Dichos informes deberán incluir la evidencia gráfica y los argumentos técnicos científicos que el o los ecosistemas presentan, por lo menos las mismas condiciones ambientales con las que fueron evaluados.

El seguimiento del programa se realizará mediante la coordinación entre el asesor de campo y la empresa o institución responsable del programa que se encargará de realizar visitas periódicas al

área del proyecto, para verificar el cumplimiento del Programa. Para llevar a cabo este seguimiento es necesaria la presencia de un asesor de campo residente en el sitio de obra, que realice las siguientes funciones:

Inspección diaria en los diferentes frentes de la obra, a efecto de vigilar el cumplimiento de compromisos en materia ambiental, en las diferentes actividades que se realicen en la preparación del sitio y construcción del proyecto. La inspección se debe centrar, entre otros, en los siguientes aspectos:

1. El seguimiento se deberá realizar con el apoyo de las fichas y los programas derivados del PVA.
2. Revisar la documentación existente en materia ambiental que tenga relación con el Proyecto.
3. El asesor de campo debe contar con amplio conocimiento de los documentos y permisos en materia de medio ambiental.
4. Vigilar el cumplimiento de las medidas de mitigación emitidas en la Manifestación de Impacto Ambiental y términos y condicionantes del Resolutivo.
5. Programar reuniones de carácter ambiental con los contratistas involucrados.
6. Apoyar a los contratistas en la capacitación de sus trabajadores en aspectos relacionados con la protección ambiental.
7. Emisión de opiniones técnicas fundamentadas en la normativa ambiental, leyes, reglamentos, que tengan relación con el Proyecto.
8. Elaboración de un informe mensual de las actividades en materia ambiental, apoyando con evidencias escritas y fotográficas.
9. Estar en comunicación constante con el supervisor de la empresa responsable del Proyecto, e informar de cualquier situación que ponga en riesgo el equilibrio ecológico del lugar.

Uno de los puntos importantes para el funcionamiento adecuado del PVA, es contar con un mecanismo de control que permita la comunicación entre cada uno de los participantes, por lo que se pretende:

- Contar con mecanismos de captura, catalogación, almacenamiento, recuperación y manipulación de insumos documentales referentes a la MIA, leyes ambientales, normatividad, políticas de CFE, necesidades de calidad, entre otras.

- Administrar los elementos de información necesarios para la correcta ejecución de las medidas de mitigación en los elementos ambientales correspondientes.
- Integrar herramientas para la planeación, seguimiento y evaluación de la vigilancia del conjunto de medidas de mitigación ambientales relativas al Proyecto.
- Mantener actualizada la información relativa al Proyecto mediante la elaboración de reportes, informes, anexos fotográficos, formatos de vigilancia, oficios, etc. requeridos durante la supervisión del Proyecto.

Basados en Programas utilizados en centrales eólicas de México, y en otros como los que se aplican en Canadá (CWS 2007) y España (Atienza *et al.*, 2008) se propone que la estructura del programa utilice los componentes básicos que se deben aplicar para recabar información de calidad respecto a las interacciones de aves y murciélagos con el proyecto.

VI.4 INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA FIJACIÓN DE MONTOS PARA FIANZAS

El proyecto contempla una inversión de 2,163,277,000 MXN de los cuales utilizará un aproximado de 5,500,000 MXN para llevar a cabo las medidas de prevención, corrección, mitigación y compensación durante las etapas de preparación del sitio y construcción; mientras que, para la etapa de operación y mantenimiento, de manera anual se destinará un aproximado de \$1,428,000 MXN. No obstante, la fijación de fianzas y montos será atendida en caso de que se estipule en el resolutivo del presente estudio por parte de la DGIRA. Los gastos serán medidos a partir de las medidas propuestas, así como en los programas derivados del PVA.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES REGIONALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Con base en la descripción del sistema ambiental regional profundizada a lo largo del capítulo IV, la identificación y cuantificación de impactos en el capítulo V y las medidas de mitigación propuestas del capítulo VI, en esta sección se realizó un análisis para visualizar 3 pronósticos ambientales posibles en la región que comprende el proyecto eólico Chicxulub. Se elaboran los pronósticos ambientales regionales para el proyecto considerando tres escenarios distintos: un sistema ambiental sin la inclusión del proyecto (aquel en el que se modelan las tendencias de deterioro debidas a los procesos productivos inherentes al sitio); otro del sistema ambiental incluyendo el proyecto sin medidas de mitigación; y finalmente el sistema ambiental incluyendo el proyecto incluyendo las medidas de control y mitigación.

El parque eólico Chicxulub en un proyecto enfocado a la generación de energía renovable en la región sureste del país, concretamente en la Península de Yucatán tendrá una capacidad de carga de 71.40 MW con un total de 20 generadores, de una potencia nominal de 3,57 MW cada uno de ellos y la subestación de transformación elevadora y la línea de transmisión de 115kV, esto se menciona con mayor profundidad en el capítulo II.

VII.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO SIN PROYECTO

El sistema ambiental regional (SAR) donde se insertará el proyecto eólico Chicxulub y su línea de transmisión anexa se encuentran ubicados en los municipios de Motul, Ixil y Progreso en el estado de Yucatán; quedando comprendido entre las coordenadas geográficas extremas 21°16'46" al Norte y 21°12'7" al Sur en Latitud Norte y 89°24'47" al Este y 89°39'20" al Oeste en Longitud Oeste. El sistema ambiental regional cuenta con 9 distintos usos de suelo y vegetación, los cuales son: agrícola, cuerpo de agua, desprovisto de vegetación, manglar, pastizal, sabana, urbano/infraestructura, VS arbórea SBEC y VS arbustiva SBEC (*Figura 203*).

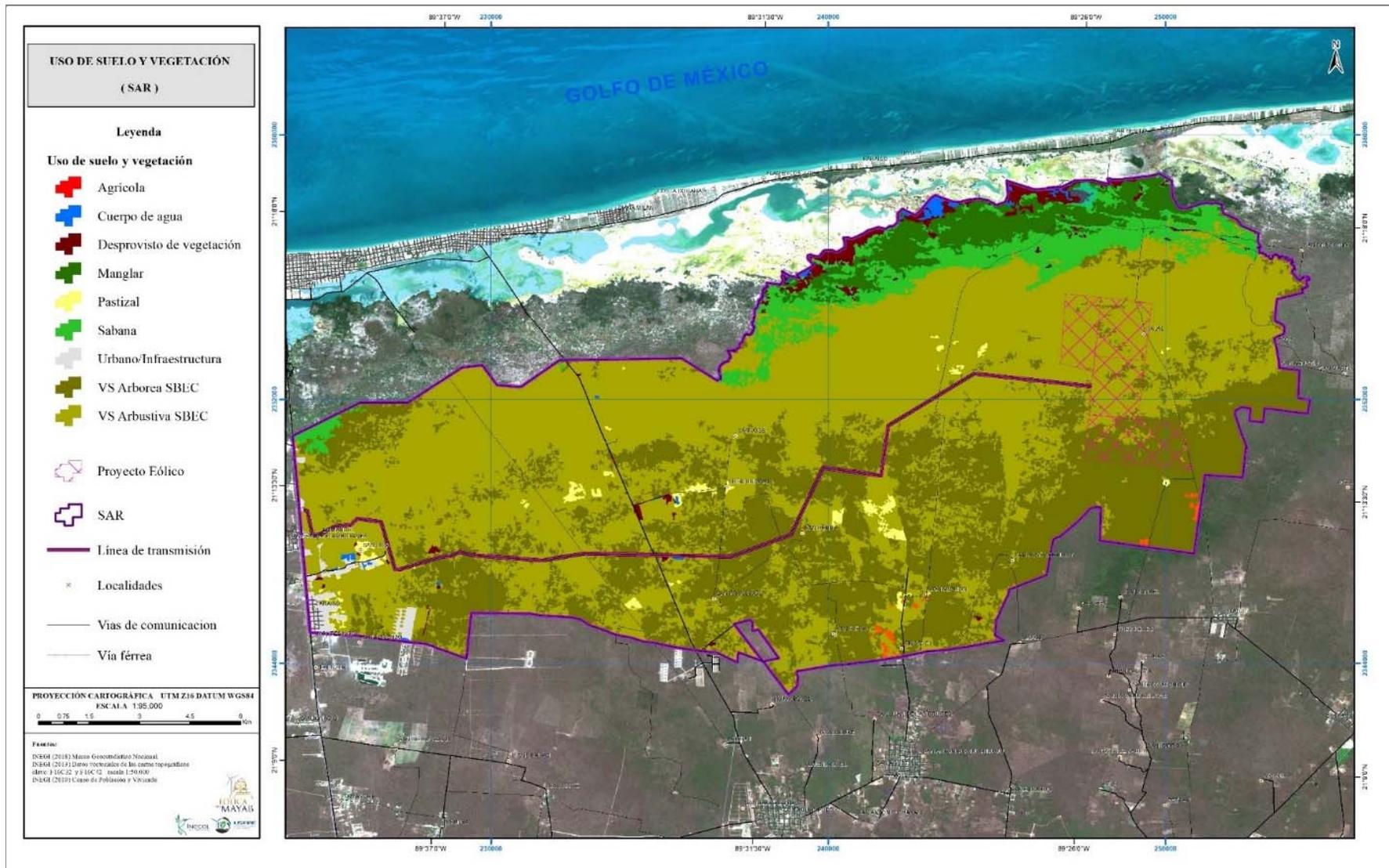


Figura 203. Vegetación y uso del suelo para el SAR.

Resulta importante resaltar, tal como se mencionó en el capítulo IV, que la zona donde se encuentra el proyecto fue impactada en septiembre de 2002 por el huracán Isidoro que llegó a las costas de la península de Yucatán, este dejó en Yucatán un saldo de más de 500 mil damnificados, por lo menos 150 mil viviendas siniestradas, una situación dramática en el campo y el 50% de la infraestructura eléctrica dañada. A la fecha se observan ecosistemas afectados por el paso del huracán, que no han terminado de recuperarse, estos daños fueron especialmente visibles en el manglar ubicado al norte del SAR dentro del área de estudio, cerca de la línea costera pues fue la primera línea de defensa del ecosistema ante las adversidades climáticas. Posteriormente el 21 de octubre del 2005, el huracán Wilma tocó tierra en la península de Yucatán con una categoría 4, con vientos por encima de las 150 millas por hora, dejando a su paso al menos ocho muertos, más de un millón de damnificados y cuantiosos daños en toda la costa del Caribe mexicano, daños en la infraestructura de carreteras, centros de trabajo (Zonas hoteleras), líneas de transmisión eléctrica y de telecomunicaciones.

Ambos eventos meteorológicos tuvieron repercusiones en el uso de suelo debido a la pérdida de cobertura vegetal, sumaron a esto se tiene registro de una serie de incendios en la región desde 2003 a causa de la pérdida de cobertura vegetal (los incendios fueron verificados con imágenes de satélite y la trayectoria del huracán en el servicio meteorológico y notas de prensa e información en campo durante la visita *in situ*).

Para determinar el uso de suelo y vegetación del sistema ambiental regional se analizaron tres escenas de distintas fechas las cuales fueron obtenidas por 3 satélites, el Sentinel 2-A, LANDSAT 5 TM y LANDSAT 2 MSS. A continuación, se presenta un *Cuadro 171* con la relación de imágenes que se usaron para analizar el cambio de uso de suelo.

Cuadro 171. Relación de imágenes utilizadas en el análisis de cambio de uso de suelo.

SATÉLITE	FECHA DE LA ESCENA	IDENTIFICADOR	RESOLUCIÓN ESPACIAL
LANDSAT 2 MSS	15/02/1979	P21 – R45	60 metros
LANDSAT 5 TM	19/03/2000	P20 - R45	30 metros
SENTINEL 2-A	26/03/2018	T16QBJ	10 metros

Se empleó el software ERDAS 2014 para unir las distintas bandas espectrales que conforman a cada una de las imágenes LANDSAT, Y SENTINEL para posteriormente, realizar una corrección atmosférica en el software Geomática 2016, proceso que sirve para eliminar efectos atmosféricos como bruma y algunas nubes que podrían dificultar el análisis y clasificación de la vegetación. Para ello se empleó el algoritmo ATCOR, el cual toma en cuenta un Modelo Digital de Elevación (MDE) para realizar la corrección y dar un resultado más preciso en la imagen de satélite y minimizar las sombras ocasionadas por efecto de los rasgos topográficos, los cuales son mínimos en la zona. La corrección atmosférica requiere de datos auxiliares tales como el tipo de sensor y satélite, la fecha y hora en

que fue tomada la imagen, la elevación y el azimut del Sol, la proyección geográfica y el datum que usa la imagen; así como también la coordenada central de la escena.

Después de haber aplicado todos estos procesos se realizó un corte (subset) para el límite del SAR a las imágenes utilizadas. Dichos cortes se realizaron con la finalidad de excluir zonas que no interesan en el análisis.

CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y LOS TIPOS DE USO DE SUELO ACTUALES

Se comenzó por clasificar la imagen del año más reciente (2018); ello con el fin de conocer el paisaje actual ya que teniendo este conocimiento previo es más sencillo interpretar las imágenes de años anteriores. Por tal motivo fue necesario obtener mediante un GPS la localización geográfica de los distintos tipos de vegetación; para lo cual se emplearon todos los puntos recolectados en los muestreos y transectos que se realizaron en el SAR.

Habiendo verificado el tipo de vegetación en campo se cargaron estos puntos en el software ArcMap 10.2 para visualizarlos en conjunto con la imagen de satélite. Mediante ello se pudieron apreciar visualmente las características de color y textura que muestra la imagen en el sitio que se visitó y en cual se identificó la vegetación.

Tomando en cuenta las observaciones de los recorridos de campo y la interpretación visual de la imagen satelital se procedió a crear más puntos en la computadora (sitios de entrenamiento), para realizar la clasificación supervisada. Se crearon un total de 151 sitios de entrenamiento, combinando entre sí los puntos de campo y los puntos realizados visualmente tomando en cuenta las características de textura y color de la imagen.

Posteriormente en el programa ENVI 4.8 se realizó la clasificación supervisada empleando la combinación de bandas RGB 4-3-2 para la escena del satélite SENTINEL. Se usó el algoritmo de máxima verosimilitud (Maximum Likelihood) y se obtuvieron las firmas espectrales de cada sitio de entrenamiento, las cuales permiten diferenciar los objetos en la superficie (tipos de vegetación) ya que reflejan los distintos patrones de reflectancia característicos para cada uso del suelo y tipo de vegetación.

Finalmente, después de haber generado varias clasificaciones se tomó la que más se asemejaba a la realidad y que no confundía distintos usos de suelo o de vegetación. Inmediatamente de ello se le realizó una minuciosa verificación visual en donde se hicieron correcciones manuales para asegurar que no hubiera zonas que se confundieran con otro tipo de vegetación y si fuera así recodificar o editar la zona que tuviera error. A los resultados se le aplicó un área mínima cartografiable,

excluyendo los polígonos que tuvieran una superficie menor a 5000 m². En el *Cuadro 172* que se muestra a continuación se indica los 9 distintos tipos de uso de suelo y vegetación que se detectaron y se mostraron en el mapa del SAR al inicio de este capítulo:

Cuadro 172. Tipos de vegetación identificados en las imágenes SENTINEL y en los recorridos de campo.

TIPO DE VEGETACIÓN/USO DE SUELO
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia
Manglar
Sabana
Pastizal
Agrícola
Cuerpo de agua
Urbano – Infraestructura
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente

Para obtener la clasificación supervisada algo que también fue de ayuda es el empleo de distintas fuentes de información para comprobar la clasificación, como es el caso de otras clasificaciones de uso de suelo existentes o incluso una sencilla aplicación que vincula al SIG ArcMap 10.2.2 con Google Earth y se puede visualizar la misma zona en ambos programas con fines de validación.

CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO 2000 Y 1979

Para poder realizar la clasificación de uso de suelo de estos años se siguió el mismo método que fue descrito para la clasificación 2018, salvo que aquí se eliminaron los sitios de entrenamiento que se emplearon durante la clasificación del año 2018, puesto que no todos coincidirían en este año. Solamente se emplearon puntos visuales que fueron generados en la computadora. La combinación de las bandas de las imágenes de satélite fue RGB 4-3-2 para LANDSAT 5 TM y 3-2-1 para LANDSAT 2 MSS.

DETECCIÓN DE CAMBIOS Y TASA DE DEFORESTACIÓN

Habiendo obtenido las clasificaciones de uso de suelo de los años 2018, 2000 y 1979 se procedió a realizar un remuestreo del pixel (Resample) para que se pudieran apreciar las obras del parque eólico y su línea de transmisión; por tal motivo se escogió un tamaño de 1 m para que los datos de cada clasificación fueran consistentes. Luego de ello se reclasificaron para cada año los distintos usos de suelo en Arc Map 10.2.2 con la ayuda de la herramienta Reclassify. El procedimiento para reclasificar consiste en agrupar los distintos usos de suelo en dos clases, Cobertura forestal y Zona deforestada, quedando de la siguiente manera (*Cuadro 173*):

Cuadro 173. Nuevas clases y códigos para los distintos usos de suelo.

USO DE SUELO	CLASE	CÓDIGO
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	Cobertura forestal	1
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	Cobertura forestal	1
Manglar	Cobertura forestal	1
Sabana	Cobertura forestal	1
Pastizal	Zona deforestada	2
Agrícola	Zona deforestada	2
Cuerpo de agua	Zona deforestada	2
Urbano – Infraestructura	Zona deforestada	2
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	Zona deforestada	2

Posteriormente se utilizó la herramienta Combine en ArcMap 10.2, la cual permitió combinar las distintas clasificaciones entre sí para obtener como resultado final el análisis de cambios multi-temporales; mismos que permiten conocer que transformaciones ha sufrido el SAR a lo largo de 39 años (1979-2000, 2000-2018 y 1979-2018). De la combinación de códigos de las diferentes capas multi-temporales se obtienen cuatro distintas clasificaciones: Cobertura forestal sin cambios, Zonas deforestadas sin cambios, Deforestación – Impacto y Regeneración (*Cuadro 174*).

Cuadro 174. Interpretación de las combinaciones entre códigos de distintas fechas de uso de suelo para obtener los cambios de uso del suelo.

CÓDIGO AÑO MÁS ANTIGUO	CÓDIGO AÑO MÁS RECIENTE	INTERPRETACIÓN
1	1	Cobertura forestal sin cambios
1	2	Deforestación – Impacto
2	2	Zonas deforestadas sin cambios
2	1	Regeneración

Por otra parte, después de haber obtenido las superficies de cada uso de suelo se calculó la tasa de cambio de uso del suelo y vegetación, misma que se estimó con la ecuación propuesta por Palacio-Prieto *et al.*, 2004; la cual es:

$$\delta n = (S2/S1)1/n - 1$$

Donde:

δn = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)
 $S1$ = superficie forestal, al inicio del periodo
 $S2$ = superficie forestal, al final del periodo
 $1/n$ = número de años del periodo analizado

CAMBIO DE USO DE SUELO

A continuación, se presenta el *Cuadro 175* en donde se muestran las superficies de cada tipo de uso de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000, 2018 y 2018 con las respectivas remociones de cobertura.

Cuadro 175. Superficies en hectáreas y en porcentaje para distintos usos de suelo en el SAR del Parque Eólico Chicxulub para los años 1979, 2000, 2018 y 2018 con las respectivas remociones del proyecto.

AÑOS USO DE SUELO	1979 (%)	2000 (%)	2018 (%)	2018 CON REMOCIONES (%)
Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Baja Espinosa Caducifolia	15859.29 (56.41)	15717.43 (55.90)	9013.34 (32.06)	8993.00 (31.99)
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Espinosa Caducifolia	8111.92 (28.85)	8280.90 (29.45)	15565.04 (55.36)	15513.61 (55.18)
Manglar	1541.74 (5.48)	1356.91 (4.83)	1040.45 (3.70)	1040.45 (3.70)
Sabana	1499.90 (5.33)	1520.77 (5.41)	1560.01 (5.55)	1560.01 (5.55)
Pastizal	1085.81 (3.83)	845.48 (3.01)	222.67 (0.79)	222.67 (0.79)
Agrícola	0.00 (0.00)	218.27 (0.78)	48.28 (0.17)	48.28 (0.17)
Cuerpo de agua	0.01 (0.00)	30.78 (0.11)	91.57 (0.33)	91.57 (0.33)
Urbano-Infraestructura	0.00 (0.00)	19.15 (0.07)	214.02 (0.76)	286.06 (1.02)
Desprovisto de vegetación/Sin vegetación aparente	17.04 (0.06)	126.03 (0.45)	360.33 (1.28)	360.06 (1.28)

Para facilitar el análisis y la comprensión de la información obtenida se construyó una gráfica la cual muestra las variaciones existentes en el uso de suelo dentro del área del proyecto, en un periodo que comprende desde el año 1979 hasta el 2018, ver *Figura 204*.

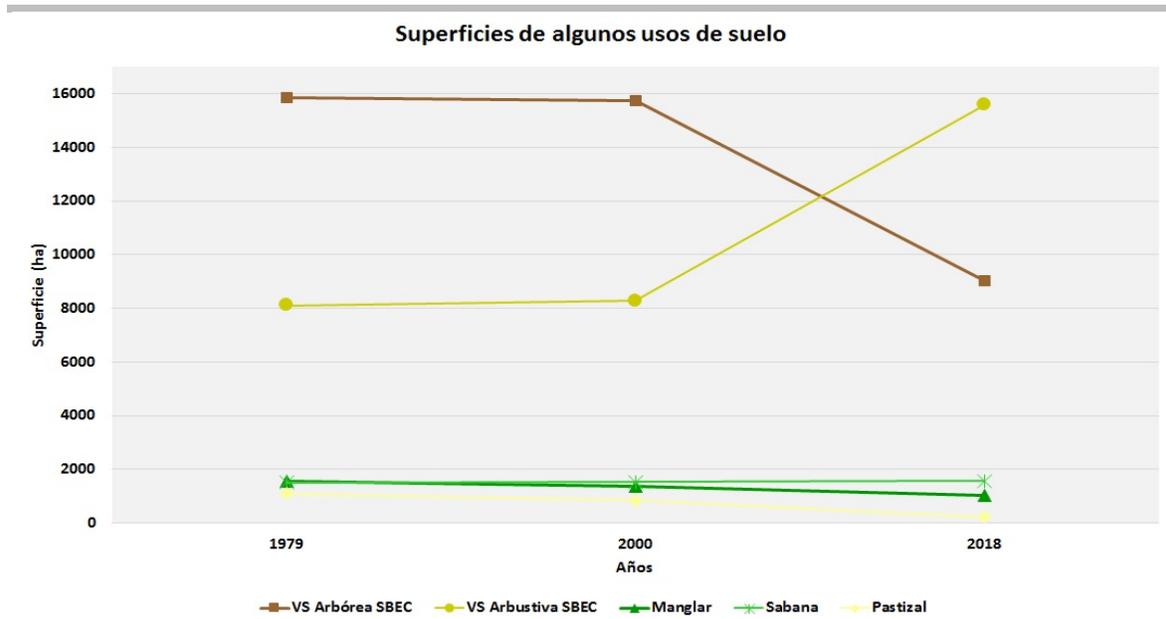


Figura 204. Distribución de cinco usos de suelo en el SAR, para los años 1979, 2000 y 2018.

En la gráfica anterior es más sencillo observar el cambio de uso de suelo en las superficies, especialmente la vegetación arbórea que después del año 2000 decae de manera abrupta, caso contrario con la vegetación arbustiva que comienza a ganar superficie a partir del mismo año, el cambio drástico se debió a los fenómenos explicados al principio, así como a la incidencia de incendios en la región durante el 2003.

A continuación (*Figura 205*), se establece la proyección del cambio de uso de suelo de acuerdo con las tendencias en un periodo comprendido del año 2019 al año 2053.

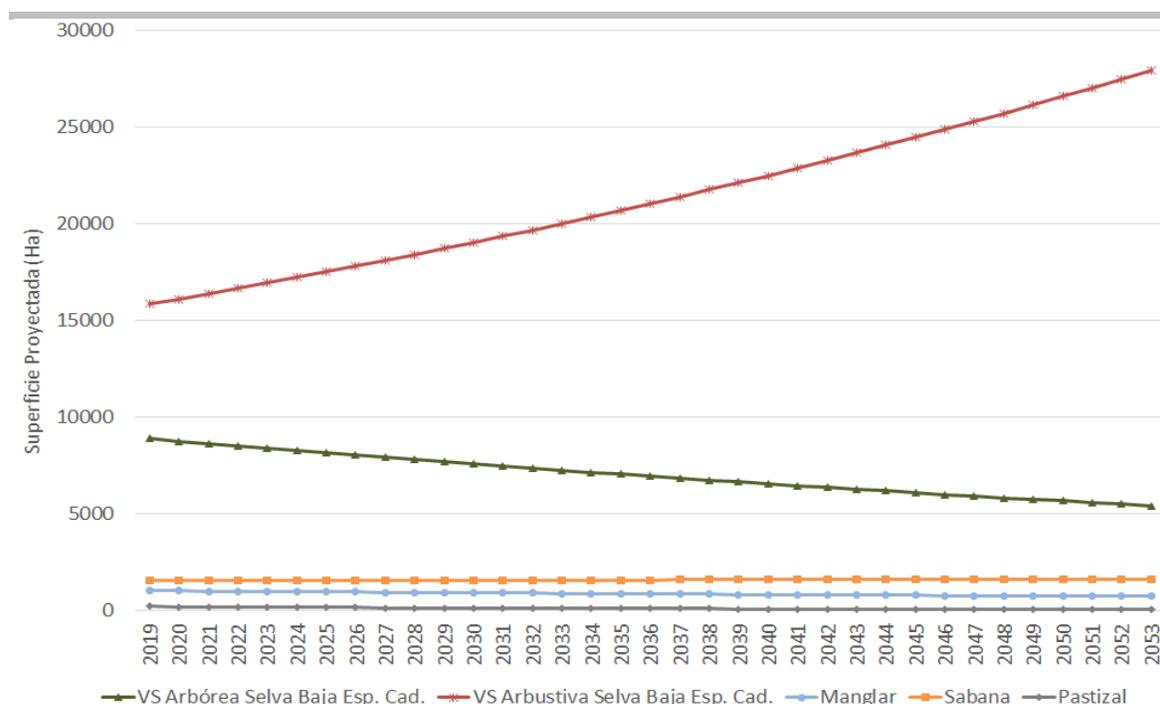


Figura 205. Proyección de las tendencias actuales de cambio hipotético de uso de suelo en superficie (ha) a 34 años en el Área de Influencia sin la introducción del proyecto.

VII. 2 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CON PROYECTO

La construcción de este escenario se realizó tomando como base las tendencias de cambio del escenario sin proyecto y sobreponiendo los impactos ambientales relevantes que generará el proyecto en el sistema ambiental.

Existen tendencias de deterioro que se presentan en el SAR en que se delimita el proyecto eólico Chicxulub, las tendencias de deterioro o desarrollo en el área de influencia se trazan a partir de la línea base o punto de partida con las predicciones, considerando la introducción del proyecto en la región de estudio. A partir del análisis que aquí se presenta, se puede considerar que el desarrollo del proyecto no tendrá mayores afectaciones o consecuencias en la tendencia actual del cambio de uso de suelo del área de influencia, según lo determina el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero de Yucatán, vigente desde 2014.

Según los datos analizados con el apoyo de los sistemas de información geográfica, las unidades ambientales naturales con mayor cobertura del área de influencia son la Vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia (VSAB SBEC) (55.36%), vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia (VSA SBEC) (32.06%) y la sábana con (5%). Dichos porcentajes se

mantendrán sin alteraciones importantes o cambios de proporciones mayores por la inserción del proyecto.

En el caso específico de este estudio y de acuerdo con el análisis de impactos, se ha detectado que el desmonte será la acción que tendrá el mayor impacto relativo sobre el uso de suelo y tipo de vegetación, seguido por la presencia temporal de personal y por último el uso de maquinaria y vehículos. De acuerdo a las condiciones ambientales del área de influencia, es posible afirmar que la inserción de la obra en la matriz paisajística provocará cambios poco relevantes, ya que las unidades ambientales que se encuentran en el área de influencia poseen características de alta resistencia al cambio, además de que el porcentaje de superficie que ocuparán las obras es mínimo, por lo que el efecto del desmonte solo se observa en el primer año de la proyección de las tendencias de cambio de unidades ambientales, durante la preparación del sitio y construcción del Proyecto.

No obstante, existe la posibilidad de que, con la introducción y mejoramiento de caminos interiores en el área de influencia, el aprovechamiento forestal (maderable y no maderable) y la cacería se vean favorecidas si bien también se espera un cumplimiento más serio de la prohibición de la cacería ilegal en el área del proyecto. Con la introducción del proyecto eólico Chicxulub inicialmente se modificará el uso de suelo por la presencia de los aerogeneradores, caminos, etc., modificando de forma casi imperceptible la tendencia de cambios de uso de suelo.

Para mostrar las afectaciones que se realizará a la vegetación del predio se generó una copia de la clasificación del satélite SENTINEL 2A 2018, en donde se le unieron todas las obras que removerán o alteraran la vegetación (caminos, cunetas, cimentaciones, subestación eléctrica, etc.); ello con la finalidad de tener una “nueva” clasificación de uso de suelo y vegetación que muestre que las obras del predio ya están construidas (2018 con remociones).

En la siguiente *Figura 206* se muestra el mapa generado con la información antes mencionada.

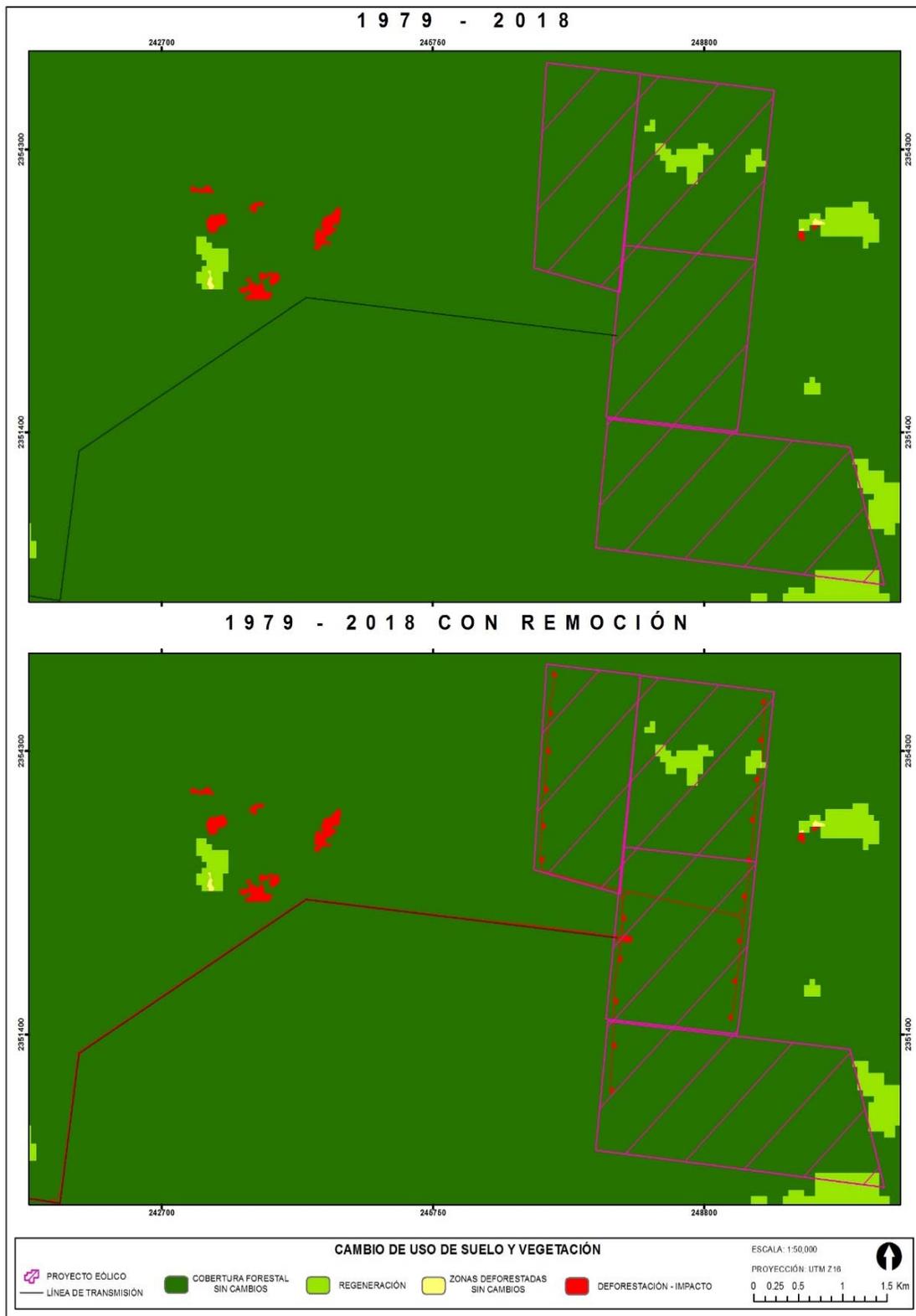


Figura 206. Mapa de cambio de uso de suelo y vegetación para el área del proyecto.

Paisajísticamente, la introducción del Proyecto tendrá un impacto visual. El impacto visual es un concepto subjetivo y, particularmente en el caso de centrales eólicas, es posible encontrar opiniones a favor y en contra de la presencia de aerogeneradores en distintas partes del mundo. En México de manera general existe una opinión positiva, sobre todo porque representa una fuente de energía renovable que ayuda a disminuir la emisión de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero, por los múltiples acuerdos internacionales firmados (Acuerdos de París, Contribuciones Nacionalmente Determinadas, Reforma Energética y la Ley General de Cambio Climático) la creciente preocupación del ciudadano común por la conservación del medio ambiente y el uso de energías limpias, así como por la entrada de ingresos que supone para las comunidades aledañas a los proyectos.

Es importante mencionar en el aspecto paisajístico (naturalmente caracterizado por elementos horizontales) la aparición de elementos verticales (aerogeneradores) rompe con el esquema armónico visual, destacando también que a pesar de eso, en muchos sitios alrededor del mundo se ve a las centrales eólicas como símbolo de una fuente limpia de energía y de sustentabilidad, la opinión no puede generalizarse y depende de la población que habite las inmediaciones del área de influencia, pues se trata de un aspecto subjetivo, también es posible verlos como una adición no deseada al paisaje.

La presencia de los aerogeneradores del Proyecto en conjunto con fuertes vientos potencialmente puede provocar colisiones que conlleven a la muerte de aves migratorias en primavera y otoño, siendo para las aves migratorias la temporada de otoño la de mayor riesgo de colisión. Los fuertes vientos en el SAR y el área de influencia pueden incrementar el riesgo de colisión de las aves y murciélagos con los aerogeneradores al hacer que aquellos vuelen más bajo, provocando que no controlen el vuelo ni la dirección del mismo.

En la *Figura 207*, presentada a continuación, se muestra la proyección de las tendencias actuales de cambio hipotético de unidades ambientales en superficie (ha) a 35 años en el SAR.

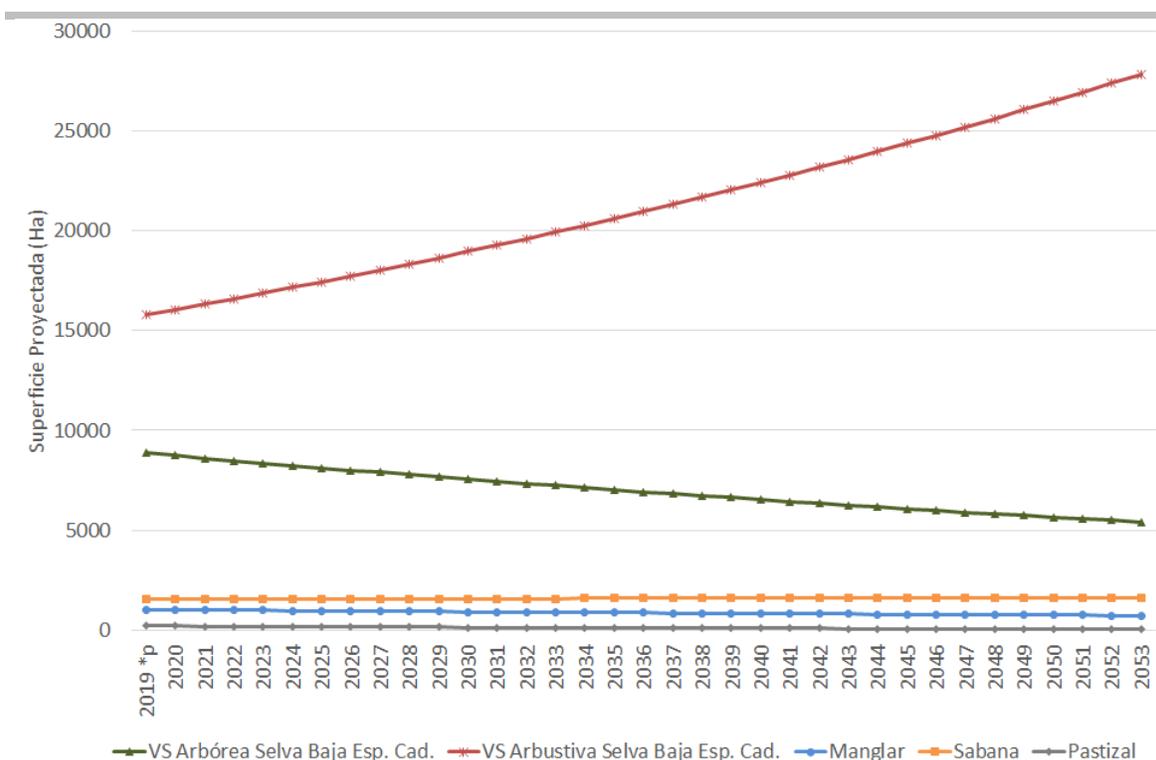


Figura 207. Proyección de las tendencias actuales de cambio hipotético de unidades ambientales en superficie (ha) a 35 años en el SAR, incluyendo el Proyecto.

VII. 3 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL ESCENARIO CONSIDERANDO LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

La aplicación sistemática y eficiente de las medidas de mitigación descritas con anterioridad incidirá de manera directa para mitigar y atenuar los impactos ambientales pronosticados; en varios casos, dichas medidas pueden generar sinergia en la contención de más de un impacto, dando como resultado una mayor eficiencia en el esquema general de medidas de mitigación, las cuales deberán contar con una adecuada supervisión. Estas relaciones de sinergia y de atención directa por las medidas sobre los impactos potenciales pueden representarse en las figuras que se presentan más adelante.

En términos generales, se pronostica que los impactos que pudieran ocurrir durante el desarrollo del proyecto eólico Chicxulub, en sus dos primeras etapas (preparación del sitio y construcción), afectarán directamente las áreas con cobertura vegetal destinadas para el establecimiento de caminos principalmente, y por las actividades relacionadas con la presencia del personal, incluyendo la presión por cacería y/o colecta de flora y fauna.

No obstante, las medidas propuestas para estos impactos (desmontes y cacería), actuarán de manera directa disminuyendo la presión al colocar señalización que prohíbe ese tipo de actividades al personal del proyecto, así como las pláticas que el responsable pudiera impartir al mismo personal. En la *Figura 208*, se pueden observar como estarán interactuando las diferentes medidas sobre los impactos, que de cumplirse como están establecidas, la situación negativa de afectación será revertida por la aplicación de las medidas de mitigación.

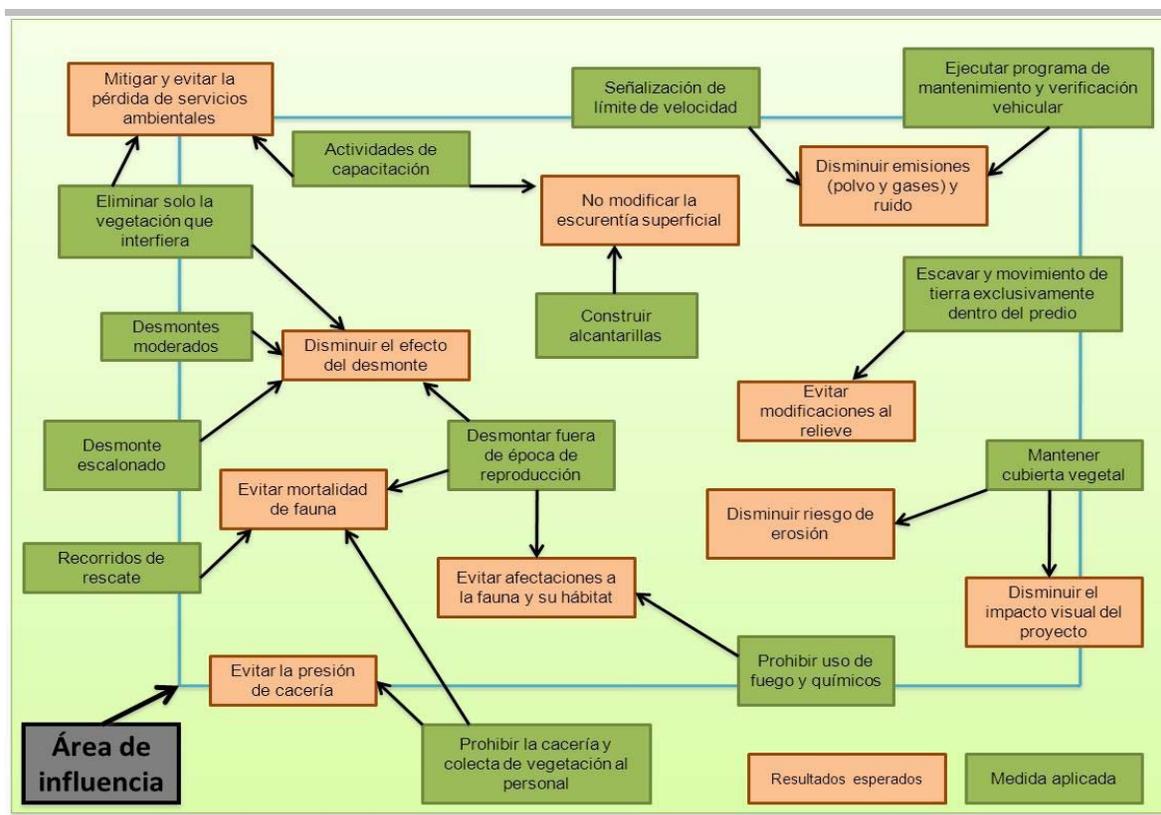


Figura 208. Relaciones causales entre impactos mitigados y sus medidas en la etapa de preparación del sitio y construcción.

Para el caso del posible impacto por erosión, actúan de manera sinérgica algunas medidas propuestas para otros impactos, que tendrán un papel importante en su mitigación; por tanto, se puede esperar que el riesgo de erosión por la inserción del proyecto se minimice con la aplicación de las medidas recomendadas en esos otros rubros.

De forma similar, la muerte de fauna por el proyecto (excepto colisiones de aves y murciélagos) será prevenida y reducida por diversos medios, incluyendo la capacitación del personal, la señalización del límite máximo permisible de velocidad, los recorridos de rescate, etcétera. Por tanto, para la fauna se espera un escenario poco modificado por el proyecto, por lo que el sistema ambiental mantendrá su funcionalidad.

Los posibles impactos por residuos peligrosos y no peligrosos (incluidos los sanitarios) serán mínimos, por la reducida cantidad y los criterios de manejo de los mismos. Sin embargo, se sugiere aplicar estrictamente las medidas recomendadas, así como atender lo estipulado en la normativa ambiental. En la *Figura 209* presentada a continuación se muestran acciones que funcionen como eje para el cumplimiento de esa misma normativa.

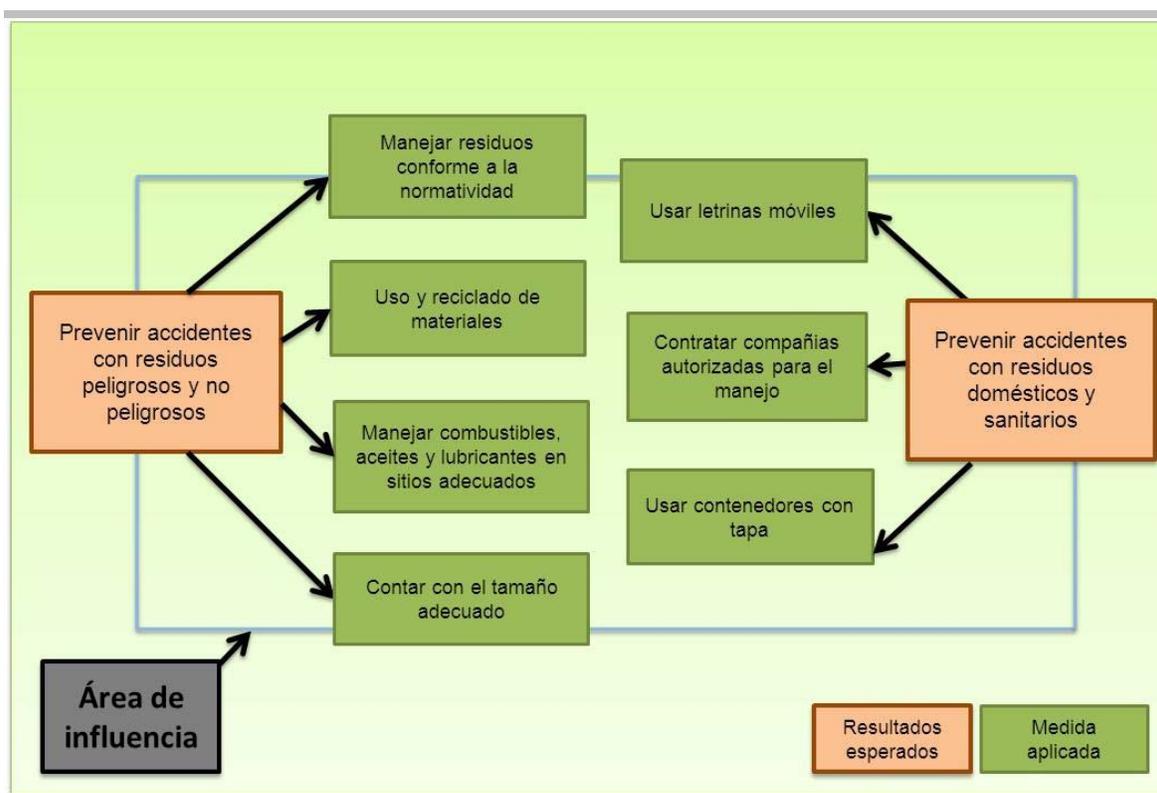


Figura 209. Relaciones causales entre impactos esperados y sus medidas propuestas, nótese la interrelación en más de una medida que actúa sobre el impacto.

Es indispensable recalcar que, durante las etapas de preparación del sitio y construcción, la contratación de mano de obra no calificada y la derrama económica que implica la presencia de personal en el municipio, generará un impacto positivo. El personal contratado (técnico y operativo) deberá llevar a cabo un programa de capacitación para que realicen de manera adecuada sus actividades. La aplicación de este programa será vigilada por el supervisor ambiental de la obra, el cual será un especialista en materia ambiental.

Para el caso de posibles colisiones de aves y murciélagos con los aerogeneradores, pueden generarse dos escenarios (optimista y pesimista):

- Optimista) Que las medidas propuestas logren minimizar el riesgo de colisión aun cuando las velocidades de los vientos en el área de influencia sean elevadas.

- Pesimista) Que aun con las medidas de mitigación, las aves y murciélagos (para grupos residentes y migratorios) tengan riesgo de colisión.

Tomando en cuenta que se presente el primer escenario (optimista), el riesgo de colisión se disminuiría con el pintado de las aspas (capítulo VI), generando una franja de alerta para las aves, se propiciará un mejor efecto en la evasión y disuasión de las aves y murciélagos para que puedan evadir los aerogeneradores (Figura 210). Por tanto, se espera que el riesgo de colisión de las aves y murciélagos con los aerogeneradores disminuya con la implementación de dichas medidas.

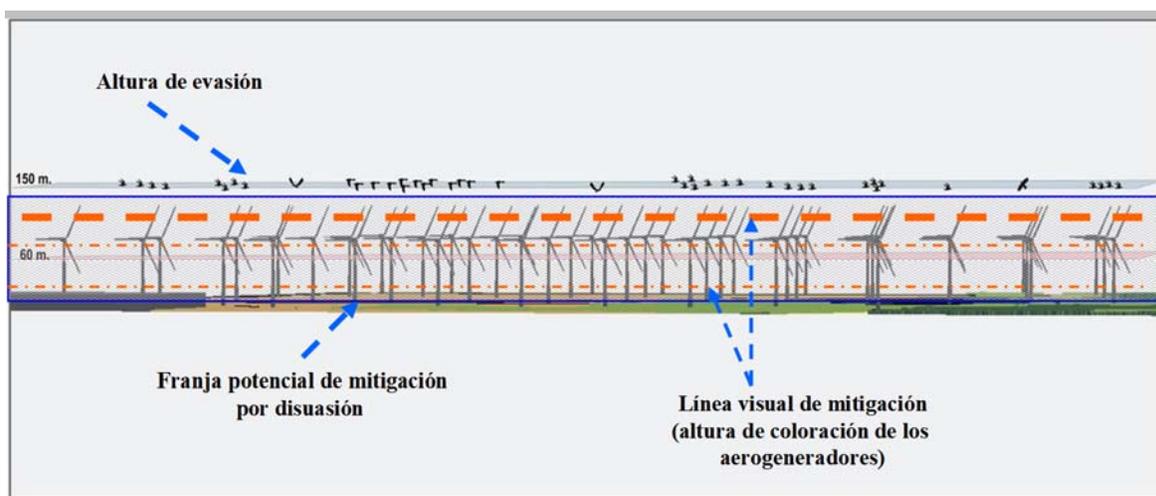


Figura 210. Alturas de vuelo de las aves dentro del área de influencia y la franja de alerta emitida por las medidas de disuasión y evasión para evitar colisiones.

Es importante tener en cuenta que, durante la etapa de operación, las medidas encaminadas a disminuir el riesgo de colisión actúan de manera sinérgica como se muestra en la Figura 211; de ejecutarse todas en su conjunto, en un escenario optimista, se podría pensar que disminuirá considerablemente el riesgo de colisión.

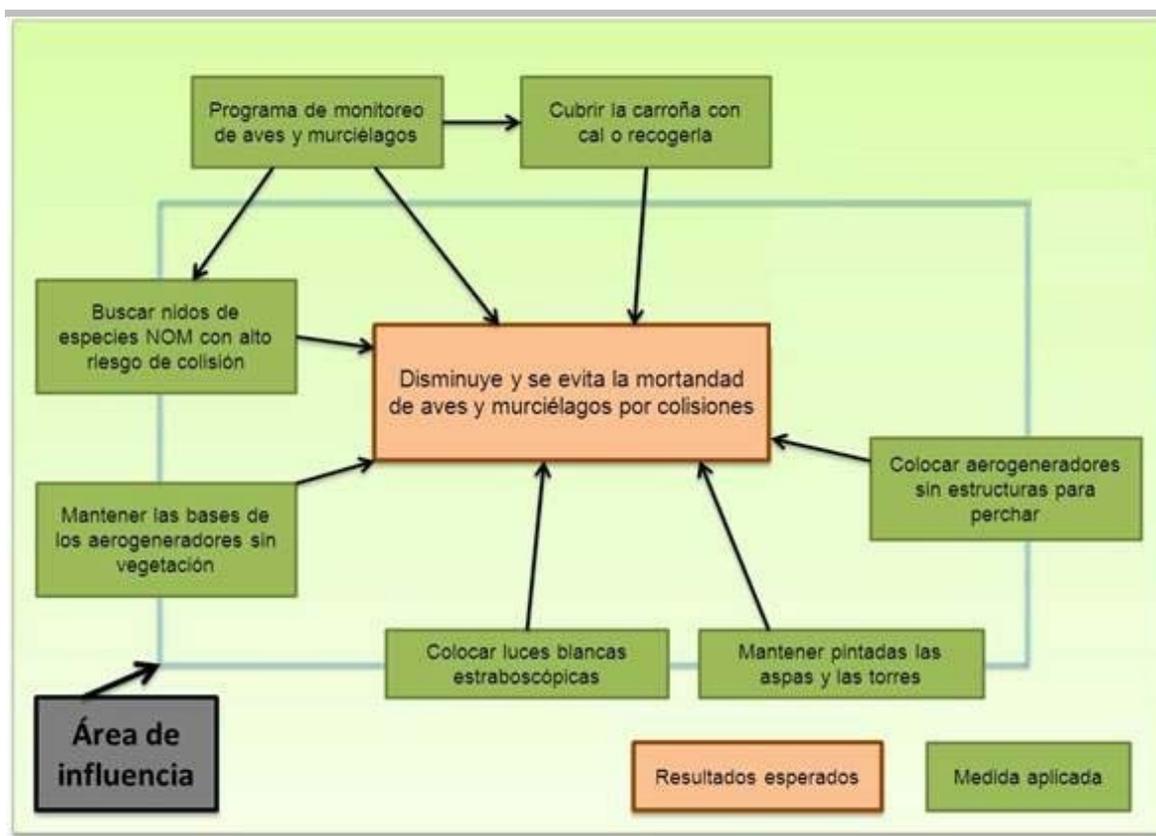


Figura 211. Relaciones entre las medidas propuestas para disminuir el riesgo de colisión.

VII. 4 PRONÓSTICO AMBIENTAL

A partir de los tres escenarios ambientales que se han presentado, se muestra que la región en la que se insertará el Proyecto exhibe una tendencia de cambio de uso del suelo, que es particularmente notable en la pérdida de vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia. A su vez, se está presentando también un marcado incremento en la superficie de vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.

De entrada, es importante señalar que en ambos tipos de vegetación se presentan elementos o condiciones de sucesión secundaria, no se trata de unidades ambientales con el mayor grado de conservación, sino que al menos parcialmente muestran señales de disturbio o actividad humana, sin embargo, aún dentro de esa condición, la tendencia que se observa es hacia la pérdida progresiva de los elementos arbóreos, que están siendo reemplazados por una condición más arbustiva.

Se puede pronosticar que esta tendencia permanecerá con o sin la introducción del Proyecto o sus medidas de mitigación y compensación. Lo anterior debido a la pequeña proporción de área que

será afectada por el montaje de obras del Proyecto, de tal forma que su efecto en el uso del suelo resulta prácticamente imperceptible.

De cualquier manera, la introducción de medidas de mitigación será fundamental para evitar efectos negativos para los organismos, lo cual es particularmente relevante para el caso de la fauna voladora, en cuyo caso dichas medidas contrarrestarán de forma muy importante los efectos negativos que puedan derivarse de la implementación del Proyecto.

Analizando la situación socioeconómica, y elevada frecuencia observada en campo en cuanto a las actividades de cacería (principalmente de venado) o la presencia de basureros al aire libre, se puede prever que el proyecto tenga un efecto positivo para el entorno. Con la puesta en marcha del Proyecto, se prevé una derrama económica beneficiosa al corto, mediano y largo plazo. La tendencia migratoria podría tener un revés con la introducción del proyecto, pero además, el incremento en la red local de caminos, la presencia de personal del Parque Eólico y otros factores, pueden funcionar como disuasores relevantes de las actividades no reguladas.

Con la implementación del Proyecto y sus correspondientes medidas de mitigación, se pronostica que el SAR continúe con su dinámica actual sin cambios sustanciales. Los componentes naturales del sitio continuarán con las tendencias observadas y descritas, mientras que los componentes humanos podrían resultar beneficiados con la derrama económica.

VII.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Desde una perspectiva ambiental general, la operación de un proyecto eólico como es el de Chicxulub, puede ser considerada como una alternativa para la generación de energía limpia a nivel nacional, a través de una fuente renovable, que permitirá ahorrar o evitar la emisión de una importante cantidad de gases de efecto invernadero asociados a combustibles fósiles, en un escenario probado a través de los resultados obtenidos con otras centrales eólicas actualmente en operación en toda la República Mexicana.

La ampliación de la capacidad instalada para la generación de energía eléctrica y la diversificación de las propias fuentes energéticas son puntos clave en el desarrollo sustentable de cualquier país. Actualmente la mayor parte de la electricidad en el país es generada por medios convencionales: termoeléctrica (68%), hidroeléctrica (22%) y carboeléctrica (5.58%), (Zuk *et al.*, 2006).

Como resultado, la generación de energía eléctrica se ubica entre los mayores emisores de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel nacional; en primer lugar, por las emisiones generadas para la obtención de los combustibles y en segundo, por la combustión de los mismos para generación de electricidad.

El entorno y los recursos naturales del país han sido fuertemente deteriorados por la generación de electricidad por medios convencionales, por lo que se requiere que una fracción creciente de la producción de electricidad se comience a obtener por medios que ocasionen el menor impacto ambiental posible. Es así como la generación de electricidad en centrales eololéctricas se posiciona como una sólida alternativa al respecto.

Según un estudio para el fomento de las energías renovables en España, que tomó en consideración siete tecnologías de generación de energía eléctrica (cinco convencionales y dos renovables), y doce impactos ambientales (calentamiento global, disminución de la capa de ozono, acidificación, eutrofización, radiaciones ionizantes, contaminación por metales pesados, sustancias carcinógenas, niebla de verano, niebla de invierno, generación de residuos industriales, residuos radiactivos, y agotamiento de recursos energéticos), se encontró que las energías renovables estudiadas tienen en promedio 31 veces menos impacto ambiental que las convencionales (*Cuadro 176*). En dicho estudio, el impacto se expresa en “ecopuntos” de impacto ambiental: a más puntos, mayor impacto ambiental (IDAE, 2000).

Cuadro 176. Impactos ambientales en la generación de electricidad.

TECNOLOGÍA	ECOPUNTOS
Minihidráulica	5
Eólica	65
Gas natural	267
Nuclear	672
Carbón	1356
Petróleo	1398
Lignito	1735

De acuerdo con lo anterior, la eólica es una de las fuentes de energía con menor impacto ambiental. Por otro lado, la generación de electricidad por medios convencionales ejerce una elevada presión sobre el recurso hídrico. El uso del agua en la generación de electricidad en plantas termoeléctricas representó el 5.5% del total nacional en 2013 (CONAGUA, 2014).

En cambio, la generación de electricidad por medio de la fuerza motriz del viento no requiere de la utilización del agua (empleada en las termoeléctricas para evaporarse y mover las turbinas). Con la creciente demanda de agua para distintos usos (consuntivos y no consuntivos), se hace patente la necesidad de contar con tecnología que genere electricidad sin tener que emplear agua en el proceso.

Por los argumentos señalados, el uso del viento se consolida como de las mejores alternativas para contribuir al logro de la meta de generación de energía renovable a nivel nacional; la cual contempla que para el año 2024, el 35% del total nacional generado sea de este tipo. A este respecto, México es un país con alto potencial eoloeléctrico, y en tanto se aproveche este potencial, se disminuirá la dependencia del uso de medios de generación convencionales y se dará un paso decisivo hacia el desarrollo sustentable.

En concordancia con estas metas de prioridad nacional, el aprovechamiento del viento que desde mediados de los años 90 se efectúa en el área del Istmo de Tehuantepec, y en otras entidades del país en los últimos años, existe ya una significativa capacidad instalada, y aún permanecen áreas propicias para el establecimiento de parques eólicos en otras partes del país. En este caso, la ampliación geográfica de la cobertura de sitios con desarrollo de fuentes alternas de energía es de gran importancia para la región sureste de la República y específicamente para la península de Yucatán.

VII.5 CONCLUSIONES

A partir de los escenarios ambientales que evaluaron en el estudio, se sabe que la región en la que se insertará el Proyecto presenta una tasa de pérdida de vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia y un incremento en la superficie de vegetación secundaria arbustiva de selva baja espinosa caducifolia.

Se considera que esta tendencia permanecerá con o sin la introducción del Proyecto y/o sus respectivas medidas de mitigación y compensación. El efecto del mismo en el uso del suelo a largo plazo resulta prácticamente imperceptible.

La adecuada aplicación de las medidas de mitigación incidirá de manera directa para mitigar los impactos descritos; en algunos casos, estas medidas pueden generar sinergia en más de un impacto, dando como resultado una mayor eficiencia en las medidas de mitigación que se recomienda sean supervisadas adecuadamente.

En resumen, se considera que el proyecto es altamente viable, se desarrollará en entorno compatible con el mismo, y que con la adecuada aplicación de las medidas de prevención, mitigación y compensación propuestas se reducirá la relevancia de los impactos ambientales adversos que el proyecto ocasionará potencialmente al ambiente, incluyendo impactos residuales y acumulativos, para atenuar las posibles afectaciones.

Considerando que los impactos resultaron de irrelevantes a moderados significativos, el proyecto en primera instancia no compromete el equilibrio ecológico del ecosistema o el deterioro de algún

componente identificado dentro del sitio del proyecto que pudiera originar un efecto adverso crítico.

Finalmente se han considerado las conclusiones obtenidas del monitoreo de fauna voladora, realizado durante un ciclo anual y del cual se presenta lo siguiente:

1) El modelo de riesgo de colisiones BAND empleado, uno de los más usados y actualizados a nivel internacional, concluye un impacto muy bajo sobre las aves que ocupan con frecuencia la zona barrida por los rotores (ZBR) del parque eólico Chicxulub. No obstante, se recomienda seguir con un programa de monitoreo que también incluya la búsqueda de carcasas. Como varios estudios encuentran una gran variabilidad en las tasas de mortandad por colisiones de una turbina a otra en el mismo parque, también se recomienda el monitoreo incluya todas las turbinas por lo menos durante el primer año de operación.

2) Por la alta riqueza y diversidad de especies, las densidades altas de algunas especies, la presencia de 22 especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y la presencia de 25 especies endémicas, se considera que el sitio se sitúa en una zona de valor ornitológico. Sin embargo la mayoría de estas especies se mantienen dentro de la capa vegetal y no se acercan a la ZBR por lo que es proyecto eólico Chicxulub es compatible con el medio ambiente y las afecciones resultarán mínimas. A pesar de estas conclusiones favorables, se recomienda un programa de monitoreo durante las etapas de construcción y operación para evaluar los posibles impactos sobre el hábitat.

3) Los impactos directos sobre el hábitat se consideran mínimos. Sin embargo, será importante respetar las zonas donde ocurren especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ej. el Guajolote Ocelado, la Matraca Yucateca, y el Búho Cornudo Yucateco), teniendo cuidado de no perturbar cualquier nido.

4) Se ha comprobado que la mayoría de las especies tiene su temporada de reproducción entre abril y septiembre, con pico de anidación de mayo a julio. Esta época también coincide con la reproducción de los anfibios y reptiles, mariposas y otros invertebrados. Para evitar un impacto mayor durante la etapa de construcción, se recomienda mayor precaución en los meses de mayo a julio, delimitando zonas en el área del proyecto donde se acoten ciertos trabajos y sirvan para reproducción.

5) Varios estudios señalan que los impactos indirectos sobre el hábitat pueden ser importantes en algunas especies. Mientras algunas especies desaparecen o disminuyen durante la etapa de construcción, otras se van alejando del sitio poco a poco en años posteriores, y los efectos son notados años después. Algunas especies disminuyen inmediatamente después de la construcción,

pero recuperan sus poblaciones en años posteriores. Como las reacciones de las aves varían con la especie, se recomienda seguir monitoreando después de la construcción.

6) Varias especies son cazadas para alimento o capturadas para el mercado de mascotas. Se espera que el cumplimiento de la prohibición de estas actividades (la cacería o captura de especies para el tráfico ilegal) resulte benéfica para las especies y su hábitat.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LOS RESULTADOS DE LA MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL

VIII.1 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se mencionan los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Parque Eólico Chicxulub.

VIII.1.1 CARTOGRAFÍA

Los planos de las obras a realizar en este proyecto (arreglo de la obra y aspectos técnicos de construcción) se encuentran en el Capítulo II y en el Anexo Cartográfico. La información vectorial y raster utilizada en este trabajo se describe a continuación (*Cuadro 177* y *Cuadro 178*):

Cuadro 177. Raster.

INSUMO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) V 3.0 escala 1:50,000	Son archivos que almacenan datos de elevación (MDE) del terreno los cuales se pueden procesar posteriormente para obtener diversos productos.	http://www.beta.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/index.jsp
Modelo Digital de Elevación ASTER GDEM versión 2	Contiene archivos que muestran las elevaciones del terreno	https://ssl.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/index.html
Cuencas Visuales	Se obtienen mediante el software ArcMap, empleando una herramienta llamada Viewshed y el MDE del CEM o Modelo Aster	ESRI Inc. ArcGis Desktop 10.2.2 Service Pack 1
Imágenes de satélite Landsat	Archivos múltiples que al combinarse dan origen a una imagen de satélite la cual puede tener diversas aplicaciones, entre ellas conocer el uso del suelo y vegetación. Satélite y sensor: Landsat 5 TM Escena: P20 - R45 Bandas empleadas: RGB 4,3,2 Fecha de la escena: 19/03/2000 Hora de la captura: 15:56:06 Resolución espacial: 30m Coordenadas extremas: CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 22.60442 CORNER_UL_LON_PRODUCT = -90.30486 CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 22.63528 CORNER_UR_LON_PRODUCT = -88.01208	https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen=0 NASA Landsat Program USGS Sioux Falls

INSUMO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
	CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 20.67232 CORNER_LL_LON_PRODUCT = -90.26115 CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 20.70030 CORNER_LR_LON_PRODUCT = -87.99867 Proyección: UTM WGS 84	
	Satélite y sensor: Landsat 2 MSS Escena: P21 - R45 Bandas empleadas: RGB 3,2,1 Fecha de la escena: 15/02/1979 Hora de la captura: 15:30:04 Resolución espacial: 60m Coordenadas extremas: CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 22.60653 CORNER_UL_LON_PRODUCT = -90.11831 CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 22.63434 CORNER_UR_LON_PRODUCT = -87.89706 CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 20.64918 CORNER_LL_LON_PRODUCT = -90.07655 CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 20.67436 CORNER_LR_LON_PRODUCT = -87.88502 Proyección: UTM WGS 84	
Imágenes de satélite Sentinel 2-B	Archivos múltiples que al combinarse dan origen a una imagen de satélite la cual puede tener diversas aplicaciones, entre ellas conocer el uso del suelo y vegetación. Satélite y sensor: Sentinel 2-B MSI Escena: T16QBJ Bandas empleadas: RGB 3,2,1 Fecha de la escena: 26/03/2018 Hora de la captura: 16:19:09 Resolución espacial: 10m Coordenadas extremas: CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 21.67806 CORNER_UL_LON_PRODUCT = -89.89917 CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 21.69322 CORNER_UR_LON_PRODUCT = -88.83868 CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 20.70164 CORNER_LL_LON_PRODUCT = -88.8264 CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 20.687244 CORNER_LR_LON_PRODUCT = -89.8799 Proyección: UTM WGS 84	https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home ESA Copernicus

Cuadro 178. Vector.

INSUMO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Microcuencas	Es una capa que se obtiene empleando el MDE del CEM y una herramienta que se llama Watershed Delineation Tools la cual se carga en ArcMap	http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=15148
Curvas de Nivel generadas a partir del CEM	A partir del CEM 3.0 se generó la capa de curvas de nivel para posteriormente obtener las geoformas.	CEM V 3.0

INSUMO	DESCRIPCIÓN	FUENTE
(30m equidistancia)		
Geoformas (Sistema clasificatorio del relieve de México)	Es una capa que muestra el relieve de la República Mexicana	IG-INE, (2003), Sistema Clasificador del Relieve de México, Instituto de Geografía, UNAM; Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México.
Fallas y Fracturas. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.	Representa las estructuras geológicas originadas por los eventos tectónicos. Conjunto de Datos Vectoriales Geológicos. Continuo Nacional. Escala 1:1'000,000.	http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/geologia/
Unidades de Paisaje	Muestra unidades ambientales homogéneas en donde se agrupan diversas características medio ambientales. Se dividen en inferiores y superiores.	Elaboración propia con insumos de INEGI
Climas	Estos conjuntos de datos vectoriales están compuestos por entidades de tipo punto, línea y área de la serie topográfica y de recursos naturales escala. 1:1 000 000 de INEGI. Muestra las unidades climáticas.	http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/climatologia/
Suelos	Datos autoría de INEGI que muestran diferentes tipos de unidades edafológicas.	http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/edafologia/
Vías de comunicación	Información obtenida desde el sitio web de INEGI a partir de las cartas topográficas escala 1:50,000 y 1:20,000.	http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapas/?t=0150001000000000
Localidades	Información obtenida de las cartas topográficas de INEGI o desde el Marco Geoestadístico Nacional 2018	http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx
Áreas de Interés para las Aves (AICAS)	Datos Vectoriales de Áreas de Interés para la Conservación de las Aves en México.	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Regiones Terrestres Prioritarias	Datos Vectoriales de regiones prioritarias terrestres para la conservación de la biodiversidad en México	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Regiones Hidrológicas Prioritarias	Datos Vectoriales de regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad	http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/
Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Datos Vectoriales de las áreas declaradas como Áreas Naturales Protegidas	http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/info_shape.htm

VIII.1.2 FOTOGRAFÍAS

Las imágenes relevantes y las consideradas ilustrativas se encuentran en sus respectivos apartados, estas son muy útiles para la descripción de las diferentes actividades y procesos, así mismo y con la finalidad de complementar e ilustrar el documento se incluyen el Anexo Fotográfico. En el Anexo Fotográfico, cada imagen correspondiente a fauna contiene la nomenclatura científica y común, como se muestra a continuación:

VIII.1.3 VÍDEOS

No aplica.

VIII.2 OTROS ANEXOS

VIII.2.1 LISTADOS FLORÍSTICOS Y FAUNÍSTICO

Dentro de los anexos se incluyen las listas de especies de flora y fauna con características ecológicas, económicas y sociales relevante.

VIII.2.2 DOCUMENTOS LEGALES

A proporcionar por el promovente.

VIII.2.3 RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de suelo, son interpretados en su respectivo apartado dentro del Capítulo IV.

VIII.2.4 RESULTADOS DE ANÁLISIS Y/O TRABAJOS DE CAMPO

Esta información se encuentra en cada apartado del sistema natural (ambiental y socioeconómico) dentro del Capítulo IV.

VIII.2.5 EXPLICACIÓN DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS

El análisis matricial causa-efecto utilizado para la evaluación de los impactos ambientales y socioeconómicos se explica en el Capítulo V.

VIII.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Abundancia: es el número de individuos que presenta una comunidad por unidad de superficie o de volumen (densidad de la población).

Vegetación secundaria: Nombre común que se da a las asociaciones vegetales secundarias en zonas de cultivo y pastoreo cuando son abandonadas y que se forman una vez destruida la original.

Acumulación (AC): Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua o reiterada a la acción que lo genera. Cuando una acción no

produce efectos acumulativos, es decir, se considera simple, el efecto se valora como uno. Si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro.

Anfibios: Se dice de los vertebrados de temperatura variable que son acuáticos y respiran por branquias durante su primera edad, se hacen aéreos y respiran por pulmones en su estado adulto. En el estado embrionario carecen de amnios y alantoides.

Arbóreo: Referente al estrato conformado por las especies de árboles, generalmente mayores a 3 m de alto y que habitan un lugar.

Arbustivo: Estrato conformado por plantas leñosas, menores a 3 m, cuyo tallo se ramifica desde la base.

Caducifolia: Que permanece sin hojas durante una parte del año.

Cámbico: Connotativo de un cambio de color, estructura o consistencia de un suelo.

Componentes ambientales: Están definidos como entidades biológicas, particularmente por los órdenes taxonómicos de la fauna presente en los diferentes tipos de vegetación.

Composición. La manera como está integrado un grupo de organismos. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de organismos.

Comunidad vegetal: Conjunto de plantas de cualquier rango, que viven e interaccionan mutuamente en un hábitat natural.

Criticalidad: Se define como la medida cualitativa de las unidades ambientales que pondera su importancia como proveedora de servicios ambientales, la presencia de especies de flora, fauna y otros recursos naturales considerados en alguna categoría de protección y aquellos elementos de importancia desde el punto de vista social.

Diversidad: se refiere a la variedad de especies que constituyen una comunidad.

Diversidad alfa: es el número de especies en un área pequeña siendo esta área uniforme. El índice de Shannon mide este tipo de diversidad.

Diversidad beta: Comprende la heterogeneidad dentro de un ecosistema a través de la determinación del cambio en la composición de especies a través de un gradiente fisiográfico. Se expresa en tasas de cambio de la composición de las especies o índices de similitud.

Diversidad gamma: es el número total de especies observadas en todos los hábitats de una determinada región que no presenta barreras para la dispersión de los organismos.

Distribución: Arreglo espacial de una especie sobre su hábitat.

Distribución potencial: Es la extensión de terreno en el que las especies pueden habitar, con base en su capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas. La distribución real o verificada generalmente es menor que la potencial.

Especie amenazada: Aquella especie, o poblaciones de la misma, que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si se presentan y prevalecen factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Dosel: Piso superior, techo.

Efecto (EF): Este a tributo se refiere a la relación causa efecto, o forma de manifestación de un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la actuación consecuencia directa de está. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, si no que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. Este término toma valor de uno en el caso de que el efecto sea secundario y el valor cuatro cuando sea directo.

Emisión: Es la descarga directa o indirecta a la atmósfera de sustancia o energía, en cualquiera de sus estados físicos.

Epifita: Vegetal que vive sobre otras plantas sin sacar de ellas su nutrimento.

Especie: Unidad básica de la clasificación de los organismos, que incluye a grandes rasgos, a todos los individuos que se parecen entre sí más que otros y que por fecundación recíproca producen descendencia fértil.

Especie en peligro de extinción: Aquella especie cuya área de distribución o tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Especie endémica: Aquella que tiene distribución restringida a nivel regional, estatal o de país.

Especie sujeta a protección especial: Aquella especie o población que podría llegar a encontrarse amenazada por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Excreta: Deyección de los restos no digeridos de los alimentos.

Extensión (EX): Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (porcentaje del área respecto al entorno en el que se manifiesta el efecto). La selección producirá un efecto muy localizado; considerando lo siguiente: impacto como un carácter puntual (uno). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo, el impacto será total (ocho), considerando las situaciones intermedias, según gradación, como impacto parcial (dos) y extenso (cuatro). En el caso de que el efecto sea puntual pero se produzcan en un lugar crítico (vertidos próximos y aguas arriba de una toma de agua, degradación paisajística en una zona muy visitada, etc), se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del porcentaje de extensión en que se manifiesta.

Flora: Conjunto de plantas que habitan en una región, analizado desde el punto de vista de la diversidad de los organismos.

Ganges: (Marcha de temperatura tipo) Se refiere a las regiones que presentan el mes más cálido del año antes del solsticio de verano (antes del mes de junio en el hemisferio norte, o antes de diciembre en el hemisferio sur).

Hábitat: Es un área que tiene una combinación de recursos como el alimento y el agua, así como de factores ambientales como la temperatura y la precipitación pluvial, que favorecen la presencia de individuos de una especie.

Herbáceo: Con aspecto de hierba, plantas no leñosas de consistencia blanda.

Herpetofauna: Nombre dado al conjunto de especies, tanto de anfibios como de reptiles, que habitan un área determinada.

Huella: Impresión en el terreno de las extremidades delanteras (manos) o traseras (patas) de mamíferos.

hm³: Hectómetros cúbicos, en este capítulo se refiere a volumen de agua en balances hidrológicos de gran escala.

Impacto: Efecto que una determinada actuación produce en los elementos del medio o en las unidades ambientales y que puede ser beneficioso, es decir positivo, o perjudicial, negativo. Se

manifiesta cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Son internos y se generan de las actividades del proyecto y nos estamos refiriendo a todas las acciones del proyecto, que se han identificado como agentes causales de afectaciones, positivas o negativas en el medio natural.

Impacto acumulativo: cuyo efecto al prolongarse en el tiempo, incrementa progresivamente su gravedad por carecer el medio de mecanismos de eliminación efectivos similares al incremento del impacto.

Impacto ambiental significativo o relevante: Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales.

Impacto benéfico: Como impactos benéficos, se pueden reconocer a aquellos que son infringidos al sistema socio-ambiental que retribuyen e impulsan un proceso positivo que puede o no significar retribuciones económicas.

Importancia del impacto: La importancia del impacto, es la importancia del efecto ante una acción sobre un factor ambiental, no debe confundirse con la importancia del factor ambiental aceptado. La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante la fórmula propuesta a continuación y está dada en función del valor asignado a los símbolos considerados.

Intensidad (I): Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El factor está comprendido entre 1 y 12 en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y el 1 representa una afección de intensidad baja. Los valores intermedios entre estos dos términos manifestarán una afectación parcial.

Irreversible: Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecute la acción que produce el impacto.

Magnitud del impacto: Medida relativa del cambio que experimenta cada componente relevante al ejecutarse el proyecto con relación al valor que presenta dicho componente en el área de influencia.

Momentos (MO): El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (t_0) y el comienzo del centro (t_j) sobre el factor del medio considerado. Así pues, cuando el tiempo transcurrido sea nulo, en momentos será inmediato, y si es inferior a un año, (corto plazo) se le asignará un valor de (cuatro). En un periodo de tiempo que va de uno a cinco años, (largo plazo), se asignará también un valor (uno).

MJ/m²: Megajoules por metro cuadrado de superficie. En este caso una medida de la energía de la radiación solar a nivel de superficie.

Nativa: Planta propia del sitio, que crece espontáneamente y se reproduce sin intervención humana por encontrarse ecológicamente bien adaptada. Sinónimos: autóctona, indígena.

Naturaleza del impacto (NA): Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones sobre cada uno de los factores considerados.

Ócrico: Subunidad de suelo que se caracteriza por presentar en la superficie una capa de color claro y pobre en materia orgánica.

Perenne: Duradero. Referente a las plantas que duran 3 o más años.

Periodicidad (PR): Se refiere a la regularidad de manifestación, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor cuatro, a los periódicos un valor de dos y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y los discontinuos uno. Un ejemplo de efecto continuo, es la ocupación de un espacio consecuencia de una construcción. El incremento de los incendios forestales durante el estío, es un efecto periódico, intermitente y continúa en el tiempo. El incremento del riesgo de incendios, consecuencia de una mejor accesibilidad a una zona forestal, es un efecto de aparición irregular, no periódico, ni continuo pero de gravedad excepcional.

Persistencia (PE): Se refiera al tiempo que supuestamente, permanecerá el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornará a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras. Situará menos de un año, considerando que la selección produce un efecto fugaz, asignándole un valor de uno. Si dura entre uno y diez años es considerado temporal (dos); y si el efecto tiene una duración superior a los diez años, consideramos el efecto como permanente asignándole un valor de cuatro. La persistencia es independiente a la reversibilidad. Un efecto permanente, puede ser reversible o irreversible. Los efectos fugaces y temporales son siempre reversibles recuperables y los efectos permanentes pueden ser irreversibles e irrecuperables.

Plutónicas (rocas): Rocas originadas por solidificación de magmas –silicatados- dentro de la corteza terrestre.

P/T: Coeficiente precipitación/temperatura, utilizado para distinguir condiciones de humedad en un tipo de clima.

Rastro: Cualquier señal o indicio que dejan los mamíferos durante sus actividades.

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es preciso con la posibilidad de retornar las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de intervención humana (introducción de medidas correctoras). Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor de uno o dos, según lo sea de manera inmediata o a medio plazo, si no es parcialmente, el efecto liquidable toma un valor de cuatro. Cuando el efecto es irrecuperable con alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana se le asignará un valor de 8. En el caso de ser irrecuperable existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias por lo tanto el valor asignado será cuatro.

Redes de niebla: Redes de nylon de 6 y 9 m de longitud y 2,5 m de ancho y abertura de malla de 3/4 de pulgada, que se utilizan para atrapar aves o murciélagos sin hacerles daño.

Reptiles: Son animales vertebrados, que a diferencia de los anfibios, tienen la piel dura, cubierta de escamas, y sus huevos tienen cáscaras casi impermeables o son vivíparos. Estas dos características les permiten vivir lejos del agua en algunos de los hábitats más secos del mundo. Aunque los reptiles tienen sangre fría, con frecuencia se calientan tomando sol; una vez que se han calentado pueden moverse más rápido.

Reversibilidad (RV): Se refiere al tiempo de reconstrucción, total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, existe la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que esta deja de actuar sobre el medio. Si es a corto plazo, se le asigna un valor de uno, si es a medio plazo (dos) y si el efecto es irreversible se le asigna el valor cuatro. Los intervalos de tiempo que comprenden estos periodos son los mismos asignados en el parámetro anterior (Recuperabilidad).

Sinergia (SI): Este atributo completa el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, provocado por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente y no simultánea. Cuando una acción actúa sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor de uno, si presenta un sinergismo moderado el valor asignado será dos y si es altamente sinérgico cuatro.

Sistema ambiental: Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

Textura: Proporción relativa de los diferentes tamaños de partículas minerales del suelo menores a 2 mm de diámetro.

Trampas Sherman: Trampas de aluminio que se ceban y se utilizan para la captura sin daño de pequeños mamíferos principalmente.

Transectos: Línea recta de tamaño considerable donde se van colocando las trampas Sherman, cada 10 m. También puede entenderse como recorridos realizados, por lo general a pie, a lo largo de una línea que permite facilitar información sobre la composición faunística.

Vegetación secundaria: Acahual. Calificativo de la vegetación o procesos ecológicos influidos directa o indirectamente por el hombre.

VIII.4 BIBLIOGRAFIA

VIII.4.1 VINCULACIÓN

- Abarca, F.J. y M. Cervantes (Editores). 1996. Manual para el manejo y conservación de los humedales de México. Publicación especial bajo colaboración de la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Ecología, U.S. Fish and Wildlife Service, Arizona Game and Fish Department y Wetlands International the Americas-Programa México.
- Benítez, H., C. Arizmendi y L. Márquez. 1999. Base de Datos de las AICAS. CIPAMEX, CONABIO, FMCN y CCA. México. (<http://www.conabio.gob.mx>).
- Contreras, E.F. 1985. Las Lagunas Costeras Mexicanas. Centro de Eco Desarrollo, SEPESCA. 138-142 pp.
- De-Sucre, M., A. E. Ramírez, D. E. Varona. 1996. Visión general de la avifauna del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz, México. Revista Zoológica, número especial: (2):82-100.
- Escalante, P., A.G. Navarro y A.T. Peterson. 1992. Cap. 8 A geographic, ecological and historical análisis of land bird diversity in Mexico. In Ramamoorthy, T.P. et. Al. (Eds.) Biological diversity of México: origins and distributions. Oxford University Press. New York, USA.
- Franco-López, J., R. Chávez-López, E. Peláez-Rodríguez y C.M. Bedia-Sánchez. 1996. Riqueza Ictiofaunística del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. Revista Zoológica (2):17-32.
- INP/IIB. 2000. Caracterización de los Ecosistemas Lagunares Costeros. Universidad Veracruzana (Instituto de Investigaciones Biológicas), Instituto Nacional de Pesca (Centro Regional de Pesca Veracruz), Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Informe Técnico. 68 pp.
- Montejo Díaz, J.E., 2003. Un programa de estudio de poblaciones de aves y sus relaciones con el hábitat, conectado con el manejo del humedal y tierras de uso agrícola, así como programas de educación ambiental en el humedal de la Laguna de Alvarado.
- Navarro, S.G.A. y D.H. Benítez. 1993. Patrones de riqueza y endemismo de las aves. Pp 45-54. In: Flores-Villela, O. y S.G.A. Navarro (compiladores). Biología y problemática de los vertebrados en México. Ciencias, No. 7.
- NOM-059-ECOL-2001. Norma oficial mexicana que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación.
- Portilla-Ochoa, E. A.I. Sánchez-Hernández. A. Ortega-Argueta. A. Juárez-Eusebio. H.E. Escobar-López. R. Gutiérrez-García. J.E. Montejó-Díaz. B.E. Cortina-Julio. S. Garza-Garza y C. García-Hernández. 2003. Establecimiento de Unidades de Gestión Ambiental en el Humedal de Alvarado, Veracruz, México: Bases para su Ordenamiento Ecológico y Social. Informe Técnico Semestral. Instituto de Investigaciones Biológicas, Universidad Veracruzana. 45pp.

Sprunt IV.A, y C.E. Knoder. 1980. Populations of wading birds and other colonial nesting species on the Gulf and Caribbean coasts of México. Pp 1-36 In: Scaeffler P.P. y S.M. Ehlers (editores The birds of Mexico. Their Ecology and Conservation. Proc. Nat. Audubon Soc. Symposium, 1980.

Vinculación (normatividad)

CONABIO 2012. Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad. Disponible en web: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>

CONANP 2012. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Disponible en web: http://www.conanp.gob.mx/listado_areas.html

Conferencia Internacional sobre Energías Renovables. Disponible en web: http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pe/conf_inter_er.pdf

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. Última reforma publicada en DOF 09 de febrero de 2012. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Última reforma DOF. 09-04-2012. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última reforma publicada en DOF. 04-06-2012. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgdfs.htm>.

Ley General de Vida Silvestre. Última reforma publicada en DOF. 06-06-2012 <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgvs.htm>

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Última reforma publicada en: DOF. 04-06-2012. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última reforma publicada en DOF. 30-05-12. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir.htm>

Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Publicada en DOF 12-01-2012. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/laerfte.htm>

Normas Oficiales Mexicanas. Disponible en web: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/inicio.do>

POISE 2011-2025. Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2011-2025. Disponible en web: <http://aplicaciones.cfe.gob.mx/aplicaciones/otros/POISE20102024.ZIP>

Prospectiva del Sector Eléctrico 2009-2024. Disponible en web: <http://www.sener.gob.mx>
Protocolo de Kyoto. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Última reforma publicada en Diario Oficial de la Federación el 25 de mayo de 2001. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm>

Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Última reforma publicada en DOF el 21 de febrero de 2005. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm>

Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Última reforma publicada en DOF 30 de noviembre 2006. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm>

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Última reforma publicada en DOF 26-04-2012. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley.htm>

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Última reforma publicada en DOF el 30 de noviembre de 2006. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm>

Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Publicada en Diario Oficial de la Federación el 2 de septiembre de 2009. Disponible en web: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla.htm>

VIII.4.2 CLIMA

Batliori, E., González J., Díaz J., Febles, J. 2006. Caracterización hidrológica de la región costera noroccidental del estado de Yucatán, México. Investigaciones geográficas, (59), 74-92.

Flores G., Espejel C. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 3. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán Sostenibilidad Maya. 135 p.

Fuentes, O., M. T. Vázquez. 1997. Probabilidad de presentación de ciclones tropicales en México. Cuadernos de Investigación 42, CENAPRED. 37 pp.

García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 217 pp. México.

García, E. 1997. Mapas de climas 1:1 000 000 (clasificación Köppen modificado por E. García). CONABIO.

Kopp, R. et al. 2014. Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. AGU Publications. 383-406 p.

Orellana, R. et al. 2012. Atlas. Escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán. CICY, UNAM, CONACYT, SEDUMA. Mérida, Yucatán, 2009, 111 pp

SMN, 2018. Normales Climatológicas Chicxulub Puerto. 1951-2010. Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua.

Unisys. 2016. Unisys Weather – Hurricane. <http://weather.unisys.com/hurricane/index.html>.

VIII.4.3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Blair, R. 1986. Karst Landforms and Lakes (en línea): NASA, Geomorphology from Space, Chapter 7, <http://disc.gsfc.nasa.gov/geomorphology>.

- Ferrusquía, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. p. 3-108. Publicado en: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (compiladores). 1998. Diversidad Biológica de México. Instituto de Biología UNAM. 792 pp.
- G. García y E. Graniel. 2010. Geología. En: Durán R. y M. Méndez (Eds). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.
- Meneses de Gyves J. (1980). Geología de la Sonda de Campeche. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, V. XXXIX, No. 2, pp. 1-26.
- Padilla y Sánchez, R. 2007. Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. Boletín De La Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIX, Núm. 1, 2007, P. 19-42.
- Penfield, G., A. Camargo. 1981. Definition of a major igneous zone in the central Yucatán platform with aeromagnetics and gravity, SEG Tech. Program Abstr., 51, 37.
- Urrutia, J., L. Pérez, y D. Flores. 2014. Meteorite paleomagnetism – From magnetic domains to planetary fields and core dynamos, Geofis. Int., vol. 53, pp. 343-363.
- Urrutia, J., L. Pérez. 2008. Post-impact carbonate deposition in the Chicxulub impact crater region, Yucatan platform, Mexico”, Current Science, vol. 95, pp. 241-252.
- Urrutia, J., J. M. Chavez-Aguirre, L. Pérez, J. L. de la Rosa. 2008. Impact ejecta and carbonate sequence in the eastern sector of Chicxulub crater, C. R. Geosci., vol. 340, Núm. 12, pp. 801–810.
- Perry, E., G. Velázquez. 1993. Determination of flow directions in the ring of cenotes in the Yucatán State, Mexico, (abs): Geos (Unión Geofísica Mexicana), v. 13, no. 5.
- Zepeda, O., S. González (Editores). 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres de México. Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 225 pp.
- SGM. 2013. Atlas De Peligros Por Fenómenos Naturales Del Estado De Yucatán. Servicio Geológico Mexicano.
- SSN-UNAM. 2018. Servicio Sismológico Nacional. Sistema de consulta electrónica online. <http://www.ssn.unam.mx/>.

VIII.4.4 EDAFOLOGÍA

INEGI. 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:1 000 000. Serie I.

VII.4.5 HIDROLOGÍA

CONAGUA. 2008. Estrategia Preliminar para la Aplicación de la Política de Gestión del Agua por Cuenca en la Región XII, Península de Yucatán.

CONAGUA. 2011. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego, año agrícola 2009-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (Editor) México. pp. 334.

- CONAGUA. 2012. Atlas del agua en México 2012. Comisión Nacional del Agua. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-36-12.pdf>
- CONAGUA. 2012. Programa Hídrico Regional Visión 2030. RH Administrativa XII Península de Yucatán. <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/12-sgp-17-12py.pdf>
- CONAGUA. 2013. Registro Público de Derechos del Agua (REPGA), Consulta a la base de datos (<http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115>).
- CONAGUA. 2015. Programa Hídrico Regional 2014-2018 RH Administrativa XII Península de Yucatán. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241045/PHR09.06.16.compressed.pdf>
- IMTA-CONAGUA. 2014. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Península de Yucatán (3105), Estado de Yucatán. DOF 10/04/15.

VIII.4.6 VEGETACIÓN

- Arias, S., Durán, R., Gómez-Hinostrosa, C., Hernández, H. & Tapia, J.L. 2013. *Pachycereus gaumeri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T152257A615582. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T152257A615582.en>. Downloaded on 12 June 2018.
- Arias, S., Durán, R., Gómez-Hinostrosa, C., Hernández, H. & Tapia, J.L. 2013. *Pachycereus gaumeri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T152257A615582. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T152257A615582.en>. Downloaded on 12 June 2018.
- Barber, A., J. Tun y M. B. Crespo, 2001. A new approach on Bioclimatology and Potential Vegetation of the Yucatan Peninsula. *Phytocoenologia* 31(1): 1-31
- Cites (Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre). (2017). Apéndices I, II y III de la Cites. [En línea]. Disponible en: <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>. Fecha de consulta: julio de 2018.
- Durán G., R. 1997. Distribución de las especies endémicas de la Península de Yucatán. Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C. Unidad de Recursos Naturales. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. B070. México D. F
- Durán G., R. y M. Méndez G. (ed.). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma. Mérida, Yuc. 496 pp
- Escarraga P. S.E. 2009. Estructura y composición de la selva baja caducifolia en la reserva estatal El Palmar y reserva estatal Bocas de Dzilam. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida Yucatán.
- Espadas C., R. Durán y J. Argáez 2003. Phytogeographic Analysis of Taxa Endemic to the Yucatan Peninsula using Geographic Information Systems, the Domain Heuristic Method and Parsimony Analysis of Endemicity. *Diversity and Distributions* 9:313-330.
- Espadas Manrique C., R. Orellana y C. Reyes García. 2018. *Beaucarnea pliabilis*: y ahora ¿dónde voy a vivir? Desde el Herbario CICY 10: 103–109

- Espadas Manrique C., R. Orellana y C. Reyes García. 2018. *Beaucarnea pliabilis*: y ahora ¿dónde voy a vivir? Desde el Herbario CICY 10: 103–109
- Ferrer M., Durán R., Méndez M., Dorantes A. y Dzib G. 2011. Dinámica poblacional de genets y ramets de *Mammillaria gaumeri* cactácea endémica de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 89:83-105.
- Ferrer M., Durán R., Méndez M., Dorantes A. y Dzib G. 2011. Dinámica poblacional de genets y ramets de *Mammillaria gaumeri* cactácea endémica de Yucatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 89:83-105.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.
- Matteucci, D. S. y A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, D. C. 168p.
- Méndez, M., A. Dorantes, G. Dzib, J. Argáez y R. Durán, 2006. Germinación y Establecimiento de plántulas de *Pterocereus gaumeri*, una cactácea columnar, rara y endémica de Yucatán, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 79: 33-41
- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad: Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA.* 84 p.
- Peraza A. M. I. 2008. *Estructura y composición de la selva baja caducifolia en DOS áreas naturales protegidas, en Yucatán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autonoma de Yucatán. Mérida Yucatán.*
- Rivas-Martínez, S., 1997. *Syntaxonomical Synopsis of the Potential Natural Plant Communities of North America, I. Itinera Geobotánica* 10: 5-148 (1997)
- Rzedowski, 2006. *Vegetación de México. 1a. ed. digital. CONABIO, México.* 504 pp.
- The Field Museum. 2002. *Inventarios biológicos rápidos. Disponible en: <http://fm2.fieldmuseum.org/rbi/what.asp>*
- Whittaker, R. H. 1972. *Evolution and measurement of species diversity. Taxon*, 21(2/3): 213-251. Espadas Manrique C., R. Orellana y C. Reyes García. 2018. *Beaucarnea pliabilis*: y ahora ¿dónde voy a vivir? Desde el Herbario CICY 10: 103–109

VIII.4.7 FAUNA

Avifauna

- AOU, 2018. *Check-list of North American Birds. 7th edition. American Ornithologists Union. Washington, D.C.* (<http://checklist.aou.org/taxa/>).
- Bibby, C. J., N. D. Burgess & D.A. Hill. 1992. *Bird Census Techniques. Academic Press. London.* 257 p.

- BirdLife International (2018) IUCN Red List for birds. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on
- BirdLife International. 2016. Endemic Bird Area factsheet: Yucatán peninsula coastal scrub. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 8/03/2016.
- Campos N., Ma J., R. Moo A., J. Ramos Z. y V. Parra T. 2017. Visitantes florales y redes de interacción planta-polinizador, Capítulo 14. En: Ramos-Zapata, J., V. Parra-Tabla, J. Leirana-Alcocer, A. González-Moreno y X. Chiappa-Carrara (Eds.) Ecología funcional de la Reserva de la Biósfera Ría Lagartos, SIIES-UADY-UNAM. 231-248.
- Chablé S., J. y R. Pasos E. 2010. Aves del Estado de Yucatán. En: Durán, R. y M. Méndez (Eds). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY-PPD-FMAM-Conabio-Sedema.
- Chablé, S. J. B., E. R. Pasos, R. J. I. González & B. S. Hernández. 2008. Distribución y abundancia de aves en cuatro ambientes de la costa norte del Estado de Yucatán. CECAM. Durango, México.
- CITES. 2014. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. Royal Soc. London B.* 345: 101-118.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide), Versión 9.1.0. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Comin, F. A. & J. A. Herrera-Silveira. 2000. En: Comin, F. A., J. A. Herrera & J. Ramírez (Eds). *Limnology and Aquatic Birds. Monitoring, Modelling and Management*. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Comin, F. A., J. A. Herrera & J. Ramírez (Eds). 2000. *Limnology and Aquatic Birds. Monitoring, Modelling and Management*. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1999. AICAs de México. <http://avesmx.conabio.gob.mx/>
- Del Pont, R. 1997. Guía de aves canoras y de ornato. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México. (Edición digital: INE 1997).
- Deppe, J. L., & J. T. Rotenberry. 2005. Temporal patterns in fall migrant communities in Yucatan, Mexico. *Condor.* 107: 228-243.
- Drewitt, A. L., y Langston, R. H. W. 2008. Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 233-266.
- Escalante, P., A. M. Sada & J. Robles. 2014. Listado de nombres comunes de las aves de México. Instituto de Biología, UNAM. 39 p.
- González, H. L. R. 2009. Diversidad de aves en seis áreas naturales protegidas del Estado de Yucatán. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. 55 p.

- González-García, F., D. M. Brooks y S. D. Strahl. 2001. Historia natural y estado de conservación de los crácidos en México y Centroamérica. P-150. En: Cracid ecology and conservation in the new millenium (Brooks, D. M. y F. González-García. Eds). Miscellaneous publications of the Houston Museum of the Natural Science Publishers. Estados Unidos de América.
- Guerrero, G. L. L. 2007. Diversidad de aves y su potencial como grupo indicador en la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán, México. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. 72 p.
- Halfpfter, G. 1998. A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International*. 36: 3-17.
- Hernández, M. A. & J. García. 1976. Estudio del flamenco en la Península de Yucatán. *Bosques y Fauna*. 13: 3-13.
- Herrera-Silveira, J. A., A. Zaldivar-Jiménez, J. Ramírez-Ramírez & D. Alonzo. 2000. En: Comin, F. A., J. A. Herrera & J. Ramírez (Eds). *Limnology and Aquatic Birds. Monitoring, Modelling and Management*. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Howell, S. N. G. & S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and Northern Central America*. Oxford University Press. Oxford, UK. 851 p.
- IUCN. 2014. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (IUCN Red List of Threatened Species). www.iucnredlist.org
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8(31): 151-161.
- Kampichler, C., S. Calmé, H. Weissenberger & S. L. Arriaga-Weiss. 2010. Indication of a species in an extinction vortex: The ocellated turkey on the Yucatan peninsula, Mexico. *Acta Oecologica*. 36: 561-568.
- López, R. R., N. J. Silvy, M. J. Peterson, E. H. Baur, F. González-García y D. M. Brooks. 2014. Chachalacas, hocofaisanes y pavas. En: R. Valdez. *Ecología y manejo de fauna silvestre en México*. Colegio de Postgraduados. 121-145 pp.
- MacKinnon, B. 2005. *Birds and Reserves of the Yucatan Peninsula*. Amigos de Sian Ka'an A. C. México. 76 p.
- MacKinnon, B. 2009. Listado de aves de Yucatán. Publicación del VIII Festival de las Aves de Yucatan "Toh". Salas, D. (Ed.). Amigos de Sian Ka'an A. C., Catherwood Travels S. A. de C. V., Ecoturismo Yucatan S. A. de C. V., Fronteras de Ecoturismo, Legacy Tours Inc., Parque Eoarqueológico Sihunchen y Rio Lagartos Ecotours. México. 52 p.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Moreno, C., F. Barragán, E. Pineda & N. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1249-1261.

- Navarro-Sigüenza, A. G., M. F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, A. T. Peterson, H. Berlanga-García & L. A. Sánchez-González. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 476-495. DOI:10.7550/rmb.41882
- Oksanen, J, F. G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. Solymos, M. H. H. Stevens, H. Wagner. 2011. *Vegan: community ecology package*. R package version 1.17-8. <http://CRAN.Rproject.org/package=vegan>.
- Ortíz-Pulido, R., A. T. Peterson, M. B. Robbins, R. Díaz, A. G. Navarro-Sigüenza & G. Escalona-Segura. 2002. The Mexican Sheartail (*Doricha eliza*): Morphology, behavior, distribution, and endangered status. *Wilson Bull.* 114 (2): 153–160.
- Pasos, E. R. M. 2006. Evaluación de las poblaciones de aves silvestres con potencial económico en una unidad de manejo y aprovechamiento de vida silvestre (UMA) del sur de Yucatán, México. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
- R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL (<https://www.R-project.org/>).
- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. DeSante & B. Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 46 p.
- Ramírez-Albores, J. E. 2008. Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 58 (1): 511-528.
- Rappole, J. H., & M. A. Ramos. 1994. Factors affecting migratory bird routes over the Gulf of Mexico. *Bird Conserv. Int.* 4: 251–262.
- Rappole, J. H., S. R. Derrickson & Z. Hubálek. 2000. Migratory Birds and Spread of West Nile Virus in the Western Hemisphere. *Emerging Infectious Diseases*. 6 (4): 319-328.
- Raymundo, A. 2010. Listado de aves de Yucatán. Pronatura Península de Yucatán y Secretaría de Fomento Turístico.
- Raymundo, A., E. Gómez & T. M. A. Pérez. 2015. Listado de Aves de Yucatán. Festival de las aves Toh. PRONATURA. www.festivalavesyucatan.com
- Ruelas I., E. 2010. Aves rapaces migratorias. CONABIO. *Biodiversitas*, 2: 11-15.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA) 2006. Programa de Manejo de la Reserva Estatal de Dzilam. Primera Edición, Yucatán, México 191 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2002. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Ría Celestún. Primera edición, México, D. F.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2007. Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera Ría Lagartos. Primera edición, México, D. F. 266 pp.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059, Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección, México. 78 pp.

Segovia C., A., J. Sosa E., D. Alonzo P. y J. Chablé S. 2010. Aprovechamiento cinegético de aves acuáticas migratorias En: Durán, R. y M. Méndez (Eds). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY-PPD-FMAM-CONABIO-SEDEMA.

Sibley, D. A. 2000. The Sibley Guide to Birds. National Audubon Society. New York. 544 p.

Sporer M. K., J. F. Dwyer, B. D. Gerber, R. E. Harness y A. K. Pandey. 2013. Marking power lines to reduce avian collisions near the Audubon National Wildlife Refuge, North Dakota. Wildlife Society Bulletin 37: 796–804.

Thornton, E. K., K. F. Emery, D. W. Steadman, C. Speller, R. Matheny & D. Yang. 2012. Earliest Mexican Turkeys (*Meleagris gallopavo*) in the Maya Region: Implications for Pre-Hispanic Animal Trade and the Timing of Turkey Domestication. PLoS ONE 7(8): 426-430.

Vargas S., J. 2008. Fenología reproductiva y éxito de anidación de la matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*: Aves; Troglodytidae) en la reserva de la biosfera Ría Celestún, Campeche, México. Tesis Maestría, El colegio de la Frontera sur (ECOSUR). 65 pp.

Mastofauna terrestre no voladora

Álvarez del Toro, M. 1977. “Los mamíferos de Chiapas”. Universidad Autónoma de Chiapas. México. 147 pp.

Amador, L. (Ed) 2010. “Técnicas para el Monitoreo de Vertebrados”. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Aranda M. 2000. “Manual para la identificación de huellas y otros rastros de los Mamíferos grandes y medianos de México”. INECOL, CONABIO, México

Aranda M. 2005. *Herpailurus yagouaroundi*. En Ceballos y Oliva (eds.) “Los mamíferos silvestres de México”. México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.

Aranda M. 2005. *Leopardus pardalis*. En Ceballos & Oliva (eds.) “Los mamíferos silvestres de México”. México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica. PP.: 359

Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer (coords.). 2000b. “Regiones terrestres prioritarias”. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Bisbal, F. J. 1989. “Distribution and habitat association of the carnivores in Venezuela”. In: Redford, K. H. & Eisenberg, J. (Eds.). Advances in Neotropical Mammalogy. Sandhill Crane Press. EUA. pp. 339-362

Briceños-Méndez M.A; Montes-Pérez R., Aguilar W.C y Pool-Cruz A. 2011. “La cacería del pecarí de collar (*Pecarí tajacu*) *Artiodactyla: Tayassuidae* en Tzucacab, Yucatán, México”. Revista Mexicana de mastozoología (Nueva época) Año 1. No. 1:8-18

Broad, S., Luxmoore, R. & Jenkins, M. 1988. “Significant trade in wildlife: A review of selected species in CITES Appendix II”. Vol. 1. CITES. EUA.

- Bustamante R., A. Oporto, S. Moraga, F. De La Barrera, G. Sepúlveda & D. Moreira. 2009. "Informe sobre mitigación de impacto ambiental en Fauna Silvestre: Rescate y Relocalización". SAG-Universidad de Chile.
- Ceballos G y Arroyo-Cabrales J. 2012. "Lista actualizada de los mamíferos de México". Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época. Año2 No.2
- Ceballos, G.; Oliva, G. (2005). "Los Mamíferos Silvestres de México". CONABIO, Fondo de Cultura Económica. México.
- Chávez C., Zarza H. 2009. "Distribución potencial del hábitat del jaguar (*Panthera onca*) y áreas de conflicto humano-jaguar en la Península de Yucatán". Revista Mexicana de Mastozoología.13:46-62
- Chávez-Tovar J.C. Eira barbara. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.2005. Pp.377
- Chávez-Tovar J.C. Galictis vittata. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.2005. Pp.379
- Cimé-Pool J.A. 2006. "Ecología de comunidades de pequeños roedores en un gradiente de perturbación de selva baja caducifolia espinosa de la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán, México". Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Cimé-Pool J.A; Hernández-Betancourt S.F y Chablé-Santos. 2007. "Comunidad de pequeños roedores en dos agroecosistemas del estado de Yucatán". Revista Mexicana de Mastozoología. 11:57-67.
- Cimé-Pool J.A; Hernández-Betancourt S.F y Medina S.P. 2002. "Area de actividad de *Heteromys gaumeri* en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán". Revista Mexicana de Mastozoología. 6:5-18.
- Cimé-Pool J.A; Hernández-Betancourt S.F; Barrientos R.C. 2010. "Diversidad de pequeños roedores en una selva baja caducifolia espinosa del noreste de Yucatán, México". *Therya*. Abril Vol.1 (1):23-40
- Colchero F; O´Farril y Medellín R.A. *Didelphis marsupialis*. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica.
- Cuarón A.D. *Tamandua mexicana*. En Ceballos y Oliva (eds.) "Los mamíferos silvestres de México". México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica. 2005
- Gallina, S. & C. López-Gonzales (Editor). 2011. "Manual de Técnicas para el Estudio de la fauna". Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México. 377 pp. (On line: <http://www.Uaq.mx>)
- Genoways H.H and Jones J.K. 1975 "Annotated checklist of mammals of the Yucatan Peninsula, México". Cap. IV. Carnivora, Sirenia, Perissodactyla, Artiodactyla. Occas, paper Mus; Texas Tech University. 26:1-22

- González Romero A." Métodos de estimación, contención y captura de mamíferos". En Gallina S.T; López-González.2011. "Manual de técnicas para el estudio de la fauna". Instituto de ecología A.C, Universidad Autónoma de Querétaro. PP. 124.
- Halfpeter G, Soberón J, Koleff P; Melic A. 2005 Sobre diversidad biológica: El significado de las Diversidades, alfa, beta y gamma. CONABIO, CONACYT, DIVERSITAS. Zaragoza 2005
- Hall.1981." The Mammals of North America. University of Kansas
- Hernández-Bentancourt S.F y Segovia-Castillo A.H. Capítulo 3. "La cacería de subsistencia en el sur de Yucatán". En "Uso y manejo de fauna silvestre en el norte de Mesoamérica". Guerra-Roa M.M; Calmé S; Gallina T.S y Naranjo-Piñera E.J eds. INECOL-ECOSUR. Gobierno del Estado de Veracruz 2010. PP. 79-114.
- Hernández-Cardona A., Lago-Torres L.A, Ibarra-González L, Faller-Menéndez J.C y Pereyra-Arellano. 2007 "Registro del Tlacuachin (*Tlacuatzin canescens*) en el área de conservación el zapotal en el noreste del estado de Yucatán". Revista Mexicana de Mastozoología. 11:85-90
- Hernández-Pérez E., Reyna-Hurtado R., Castillo-Vela G., San Vicente-López M., Moreira-Ramírez J.F. "Foto trampeo de mamíferos terrestres de talla mediana y grandes asociados a petenes del noroeste de la Península de Yucatán, México". *Therya* Vol 6 8(3): 559-574
- Jones C; Mc Shea W.J; Conroy M.J & Kunz T.H. Chapter 8 Capturing mammals. En Wilson D.E, Russell F.C; Nichols J.D; Rudran R. & Foster M.S. »Measuring and monitoring biological diversity: Standar method for Mammals. 1996. Smithsonian Institution Press. Washinton & London.
- Leopold, A. S. 1959. "Wildlife of Mexico: the game birds and mammals". 538. Univ. California Press. EUA. p. 538
- López-Coba E.H.2006. "Evaluación de las preferencias de consumo del follaje de cuatro especies de árboles forrajeros por el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en una unidad de manejo ambiental (UMA)". Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
- López-González C.A, Carmma E., Guitierrez-González y Lara-Díaz N.E. 2011. "Carnívoros: Inventario y monitoreo". En En Gallina S.T; López-González.2011. "Manual de técnicas para el estudio de la fauna". Instituto de ecología A.C, Universidad Autónoma de Querétaro.
- López-Wilchis, R. & López-Jardines, J. 1998. Los Mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá, Volumen I. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México.
- Lorenzo C; Cervantes F.A.*Sylvilagus floridanus*. En Ceballos G, Oliva G.2005. "Los Mamíferos silvestres de México" CONABIO, Fondo de Cultura Económica.
- Massei, G., R. J. Quay, J. Gurney, D. P. Cowan. 2010. Can translocations be used to mitigate human-wildlife conflicts? *Wildlife Research* 37: 428-439.
- Mendoza, E., y R. Dirzo. 1999. "Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): Evidence for the declaration of the northernmost tropical hotspot". *Biodiversity and Conservation* 8: 1621-1641.

- Meneses-Lazo R-E. 2009 "Fluctuación poblacional de pequeños mamíferos roedores en el parque nacional Dzibilchaltún, Yucatán, México". Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Mondolfi, E. 1986. "Notes on the biology and status of the small wild cats in Venezuela". In: Miller, S. & Evertt, D. D. (Eds.). *Cats of the world: biology, conservation, and management*. National Wildlife Federation. EUA. pp. 125-146
- Montgomery, G.G. 1985 "Impact of vermilinguas (Cyclopes, Tamandua: Xenartha=Edentata) on arboreal ant populations. Pp.351-363, en: *The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas* (Montgomery, G.G;ed) Smithsonian Institution Press, Washinton D.C
- Oliveira, T. G. 1994. "Neotropical cats. Ecology and Conservation". EDUFMA. Brasil.
- Oliveira, T., Paviolo, A., Schipper, J., Bianchi, R., Payan, E. y Carvajal, SV 2015. *Leopardus wiedii*. La Lista Roja de Especies Amenazadas 2015 de la UICN: e.T11511A50654216. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T11511A50654216.es>. Descargado el 23 de mayo de 2018.
- Pennington, T.D., y J. Sarukhán. 1998. "Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies", 2a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México.
- Pozo T.C, Escobedo C.E. 1999. "Mamíferos terrestres de la reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana roo." *Revista de biología tropical*. 47 (1-2):251-262.
- Reid, F. (2008). *A field guide to mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press.
- Reyna-Hurtado R.A, Tanner G.W. 2010. "Efecto de la perturbación humana en la abundancia relativa de ungulados en tres comunidades de la región de Calakmul, Campeche, México. En En "Uso y manejo de fauna silvestre en el norte de Mesoamérica". Guerra-Roa M.M; Calmé S; Gallina T.S y Naranjo-Piñera E.J eds. INECOL-ECOSUR. Gobierno del Estado de Veracruz 2010. Pp 115-136.
- Robinson J.G K.H. 1986. Body size, diet and population density of neotropical forest mammals. *American naturalist*. 128(5): 665-680
- Roemer, G. W., Gompper, M. E. & Valkenburgh, B. V. 2009. "The ecological role of the mammalian mesocarnivore". *Bioscience*. 59(2):165-173
- Rudran R; Kunz T.H; Southwell C 5 Smith A.P. "Chapter 6. Observational techniques for non Volant mammals." En Wilson D.E, Russell F.C; Nichols J.D; Rudran R. & Foster M.S. »Measuring and monitoring biological diversity: Standar method for Mammals. 1996. Smithsonian Institution Press. Washintong & London.
- Sánchez-Hernández C., García-Estrada C., Romero-Almaraz Ma. De L. 2000 "Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. UNAM.
- Sosa-Escalante J.E. 1994 "Mamíferos silvestres de la reserva estatal Dzilám, Yucatán. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.

- Sosa-Escalante J.E; Hernández-Betancourt S.F; Pech-canche J.M; Mac Swiney C; y Díaz-Gamboa R. 2014. “Los Mamíferos de Yucatán”. Revista mexicana de mastozoología (nueva época). Año 4. No.1.
- Sosa-Escalante J.E; Pech-Canché J.M; Mac Swiney C; Hernández-Betancourt S.F.2013. “Mamíferos terrestres de la península de Yucatán, México: Riqueza, endemismo y riesgo. Revista mexicana de biodiversidad. 84(3):949-969.
- Sunquist, M. E. & Sunquist, F. C. 2002. “Wildcats of the World”. The University of Chicago Press. EUA. 452 pp.
- Ticul S; Álvarez-Castañeda; González-Ruiz. 2015. “Guía para identificar los Mamíferos de México.” Centro de investigaciones biológicas del Noroeste.
- Uribe J; Arita H. 1998. “Distribución, diversidad y conservación de los mamíferos de importancia cinegética en México.” Acta zoológica mexicana (nueva serie).75:45-71.
- Valenzuela G.D.2005. Procyon lotor. En Ceballos & Oliva (eds.) Los mamíferos silvestres de México. México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad/Fondo de cultura Económica
- Vazquez-Piña O.O.2011.” Abundancia de pequeños roedores presentes en un sistema productivo y acahual en relación a la precipitación anual en la reserva ecológica de Cuxtal, Yucatán. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Zarza H; Medellín R.A. Didelphis virginiana. En Ceballos G., Oliva G. 2005. “Los Mamíferos silvestres de México”. CONABIO, Fondo de Cultura Económica.
- Zetina-Tejero Z.A.2013 “Densidad poblacional del Jaguar (Panther onca Linnaeus, 1758) y frecuencia relativa de avistamientos de sus presas en la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán” Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.

Mastofauna voladora

- Baerwald, E. F. & R. M. R. Barclay. 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. J. Wildl. Manag. 75: 1103–1114.
- Baerwald, E. F., G. H. D’Amours, B. J. Klug & R. M. R. Barclay. 2008. Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. Curr. Biol. 18: 695–696.
- Barclay, R. M. R. & L. M. Harder. 2003. “Life histories of bats: life in the slow lane.” Pages 209–253 in T. H. Kunz and M. B. Fenton, editors.” Bat Ecology. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Borges, A., O. Carvente, B. González, E. Ordoñez, M. Palmero, M. Pérez & H. Valdiviezo. 2014. Predicción del potencial eólico disponible en Mérida, Yucatán, México. Boletines. <http://cicyucatan.mx/>
- Ceballos G & Arroyo-Cabrales J. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México. Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época. Año2 No. 2.
- Ceballos, G. & G. Oliva. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. CONABIO, Fondo de Cultura Económica. México.

- Chávez-Tovar J.C. *Galictis vittata*. 2005. En: Ceballos & Oliva (Eds.) *Los mamíferos silvestres de México*. México. Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad. Fondo de cultura Económica. Pp. 379.
- Cimé-Pool J .A. 2006. *Ecología de comunidades de pequeños roedores en un gradiente de perturbación de selva baja caducifolia espinosa de la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán, México*. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
- CITES. 2014. *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres*.
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. Royal Soc. London B*. 345: 101-118.
- Colwell, R. K. 2013. *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide)*, Versión 9.1.0. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Galindo-González, J., Guevara, S. & Sosa, V., 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology*, 14 (6): 1693-1703.
- Halffter G, Soberón J, Koleff P; Melic A. 2005. Sobre diversidad biológica: El significado de las Diversidades, alfa, beta y gamma. CONABIO, CONACYT. *Diversitas*. Zaragoza.
- Henestroza, O. R. 2009. Centrales eólicas en el Istmo de Tehuantepec; su impacto ambiental y socioeconómico. *Elementos*. 74(16): 39.
- INECOL-CFE. 2014. *Estudio del monitoreo de aves y murciélagos en la central eólica La Venta II, municipio de Juchitán, Oaxaca*. Realizado por el Instituto de Ecología A.C. Elaborado para la Comisión Federal de Electricidad.
- IUCN. 2014. *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. (IUCN Red List of Threatened Species). <www.iucnredlist.org>
- Kunz, T. H., E. B. Arnett, B. M. Cooper, W. P. Erickson, R. P. Larkin, T. Mabee, M. L. Morrison, M. D. Strickland & J. M. Szwczak. 2007. *Assessing Impacts of Wind-Energy Development on Nocturnally Active Birds and Bats: A Guidance Document*. *J Wildl Manag.* 71 (8): 2449–2486. DOI: 0.2193/2007-270.
- Kunz, T. H., E. B. Arnett, W. P. Erickson, A. R. Hoar, G. D. Johnson, R. P. Larkin, M. D. Strickland, R. W. Thresher, and M. D. Tuttle. 2007. *Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses*. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 315–324.
- Larsen, R. J., K. A. Boegler, H. H. Genoways, W. P. Masefield, R. A. Kirsch, and S. C. Pedersen. 2007. *Mist netting bias, species accumulation curves, and the rediscovery of two bats on Montserrat (Lesser Antilles)*. *Acta Chiropterologica*. 9:423–435.
- Ledec, G., K. Rapp & R. Aiello. 2011. *Full report, Greening the Wind: Environmental and Social Considerations for Wind Power Development in Latin America and beyond*. Energy Unit, Sustainable Development Department. The World Bank. 170 p.

- MacSwiney, M. C., F. M. Clarke & P. A. Racey. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology* 45:1364-1371.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.
- McAleece, N., J. D. G. Gage, P. J. D. Lamshead & G. L. J. Paterson. 1997. *BioDiversity Professional statistics analysis software*. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London. See more at: <http://www.sams.ac.uk/peter-lamont/biodiversity-pro#sthash.9X53Kp2E.dpuf>
- Medellín, R. A. 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. Pp. 333-354 in *Avances en el estudio de los mamíferos de México* (Medellín, R. A., y G. Ceballos, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Ciudad de México, México.
- Medellín, R. & Gaona O., 1999. Seed dispersal by bats and birds in forest and disturbed habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica*. 31 (3): 478-485.
- Medellín, R., H. Arita & O. Sánchez. 2008. *Identificación de los Murciélagos de México, clave de campo*. 2a ed. Instituto de Ecología, UNAM, México, DF.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, 84 p.
- Neuweiler, G., 2000. *The biology of bats*. Oxford university press, Oxford.
- O'Farrell, M. J., & B. W. Miller. 1999. Use of vocal signatures for the inventory of freeflying Neotropical bats. *Biotropica*. 31: 507-516.
- O'Farrell, M. & W. Gannon. 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *Journal of Mammology*, 80(1): 24-30.
- Pech-Canche, J. M., E. Estrella, D. L. López-Castillo, S. F. Hernández-Betancourt & C.E. Moreno. 2011. Complementarity and efficiency of bat capture methods in a lowland tropical dry forest of Yucatan, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 896-903.
- Rodríguez-Durán A. & W. Feliciano-Robles. 2015. Impact of Wind Facilities on Bats in the Neotropics. *Acta Chiropterologica*. 17:365-370.
- Rydell, J., H. T. Arita, M. Santos & J. Granados. 2002. Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatán, México. *Journal of Zoology*. 257:27-36.
- Sánchez-Hernández, C., C. García-Estrada & M. L. Romero-Almaraz. 2000 *Mamíferos pequeños: Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio*. UNAM.
- Segovia-Castillo, A. 1995. *Los murciélagos de la reserva de Dzilam, Yucatán, México*. Tesis. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.

- Sélem-Salas, C., J. Tun-Garrido, S. Hernández-Betancourt, J. Chablé-Santos & J. Ortíz-Díaz. 2012. Riqueza y abundancia de murciélagos (Mammalian: Chiroptera) en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. *Bioagrobiencias* 5: 11-14.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio -Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección, México. Estados Unidos Mexicanos. Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F. 78 p.
- Sosa-Escalante, J. E. 1994. Mamíferos silvestres de la reserva estatal Dzilám, Yucatán. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Sosa-Escalante, J. E., S. F. Hernández-Betancourt, J. M. Pech-Canche, C. Mac Swiney & R. Díaz-Gamboa. 2014. Los Mamíferos de Yucatán. *Revista mexicana de Mastozoología*. Año 4. No.1.
- Sosa-Escalante J. E, J. M. Pech-Canché, C. Mac Swiney & S. F. Hernández-Betancourt. 2013. Mamíferos terrestres de la península de Yucatán, México: Riqueza, endemismo y riesgo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84(3): 949-969.
- Sosa-Escalante, J., S. Hernández-Betancourt, J. Pech-Canché, C. MacSwiney & R. Díaz-Gamboa. 2014. Los Mamíferos del Estado de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología*. 4 (1): 40-59.
- Tapia-Aguilar, B. 2013. Identificación acústica de los murciélagos insectívoros de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Tzab-Hernández, L. 2012. Variación estacional de murciélagos frugívoros y polínectarívoros y transporte de recursos polínicos en selvas de la Reserva de la Biosfera de Ría Lagartos, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Wang, S. & S. Wang. 2015. Impacts of wind energy on environment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49: 437-443.
- Williams-Guillén, K., Perfecto, I. y Vandermeer, J., 2008. Bats Limits Insects in a Neotropical Agroforestry System. *Science*, 320, 69-70.

Herpetofauna

- Aguirre-León, G. 2011. Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. En: Gallina, S. y C. López-González (editor). *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Volúmen I. Universidad Autónoma de Querétaro - Instituto de ecología A.C. (pp. 61-85). Querétaro, México.
- Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez-Mahecha y E. La Marca (Eds). 2006. *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Serie Manuales de Campo N° 2. Conservación Internacional. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C. 298 pp.
- Böhm, M. et al. 2013. The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation* 157:372-385.

- Brito-Castillo, L. 1998. Los anfibios y reptiles de la Reserva de Dzilam Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. UADY-FMVZ. Licenciatura en Biología. Mérida. Yucatán. 84 pp.
- Bustamante, R., A. Oporto, S. Moraga, F. De La Barrera, G. Sepúlveda y D. Moreira. 2009. Informe sobre mitigación de impacto ambiental en Fauna Silvestre: Rescate y Relocalización. SAG-Universidad de Chile. Recuperado 28-01-2016 de: http://www.sag.cl/sites/default/files/guia_tecnica_medidas_de_mitigacion.pdf
- Campbell, J. 1998. Amphibian and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán and Belize. University of Oklahoma Press Norman, Oklahoma. 380 pp.
- Carey, C., W. R. Heyer, J. Wilkinson, R. A. Alford, J. W. Arntzen, T. Halliday, L. Hungerford, K. R. Lips, E. M. Middleton, S. A. Orchard y A. S. Rand. 2001. Amphibian declines and environmental change: Use of remote-sensing data to identify environmental correlates. *Conservation Biology*, 15: 903-913.
- Chablé-Santos, J. 2014. Especies. En Durán-García, R. y M. Méndez-González (ed.). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, Conabio, Seduma. Mérida, Yuc. 496 pp.
- CITES. 2014. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide), Versión 9.1.0. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Crump, M. L. 2003. Conservation of amphibians in the New World tropics. En: Semlitsch, R.D. (ed) Amphibian Conservation. Smithsonian Institution. (pp. 53-69). USA.
- Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. FAN. Santa Cruz de la Sierra. 147 – 162 pp.
- Flores-Villela, O. 1993a. Herpetofauna Mexicana. Special Publications, Carnegie Museum of Natural History 17:1-73.
- Flores-Villela, O. 1993b. Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. In Biological diversity of Mexico: origins and distributions, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds). Oxford University Press, New York. p. 253-280.
- Flores-Villela, O. y U. O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S467-S475.
- Gallina, S. y C. López-González (editor). 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volúmen I. Universidad Autónoma de Querétaro - Instituto de ecología A.C. Querétaro, México. 377pp.
- Gascon, C. y T. E. Lovejoy. 1998. Ecological impacts of forest fragmentation in Central Amazonia. *Zoology*. 101: 273-279.
- Gibbons, J. W., D. E. Scott, T. R. Ryan, K. A. Buhlmann, T. D. Tuberville, B. S. Metts, J. L. Greene, T. Mills, Y. Leiden, S. Poppy y T. Winne. 2000. The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *Bioscience*, 50: 653-666.

- González-Martínez, C. y J. Chamblé-Santos. 2002. Herpetofauna de dos tipos de vegetación de la Península de Yucatán. En: Memorias de la VII Reunión Nacional de Herpetología. Guanajuato. México.
- González-Martínez, C. y J. Chamblé-Santos. 2005. Abundancia y riqueza de anfibios y reptiles de la reserva Ría Celestún, Yucatán, México. En: Memorias del VII Congreso Latinoamericano de Herpetología. Herpetología Americana. Cuernavaca, Morelos, México. 132 pp.
- Hammer, Ø. D., A. T. Harper y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontología Electrónica* 4: 1-9.
- Köhler, G. 2003. Reptiles of Central America. Herpeton Verlag. Germany.
- Koleff, P. y A. Melic (eds). Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. CONABIO, SEA, DIVERSITAS y CONACyT. (pp. 191-207). España.
- Lee, J. 1996. The amphibians and reptiles of Yucatán Peninsula. Cornell University Press, Ithaca NY. 500pp.
- Lee, J. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of Maya world. Cornell University Press, Ithaca NY. 402 pp.
- Liner, E. A. 2007. A checklist of the amphibians and reptiles of Mexico. *Occasional Papers of the Museum of Natural Science, Louisiana State University* 80:1-60.
- Magurran, A. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing. Oxford. 265 p.
- Molina-Ruiz, J y M. L. Tudela-Serrano. 2006. Identificación de impactos ambientales significativos en la implantación de parques eólicos. Un ejemplo en el municipio de Jumilla (Murcia). *Investigaciones Geográficas (esp)*, 41: 145-154.
- Moreno, C., F. Barragán, E. Pineda y N. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 1249-1261.
- Ochoa-Ochoa, L. M. y O. Flores-Villela. 2006. Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. UNAM-Conabio, México. 211 p.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Suplo*. 85:S460-S466.
- Peña-Peniche, L. A. 2006. Estructura de la comunidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. UADY-FMVZ. Licenciatura en Biología. Mérida. Yucatán. 51 pp.
- Ramírez, S., P. Meza-Ramos, M. Yáñez-Muñoz y J. Reyes. 2009. Asociaciones interespecíficas de anuros en cuatro gradientes altitudinales de la Reserva Biológica Tapichalaca, Zamora-Chinchipe, Ecuador. *Serie Zoológica*, 4(5), 35-49.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección: 1-78.

Semlitsch, R. D. (ed.). 2003. Amphibian Conservation. Smithsonian Institution, USA. 324 p.

Stuart, S. N., J. S. Chanson, N. A. Cox y B. E. Young. 2010. The global decline of amphibians: Currents trends and reptiles. En: Wilson, L.D., J.H. Townsend, J.D. Johnson (eds). Eagle Mountain Publishing, LC. pp. 1-2.

Tuberville, T. D., J. D. Willson, M. E. Dorcas y J. W. Gibbons. 2005. Herpetofaunal species richness of southeastern national parks. Southeastern Naturalist 4: 537-569.

UICN. 2014. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Urbina-Cardona, J.N y V.H. Reynoso. 2005. Recambio de anfibios y reptiles en el gradiente potrero-borde-interior en la Reserva de Los Tuxtlas, Veracruz, México. En: Halffter, G., J. Soberón,

Van Dijk, P. P., J. B. Iverson, H. B. Shaffer, R. Bour y A. G. J. Rhodin. 2012. Turtles of the world, 2012 update: annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. Chelonian Research Monographs 5: doi: 10.3854/crm.5.000.checklisdt.v5.2012.

Vitt, L. J. y J. P. Caldwell. 2009. Herpetology, an introductory biology of amphibians and reptiles. 3rd Ed. Academic Press, Amsterdam. 270 p.

Young, B. E., S. N. Stuart, J. S. Chanson, N. A. Cox, y T. M. Boucher. 2004. Disappearing Jewels: The Status of NewWorld Amphibians. NatureServe, Arlington, Virginia. 55 pp.

Zug, G.R., L.J. Vitt y J.P. Caldwell. 2001. Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. Academic Press. USA. 630 p.

Socioeconómico

Asamblea Mexicana de Energía Eólica AMDEE (2016). Reporte de Apoyo al desarrollo del PRODESEN. <https://www.amdee.org/Publicaciones/3er%20Estudio%20E%C3%B3lico%20AMDEE%20Documento%20Prodesen%20PwC.pdf>

Asamblea Mexicana de Energía Eólica AMDEE (2018). Capacidad Instalada de Energía Eólica en Mexico 2018. <https://www.amdee.org/mapas/parques-eolicos-mexico-2018>

Cárdenas, I. (2 de mayo del 2018). Inaugurán en un mes el parque eólico de Yucatán. MILENIO NOVEDADES. <https://sipse.com/milenio/parque-eolico-yucatan-inauguracion-rolando-zapata-cines-tren-queretaro-estado-mexico-pais-294656.html>

CONAPO. (2010a). Índice de marginación por entidad federativa y municipio, 2010. Ciudad de México: CONAPO.

CONAPO. (2010b). Yucatán: Proyecciones de población de localidades seleccionadas, 2010-2030. Ciudad de México: CONAPO.

CONASAMI. (2017). Salario mínimo nacional.

- CONEVAL. (2010). Medición de la pobreza, Yucatán, 2010. Ciudad de México: CONEVAL.
- INAFED. (2014). Enciclopedia municipalista Yucatán. INAFED.
- INEGI 2009. Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional. Escala 1:250,000. Serie II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. 2010a. ITER Yucatán, Censo de Población y Vivienda, 2010. Resultados definitivos. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. 2010b. ITER Yucatán, Censo de Población y Vivienda, 2010 Resultados sobre localidades con menos de 5 mil habitantes. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. 2015. Salud. Encuesta intercensal 2015. INEGI.
- Ley General de Cambio Climático (2015).
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/LGCC.pdf>
- Mejía, A. 2015. ¿Hacia La Transición De Paradigmas? De La Seguridad De Suministro A La Autonomía Energética En Entornos Urbanos y Regionales En México. En Sánchez, J.(2015). Energía, Gobernanza y Sostenibilidad. Ciudad de Durango, México: Editorial de La Universidad Juárez del Estado de Durango.
https://issuu.com/julieta.san2009/docs/energia_gobernanza_y_sostenibilidad
- Santos, D. (2017). ANÁLISIS DEL USO POTENCIAL DE MICROALGAS MARINAS PARA EL DESARROLLO DE BIOREFINERÍAS ENERGÉTICAS EN MÉXICO. En Mejía, N. (2017). Estudios Estratégicos del Sector Energético. Ciudad de Durango, México.
https://issuu.com/juanleonardofortisolozano/docs/estudios_estrat_gicos_del_sector_e
- SENER (2017). REPORTE DE AVANCE DE ENERGÍAS LIMPIAS PRIMER SEMESTRE 2017. Secretaría de Energía (2017). México.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279723/Informe_Renovables_2017_11122017.pdf
- UN Environmentl and Bloomberg New Energy Finance (2018). La inversión eólica cae a un nivel bajo de cuatro años. <https://www.windpowermonthly.com/article/1454674/wind-investment-falls-four-year-low>

VIII.4.9 PAISAJE

- Bosque, J; Escobar, F.J; García, E y Salado, M.J. (1994): Sistema de Información Geográfica. Prácticas con PC ARC-INFO e IDRISI. Editorial RAMA. Madrid.
- Molina, J. Tudela, M.L.; Cano, M.P. y Bueno, J.M (2001): «Minimización del impacto paisajístico en la actividad minera a cielo abierto. Demostración teórica y práctica de los costes de restauración». Papeles de Geografía, 33, 123-131. Universidad de Murcia.

VIII.4.10 DIAGNÓSTICO

- Equihua Z., M., N. García-Alaniz, O. Pérez-Maqueo, G. Benítez-Badillo, M. Kolb, M. Schmidt, J. Equihua B., P. Maeda & J.L. Álvarez-Palacios, 2014. Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental. En:

González, C.A., Vallarino, A., Pérez, J.C., Low, A.M. (Eds.). 2014. Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México (pp. 687-710).

Coordinación del Servicio Meteorológico Nacional, (2002). Reseña del huracán “Isidore” del océano atlántico. Consultado en:

<http://smn1.conagua.gob.mx/ciclones/tempo2002/atlantico/isidore/isidore.html> el 07 de julio del 2017.

Palacio-Prieto J. L., Sánchez-Salazar M. T., Casado Izquierdo J. M., Propin Frejomil E., Delgado Campos J., Velásquez Montes A., Chías Becerril L., Ortíz Álvarez M. L., González Sánchez J., Negrete Fernández G., Morales G. J., Márquez Huitzil R., (2004), Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. SEMARNAT-INE-UNAM, México, DF

Faber-Langendoen, D., J. Rocchio, S. Thomas, M. Kost, C. Hedge, B. Nichols, K. Walz, G. Kittel, S. Menard, J. Drake, and E. Muldavin. 2012. Assessment of wetland ecosystem condition across landscape regions: A multi-metric approach. Part B. Ecological Integrity Assessment protocols for rapid field methods (L2). EPA/600/R-12/021b. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development (EPA), Washington, E.U.

García-Alaniz, N. y M. Schmidt, 2016. Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 206 pp.

García-Alaniz, N., M. Equihua, O. Pérez-Maqueo, J. Equihua B., P. Maeda, F. Pardo U., J.J. Flores M., S.A. Villela G. y M. Schmidt, 2017. The Mexican National Biodiversity and Ecosystem Degradation Monitoring System. Current Opinion in Environmental Sustainability 26: 62–68.

Herrera, B. y L. Corrales, 2004. Midiendo el éxito de las acciones en las áreas protegidas de Centroamérica: Evaluación y Monitoreo de la Integridad Ecológica. PROARCA/APM, Guatemala. 44 pp.

Komar, O., Schlein, O., y Lara, K. 2014. Guía para el monitoreo de integridad ecológica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y Vida Silvestre de Honduras. ICF, SINFOR, Escuela Agrícola Panamericana (EAP/Universidad Zamorano) y Proyecto USAID ProParque. Tegucigalpa, Honduras. 39 pp.

Parrish, J.D., Braun, D.P., Unnasch, R.S. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. BioScience 53, 9: 851-860.

Sánchez-Parra, L. A., 2014. Redes Bayesianas para inferir integridad ecológica en los ecosistemas mexicanos. Trabajo recepcional. Especialización en Métodos Estadísticos, Facultad de Estadística e Informática, Universidad Veracruzana. 21 pp.

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación), 2016. Marco conceptual y guía metodológica para la Integridad ecológica en Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía. San José, Costa Rica. 39 pp.

Tierney, G. L., D. Faber, W. Langendoen, B. R. Mitchell, W. G. Shriver, y J. P. Gibbs, 2009. Monitoring and evaluating the ecological integrity of forest ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7:308–316.

Vélez R., L. A. y A. Gómez S., 2008. Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura* CLXXXIV 729: 31-44.

VIII.4.11 IMPACTOS

Canadian Environmental Assessment Agency. 1999. *Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide*. The Cumulative Effects Assessment Working Group.

Canter, L. W. 1997. *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: técnicas para la elaboración de los estudios de impacto*. 2ª ed. McGraw Hill/Interamericana de España, S. A. U. Madrid, España, 84 p.

Conesa.-Fernández, V. 1997. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 3ª ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, 412 pp.

Eccleston, Charles H. 2001. *Environmental impact assessment: a guide to best professional practices*.

INECOL 2007. *Monitoreo de murciélagos para el proyecto de Investigación Centro Regional de Tecnología Eólica (CERTE) para conocer el escenario previo a la instalación de tres aerogeneradores*. Instituto de Ecología, A. C. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. 33 pp.

INECOL. 2003. *Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Particular, para el Proyecto P.E. La Venta II*.

INECOL. 2009. "Estudio prospectivo de fauna avifauna y quirópteros para las centrales eoloeléctricas Oaxaca I,II,III y IV, Oaxaca. Informe Final.

INECOL. 2011. "Plan de vigilancia de la fauna (aves y murciélagos) en la central eólica la venta II, Oaxaca 2011.

INECOL-CFE, 2007. *Manifestación de Impacto Ambiental. Modalidad Particular. Del Proyecto 31 CE La Venta III, Oaxaca. Reporte Final. Junio de 2007*.

Pérez-Maqueo, O. 2003. *Las Manifestaciones de Impacto Ambiental: un análisis crítico*. Tesis Doctoral, Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver. 160 pp + anexos.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. *Guía para la presentación de la manifestación ambiental del sector eléctrico, modalidad particular.*, México, D.F.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación, México, D.F., México.

UICN 2011. *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)*.

VIII.4.12 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Gauthreaux, S. A. Jr. and C. G. Belser. 1999. *The behavioural responses of migrating birds to different lighting systems on tall towers*. In *Proceedings of Avian Mortality at Communications Towers Workshop* (A. Manville, editor), 11 August 1999.

Hodos, W., A. Potocki, T. Storm and M. Gaffney. 2001. Reduction of motion smear to reduce avian collisions with wind turbines. Pp. 88-105. National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Proceedings. Prepared by Resolve, Inc., Washington DC.

Kingsley, A. and B. Whittam. 2001. Potential Impacts of Wind Turbines on Birds at North Cape, Prince Edward Island: A report for the Prince Edward Island Energy Corporation. Bird Studies Canada, Atlantic Region. 31 p.

Mossop, D.H. 1998. Five years of monitoring bird strike potential at a mountaintop wind turbine, Yukon Territory. CANMET Energy Technology Centre, Energy Technology Branch, Energy Sector, Department of Natural Resources Canada, Ottawa.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1993, Límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Diario Oficial de la Federación, México, D.F., México.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-015-SCT3-1995, Que regula el señalamiento visual y luminoso de objetos Diario Oficial de la Federación (dof-01-09-1996). México, D.F., México.

SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México, D.F., México.

Sterner, D. 2002. A Roadmap for PIER Research on Avian Collisions with Wind Turbines in California. California Energy Commission. 40 p.

U.S. Fish & Wildlife Service. 2003. Service Interim Guidance on Avoiding and Minimizing Wildlife Impacts from Wind Turbines. Washington D.C.

VIII.4.13 PRONÓSTICOS AMBIENTALES

CONAGUA. 2014. Estadísticas del Agua en México. 239 pp. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>.

IDAE. 2000. Plan de Fomento de las Energías Renovables en España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_4044_PFER2000-10_1999_1cd4b316.pdf.

Palacio-Prieto J. L., Sánchez-Salazar M. T., Casado Izquierdo J. M., Propin Frejomil E., Delgado Campos J., Velásquez Montes A., Chias Becerril L., Ortíz Álvarez M. L., González Sánchez J., Negrete Fernández G., Morales G. J., Márquez Huitzil R., (2004), Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. SEMARNAT-INE-UNAM, México, DF.

ESTA HOJA FUE
DEJADA
EN BLANCO
INTENCIONALMENTE