

DICTAMEN

de impactos ambientales derivados
del proyecto de extracción
industrial de roca caliza a cargo de
la empresa Calica (hoy SAC-TUN)
en los municipios de Solidaridad y
Cozumel, Quintana Roo



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



CONANP
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS
NATURALES PROTEGIDAS



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO

ÍNDICE

	Página
1 INTRODUCCIÓN GENERAL.	9
2 FUNDAMENTO LEGAL.	13
3 IMPACTOS AMBIENTALES.	19
3.1 Biodiversidad.	27
3.2 Agua.	44
3.3 Suelo.	75
4 PRINCIPALES RESULTADOS.	85
4.1 El Corchalito.	87
4.2 La Rosita.	92
4.3 La Adelita.	99
5 CONCLUSIONES GENERALES.	101
6 ANEXOS.	107
7 BIBLIOGRAFÍA.	211

FIGURAS	Página
1 Localización de los predios SAC-TUN, en los municipios de Solidaridad y Cozumel en Quintana Roo.	23
2 Superficie de los predios SAC-TUN, en los municipios de Solidaridad y Cozumel en Quintana Roo.	25
3 Vías de accesos a los predios SAC-TUN, en los municipios de Solidaridad y Cozumel en Quintana Roo.	26
4 Mapa de tipos de vegetación presentes en el área de estudio.	30
5 Selva alta o mediana subperennifolia.	33
6 Palmar.	34
7 Manglar.	34
8 Flora registrada en el área de estudio: a) chechem (<i>Metopium brownei</i>), b) chacá (<i>Bursera simaruba</i>).	35
9 Fauna registrada en el área de estudio: a) aninga americana (<i>Anhinga anhinga</i>), b) calandria dorso negro menor (<i>Icterus cucullatus</i>), c) ejemplar de murciélago frutero (<i>Artibeus jamaicensis</i>) y d) excretas de jaguar (<i>Panthera onca</i>).	39
10 Fauna registrada en el área de estudio: a) sardinita de Bacalar (<i>Astyanax bacalarensis</i>), b) pájaro toh (maya) (<i>Eumomota superciliosa</i>), c) iguana negra de cola espinosa (<i>Ctenosaura similis</i>) y d) centzontle tropical (<i>Mimus gilvus</i>).	40
11 Sección hipotética que muestra las condiciones previas al desarrollo de un aprovechamiento pétreo.	44
12 Fotografías aéreas de la porción norte del predio El Corchalito y el sitio turístico Mayan Water Complex.	45
13 Sección transversal de aprovechamiento de roca caliza.	46
14 Condiciones del sitio de estudio en el año 1985.	46
15 Perfil longitudinal A-A' del cenote del cenote 1 al 2, en condiciones originales.	47
16 Condiciones del sitio de estudio en el año 2022.	47
17 Corte A-A' del cenote 1 al 2, hipótesis de las condiciones actuales.	48
18 Preparación para el muestreo y medición de parámetros.	48
19 Ubicación de los cenotes visitados durante la visita de campo.	49
20 Equipo CTD.	50
21 Perfilador de efecto Doppler.	50
22 Equipo para medir distancias.	50
23 Toma de muestras y etiquetado de recipientes muestreo.	51
24 Preservación de las muestras y colocación de cama de hielo.	52
25 Hoja de registro de parámetros de campo medidos con Analizador Pocket Pro+ Multi 2 Tester (pH/conductividad/TDS/salinidad).	52
26 Alineamiento de flujo regional de los cenotes Coati y Cubera.	54
27 Mapa de isolíneas para el factor "K".	54

28	Cenotes muestreados fuera del área de influencia.	55
29	Comparación de los valores de Carbón Orgánico Total (COT).	5
30	Nitritos en la zona de estudio.	56
31	Nitratos en la zona de estudio.	57
32	Fluoruros en la zona de estudio.	57
33	DQO en la zona de estudio.	58
34	Mapa de isolíneas de Carbón Orgánico Total (COT).	60
35	Mapa de isolíneas de nitritos (N-NO ₂).	61
36	Mapa de isolíneas de nitratos (N-NO ₃).	61
37	Mapa de isolíneas de Demanda Química de Oxígeno (DQO).	62
38	Mapa de isolíneas de conductividad.	62
39	Mapa de isolíneas de sólidos disueltos totales.	63
40	Mapa de isolíneas de fluoruro (F).	63
41	Mapa de isolíneas de calcio (Ca).	64
42	Mapa de isolíneas de magnesio (Mg).	64
43	Mapa de isolíneas de potasio (K).	65
44	Mapa de isolíneas de sodio (Na).	65
45	Puntos inspeccionados sobre la carretera 307 Cancún-Tulum.	66
46	Evolución del área de agua expuesta en El Corchalito y La Rosita (2016-2022).	67
47	Evolución del área de agua expuesta para diferentes profundidades (2016-2022).	68
48	Fotografía satelital de los predios El Corchalito y La Rosita en abril del 2022.	69
49	Profundidad del nivel estático en cenotes.	70
50	Modelo digital de elevación y perfil topográfico.	70
51	Elevación del nivel estático en cenotes.	71
52	Dirección del flujo subterráneo.	72
53	Esquema del cálculo del gasto en celdas.	72
54	Celdas de entrada y salida.	73
55	Fotografía aérea que muestra el desmonte, despalme y exposición de manto freático.	75
56	Corredor de selva mediana subperennifolia visible en imagen satelital Sentinel.	75
57	Ubicación de sitios de muestreo.	77
58	Determinación de metales en las muestras de suelo por ICP-OES.	78
59	Determinación de metales en las muestras de suelo por ICP-MS.	78
60	Selección de valores de fondo.	79
61	Factores de contaminación del suelo.	80
62	Cenote ubicado en el actual predio El Corchalito.	87

63	Cenote afectado en el predio El Corchalito, año 2006	87
64	Superficie de agua expuesta en El Corchalito en el 2016.	88
65	Predio El Corchalito en agosto del 2016 (izquierda) y agosto del 2022 (derecha).	89
66	Evolución del área de agua expuesta en El Corchalito (2016-2022).	89
67	Cambio del uso de suelo y vegetación en el predio El Corchalito entre los años 1985 al 2022.	90
68	Mapa de uso de suelo y vegetación en el predio El Corchalito.	91
69	Área impactada en octubre de 2016.	92
70	Área impactada en marzo de 2018.	92
71	Área impactada en enero de 2020.	93
72	Área impactada en abril de 2022.	93
73	Predio La Rosita en agosto del 2016 (izquierda) y agosto del 2022 (derecha).	94
74	Evolución del área de agua expuesta en La Rosita (2016-2022).	95
75	Cambio del uso de suelo y vegetación en el predio La Rosita entre los años 1985 al 2022.	96
76	Mapa de uso de suelo y vegetación en el predio La Rosita.	97
77	Predio La Adelita en junio del 2022.	99
78	Mapa de uso de suelo y vegetación en el predio La Adelita	100
79	Empalme de las áreas de los Predios La Adelita y El Corchalito manifestadas para aprovechamiento y Uso de Suelo y Vegetación actual	105
80	Perfil de temperatura cenote Jaguar.	181
81	Perfil de conductividad cenote Jaguar.	182
82	Perfil de salinidad cenote Jaguar.	183
83	Perfil de temperatura cenote Chan Pek.	184
84	Perfil de conductividad cenote Chan Pek.	185
85	Perfil de salinidad cenote Chan Pek.	186
86	Perfil de temperatura cenote Tunich Ha.	187
87	Perfil de conductividad cenote Tunich Ha.	188
88	Perfil de salinidad cenote Tunich Ha.	189
89	Perfil de temperatura cenote Kraken.	190
90	Perfil de conductividad cenote Kraken.	191
91	Perfil de salinidad cenote Kraken.	192
92	Perfil de temperatura cenote Aktunch Ha.	193
93	Perfil de conductividad cenote Aktunch Ha.	194
94	Perfil de salinidad cenote Aktunch Ha.	195
95	Perfil de temperatura cenote La Ardilla.	196
96	Perfil de conductividad cenote La Ardilla.	197

97	Perfil de salinidad cenote La Ardilla.	198
98	Perfil de temperatura cenote Maravillas.	199
99	Perfil de conductividad cenote Maravillas.	200
100	Perfil de salinidad cenote Maravillas.	201
101	Perfil de temperatura cenote Sinkhole.	202
102	Perfil de conductividad cenote Sinkhole.	203
103	Perfil de salinidad cenote Sinkhole.	204
104	Perfil de temperatura cenote Yaakun.	205
105	Perfil de conductividad cenote Yaakun.	206
106	Perfil de salinidad cenote Yaakun.	207
107	Perfil de temperatura cenote Serpiente Grande.	208
108	Perfil de conductividad cenote Serpiente Grande.	209
109	Perfil de salinidad cenote Serpiente Grande.	210

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
1	Cronología 1996 a 2020 de las actividades de CALICA S.A. de C.V.	21
2	Tipo de agregados producidos por SAC-TUN (antes CALICA).	22
3	Superficies de la zona de estudio por municipio.	24
4	Superficies de los predios SAC-TUN.	24
5	Número de especies registradas en el estado de Quintana Roo respecto al área de estudio.	27
6	Bandas de la imagen satelital Sentinel 2A.	29
7	Tipos de vegetación y superficie total presentes en los predios del área de estudio.	31
8	Levantamiento del nivel piezométrico, tirante máximo y coeficiente K.	53
9	Valores de parámetros de calidad del agua.	59
10	Superficies identificadas en los predios.	67
11	Información de títulos del contribuyente, elaborada con base en el informe de la Subgerencia de Programación de la Fiscalización Nacional (SPFN).	69
12	Valores de entradas y salidas de flujo subterráneo.	74
13	Sitios de muestreo de suelos y ubicación.	77
14.A	Concentraciones de metales de suelo superficial.	79
14.B	Concentraciones de metales de suelo superficial.	79
15. A	Resultados del análisis estadístico.	81
15. B	Resultados del análisis estadístico.	81
16	Concentraciones normativas de metales en suelo.	82
17	Tabla de superficies de uso de suelo y vegetación en el predio El Corchalito.	91
18	Tabla de superficies de uso de suelo y vegetación en el predio La Rosita.	98
19	Tabla de superficies de uso de suelo y vegetación en el predio La Adelita.	10



1. INTRODUCCIÓN GENERAL



Toda persona tiene el derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado tiene la obligación de garantizar el respeto a este derecho, y para tal efecto, existe una estructura normativa e institucional.

A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) le corresponde el ejercicio de las facultades de la Federación en lo concerniente a la formulación y conducción de la política ambiental nacional, la aplicación de instrumentos que respecto a ella establece la ley, regular acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, atender asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional, regular las actividades relacionadas con la explotación de minerales, sustancias y demás recursos del subsuelo en cuanto a los efectos que tales actividades puedan generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente.

En este contexto, el Sector Ambiental encabezado por la SEMARNAT, desarrolló en los últimos meses, un arduo trabajo de campo y de gabinete a efecto de evaluar los impactos ambientales que se derivan de la extracción industrial de roca caliza a cargo de la empresa Calizas Industriales del Carmen, S.A. de C.V. (hoy SAC-TUN) en los municipios de Solidaridad y Cozumel, Quintana Roo.

En la elaboración del presente Dictamen participó la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y diversas áreas de la SEMARNAT.

El Dictamen tiene por objetivo conocer de forma fehaciente los impactos ambientales que ha ocasionado la operación de la Empresa CALICA (hoy SAC-TUN) en el sistema ambiental regional ubicado en el estado de Quintana Roo, así como conocer el estado actual que guarda la biodiversidad, el suelo y el agua, tanto en cantidad como en calidad, en los lugares que ocupan las instalaciones de la empresa denominada actualmente SAC-TUN.

El presente Dictamen cuenta con seis apartados: fundamento legal, introducción, impactos al sistema ambiental regional, principales resultados, conclusiones generales y anexos.

En el primer apartado denominado “fundamento legal”, se hace una revisión del corpus jurídico en materia ambiental con el objeto de fundar y motivar la elaboración del presente Dictamen, mismo que fue concebido bajo una perspectiva de derechos humanos, al buscar garantizar el derecho de acceso a un medio ambiente sano de las personas que habitan y transitan la región de Playa del Carmen en el estado de Quintana Roo.

En el apartado denominado “Impactos Ambientales” se realiza un ejercicio de identificación, caracterización y valoración de los impactos ambientales que se derivaron de la operación de la empresa CALICA en los municipios de Solidaridad y Cozumel, Quintana Roo. La evaluación ex post de los impactos ambientales se realiza de forma objetiva y sistemática, con el objeto de valorar las consecuencias en el ambiente de la extracción de roca caliza. En este apartado se evalúan de forma particular, los impactos ambientales en la biodiversidad, el agua, suelo y aire.

En el apartado denominado “Principales Resultados” se presentan los hallazgos en materia de impacto ambiental que se identificaron por parte de las dependencias del Sector ambiental que participaron en la elaboración del presente Dictamen. En virtud de que se trata de diversos predios y que cada uno de ellos contó con distintos aprovechamientos (debajo o por encima del nivel freático) y autorizaciones (de carácter federal y estatal), los resultados en materia de impacto ambiental se presentan de forma específica para cada uno de los predios con los que cuenta la empresa, los cuales son: La Adelita, La Rosita y El Corchalito.

En el apartado “Conclusiones generales” se presenta a manera de resumen las principales consecuencias al ambiente del modelo de extracción industrial de roca caliza a cargo de la empresa CALICA (hoy SAC-TUN) en los municipios de Solidaridad y Cozumel, Quintana Roo.

Por último, en el apartado “Anexos” se presenta toda la documentación que da soporte y contexto al presente Dictamen de impactos ambientales.





2. FUNDAMENTO LEGAL



La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos reconoce, en su artículo 4º, párrafo quinto, el derecho humano a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de todas las personas.

Ese derecho debe ser respetado, promovido, protegido y garantizado por las autoridades ambientales y por aquellas que ejerzan funciones relativas a los demás que le estén vinculados y por tanto sean interdependientes con él.

Vinculado al derecho humano a un medio ambiente sano, se encuentran los relativos a la salud, al acceso al agua para consumo, personal y doméstico, de forma suficiente, aceptable, salubre y asequible, así como a los que prevé el artículo 27 del propio ordenamiento, que establece que el Estado mexicano debe regular en beneficio social el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación para distribuir equitativamente la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

Para ello, el mismo precepto dispone, que deberán dictarse medidas que establezcan adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques para evitar la destrucción de los elementos naturales.

Su ordenamiento constitucional, en el artículo 25, confiere al Estado mexicano la rectoría del desarrollo nacional para que sea integral y sustentable, fortalezca la soberanía nacional, su régimen democrático y para que mediante, una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales cuya seguridad protege.

Los principios referentes a apoyar e impulsar a los sectores social y privado de la economía, a fin de que con responsabilidad social, bajo criterios de equidad, productividad, sustentabilidad y sujetándose a las modalidades que dicte el interés público y el uso en beneficio general de los recursos productivos, cuidando en todo momento su conservación y el medio ambiente, son base fundamental del desarrollo nacional.

Es así que, en México las personas físicas y jurídicas pueden utilizar, aprovechar y explotar los recursos productivos para el desarrollo de sus actividades y ser impulsadas para lograr su crecimiento, esto, siempre bajo criterios de equidad social, productividad, sustentabilidad y cuidando la conservación de los propios recursos y el medio ambiente.

Los principios anteriores, que rigen entre otras a la materia ambiental, se desarrollan fundamentalmente en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que en su artículo 1º establece que es reglamentaria de las disposiciones constitucionales señaladas en tanto que como su denominación lo señala regula la preservación y restauración del equilibrio ecológico, cuestiones que atañen indudablemente a la protección del ambiente tanto en el territorio nacional, como en el mar territorial y en la zona económica exclusiva; en los dos primeros, porque en ellos el Estado mexicano ejerce soberanía y en el tercero jurisdicción.

Por su parte, la citada Ley, en sus artículos 5, 11, 12 y 15, señala que corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ejercer las facultades de la Federación en lo concerniente a la formulación y conducción de la política ambiental nacional, la aplicación de instrumentos que respecto a ella establece la ley, regular acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, atender asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas señaladas, regular las actividades relacionadas con la explotación de minerales, sustancias y demás recursos del subsuelo en cuanto a los efectos que tales actividades puedan generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente.

La política ambiental mexicana establecida en el artículo 15 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que entre otros, se sujeta a los principios relativos a considerar que los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y que de su equilibrio depende la vida en las posibilidades productivas del país, ecosistemas que conjuntamente con sus elementos deben aprovecharse de forma tal que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad.

Corresponde según las fracciones III y IV del referido artículo 15, tanto a las autoridades como a los particulares, asumir la responsabilidad de proteger el equilibrio ecológico, debiendo éstos, en aquellos casos en los que causen daños, repararlos y asumir sus costos, lo que debiera ser excepcional, pues por encima de esto se encuentra la obligación de prevenir o minimizar las afectaciones ambientales, por quienes realicen actividades que puedan causarlas.

En el acatamiento de esas obligaciones debe considerarse que las afectaciones o daños ambientales no solo comprenden las condiciones presentes,





sino también aquellas que determinarán la calidad de vida de las futuras generaciones de conformidad con la fracción V del mismo artículo.

Parte de la política ambiental es la referente a la utilización de los recursos no renovables como es el caso de los materiales del suelo y del subsuelo, de modo tal que se evite el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos.

Para lograr la eficacia de las acciones ecológicas, es indispensable la coordinación entre dependencias y entidades de la administración pública y entre los distintos órdenes de gobierno y una responsable y activa participación de la sociedad y de sus organizaciones.

Las autoridades ambientales deben garantizar en todo momento el derecho de las comunidades, incluidos los pueblos indígenas, a la protección, preservación, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la salvaguarda y uso de la biodiversidad tal y como lo establece la fracción XIII, del artículo 15 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Garantizar un derecho humano a un medio ambiente sano, implica la obligación de la autoridad de controlar y prevenir la contaminación ambiental, orientar y lograr un adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos.

En ello, igual que otros países, México tiene responsabilidad, pues unos y otros están obligados y así se reconoce en el Derecho Internacional, a no afectar el equilibrio ecológico de unos y otros Estados por lo que, en igualdad de circunstancias todas las autoridades de las distintas naciones deben promover, preservar y restaurar el equilibrio de los ecosistemas regionales y globales. Esto significa que los nacionales de todos los países están obligados a cuidar, preservar y proteger el medio ambiente y en su caso, a restaurar el equilibrio de los ecosistemas.

Además de ser la competente para fijar la política ambiental, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, tiene el carácter de autoridad en la materia.

Es por ello, que paralelamente a la obligación de ser la autoridad garante de la preservación de la naturaleza, sus recursos y del goce del derecho a un ambiente sano, le corresponde ejercer ya sea de manera directa o a través de sus unidades administrativas y las Instituciones que le están sectorizadas, las funciones que le competen, para que a la par de cumplir con los principios de política ambiental, ejerza actos a través de los cuales pueda conocerse el estado de los ecosistemas, de la biodiversidad y de los

diversos elementos que integran la naturaleza, como lo son el suelo, el agua, la atmósfera, entre otros.

Para ello, dicha Secretaría debe observar y realizar actividades permanentes, que le permitan conocer y diagnosticar, con base en dictámenes de expertos, en el conocimiento del estado del arte, de los elementos mencionados, la situación de la biodiversidad en una o más zonas, regiones, estados o sitios del país, en el caso concreto en lugares diversos de los municipios Solidaridad y Cozumel, ambos en Quintana Roo.

Lo anterior, en virtud de que en ellas se ha venido llevando a cabo durante varios años la extracción de roca caliza, actividad que necesariamente ha incidido en el equilibrio ecológico y la biodiversidad existente en dicho estado.

Como se ha señalado, parte de la política ambiental mexicana es la actuación de las autoridades y el ejercicio de sus derechos por los particulares, con el compromiso de preservar y restaurar el equilibrio ecológico; además de proteger el ambiente, llevando a cabo actos como el presente diagnóstico que constituye un dictamen técnico elaborado por instituciones que forman parte del sector ambiental mexicano, que permite determinar el estado de la biodiversidad integral en lugares como los ya señalados.

En el dictamen participó la Comisión Nacional de Áreas Naturales (CONANP), autoridad encargada de dirigir la política en materia de conservación y protección de la biodiversidad y el aprovechamiento sustentable de las áreas naturales protegidas, brinda asistencia técnica y desarrolla actividades tendientes para la conservación de ecosistemas, áreas de refugio para especies acuáticas, hábitats críticos para la conservación de la vida silvestre y especies en riesgo, de conformidad con los artículos 67 fracciones IV y XII y 69, fracción XX del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por lo que su análisis respecto de las relaciones dinámicas entre especies y sus ecosistemas es determinante para conocer el estado de la biodiversidad en los predios La Adelita y El Corchalito.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), organismo público descentralizado sectorizado a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales objeto (Artículo 1 de su Estatuto Orgánico), participó en la formulación de este dictamen, a través del análisis del impacto ambiental en el suelo, ocasionado por la explotación de roca caliza por parte de la empresa, por una parte en el predio El Corchalito y por otra, en el predio La Rosita, que son los dos predios en los que en distintos momentos ha realizado dicha actividad.





Ello, al ser parte de sus funciones la realización de estudios de investigación científica en materia de cambio climático, protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico, conforme al artículo 7, fracción I, de dicho Estatuto y 15, fracción I de la Ley General de Cambio Climático.

En la formulación de este dictamen participó también, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), organismo público descentralizado parte del sector coordinado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Artículo 1 del Decreto de su creación) y que tiene por objeto realizar investigaciones para el manejo, conservación y rehabilitación del agua, a fin de contribuir al desarrollo sustentable del país conforme a lo dispuesto por el artículo 2 del Decreto por el que se crea el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y el diverso 14 Bis 3, fracción VII, de la Ley de Aguas Nacionales, por lo que llevó a cabo un análisis hídrico ambiental para conocer afectaciones a los sistemas de aguas subterráneas por la extracción del material pétreo que se ha realizado en los que se han mencionado.

El dictamen técnico tiene como finalidad conocer el estado actual de la biodiversidad, el suelo y el agua, tanto en cantidad como en calidad en los lugares que ocupan las instalaciones de la empresa conocida actualmente como SAC-TUN, de la que forman parte tres predios; por un lado El Corchalito y La Adelita y por otro La Rosita.

En el predio La Rosita, la empresa mencionada, ha realizado durante casi 40 años, la extracción de roca caliza, así como otras actividades (almacenamiento y trituración de la roca) con base en un documento suscrito entre algunas autoridades y su

entonces representante legal, a través del que asumió obligaciones.

Con posterioridad, esto es, en 2001, inició la extracción del mismo material en El Corchalito, aunque tuvo en ese año y previo al cumplimiento de requisitos legales, autorización para realizarla también en La Adelita. Esto de acuerdo a la Autorización de Impacto Ambiental que le fue otorgada y conforme a la cual se sujetó al cumplimiento de diversos términos y condicionantes.

En los predios La Rosita y El Corchalito, la explotación se ha llevado a cabo en épocas, períodos y volúmenes distintos; en el primer caso ni siquiera se atendió a esos elementos. Esto por omisiones en que incurrió la empresa, en cuanto al cumplimiento de sus obligaciones previstas en el documento que suscribió.

Los actos de la empresa son distintos, como ya se indicó, tanto en cuanto a tiempo, volumen del material explotado, etc., por lo que el diagnóstico contenido en este documento, se lleva a cabo atendiendo dichas situaciones que ocasionan que la explotación y sus consecuencias en el ambiente, no puedan ser analizadas sobre las mismas bases y elementos.

Aunque el diagnóstico debe atender al análisis individualizado de cada uno de los casos de dichos predios, en lo relativo a El Corchalito y La Rosita, las consecuencias que ha generado dicha explotación, han afectado indudablemente de manera general a la zona en la que se encuentra ubicada la empresa, lo que ha hecho necesaria la realización de este dictamen que se centra en el estudio de las características físicas de los ecosistemas, los impactos o daños ambientales causados a la biodiversidad, el suelo y el agua.





3. IMPACTOS AMBIENTALES



Desde los años ochenta la empresa Vulcan Materials Company realiza la extracción de caliza de alta calidad, convirtiéndose en una de las canteras más grandes de América, la caliza producida se envía a varios mercados, principalmente en la costa estadounidense del Golfo de México, en el año 2000 la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales

y Pesca (ahora Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), autorizó la Manifestación de Impacto Ambiental permitiéndole a la empresa Calizas Industriales del Carmen, S.A. de C.V. (CALICA) ampliar sus operaciones, incluyendo la extracción de caliza por debajo del nivel freático (SAC-TUN, 2021) (Tabla 1).

Tabla 1. Cronología 1986 a 2020 de las actividades de CALICA S.A. de C.V.

CRONOLOGÍA	
1986	<p>Vulcan Materials Company e Ingenieros Civiles Asociados (ICA), constituyeron Crescent Market Companies para producir caliza en Playa del Carmen, Quintana Roo.</p> <p>Calizas Industriales del Carmen, S.A. de C.V. (CALICA) se perfilaba como la cantera más grande de América.</p> <p>La actividad no autorizada incluyó la extracción de material pétreo sobre y bajo el nivel freático en el predio La Rosita; lo cual también implicó la remoción de la cubierta vegetal.</p>
1986	Aprobación de la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), lo que permite iniciar operaciones.
1986-1990	Construcción de planta trituradora de roca, infraestructura, caminos y banda transportadora de cinco km hacia la terminal marítima, donde llegan los barcos para su transportación.
1986-1989	Construcción de terminal marítima en 11.9 ha del predio Punta Venado.
1988-1989	Destrucción de coberturas extensas de selva en los terrenos de la empresa La Adelita, La Rosita y El Corchalito por huracanes e incendios.
1990	<p>Conclusión de la construcción de la planta trituradora.</p> <p>Inician actividades de la cantera y envíos de agregados de roca caliza a Estados Unidos desde Punta Venado con 1.8 millones de toneladas el primer año.</p> <p>186 ha en La Rosita destinadas como área de conservación/zona de amortiguamiento, incluyendo vestigios arqueológicos y cenotes.</p>
1993	Construcción de otra terminal marítima para uso público de transbordadores de personas y víveres a Cozumel.
1996	<p>Primer barco de cruceros atraca en la terminal marítima de Punta Venado.</p> <p>El gobierno del Estado de Quintana Roo autorizó en materia de Impacto Ambiental a CALICA la ampliación de la zona de explotación de la mina a través de los predios denominados El Corchalito y La Adelita, sólo por encima del manto freático.</p>
2000	<p>SEMARNAT autoriza la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) de SAC-TUN para la extracción de caliza por debajo del nivel freático.</p> <p>20% de la superficie de los terrenos de SAC-TUN deben mantener la cubierta forestal, siendo 400 ha de selva protegida en los terrenos de la empresa.</p>





CRONOLOGÍA

2001	Vulcan adquiere la parte de ICA (único socio mexicano) en la Crescent Market Companies.
2019	CALICA cambia su nombre a SAC-TUN.
2020	Certificación de la Estrategia Ambiental de SAC-TUN como parte del programa “Conservación de la Biodiversidad y los Servicios Ambientales en el Arrecife Mesoamericano”.

Actualmente, Vulcan Materials Company es el principal productor de agregados pétreos, para construcción (piedra triturada, grava y arena), la filial de Vulcan en México, SAC-TUN (antes CALICA), es la cantera más grande, produciendo agregados para las carreteras, autopistas y numerosos hoteles (Tabla 2), parte de sus agregados se transportan en barco a los principales mercados de la costa estadounidense del Golfo de México.

Tabla 2. Tipo de agregados producidos por SAC-TUN (antes CALICA).

TIPO DE MATERIAL	EJEMPLOS DE USO
Agregado para concreto	Concreto premezclado
Agregado para asfalto	Mezclas asfálticas
Bases	Capas inferiores de carreteras
Rocas	Industrias como: química, eléctrica, cementera, acerera
Polvo de piedra	Concretos, morteros, mezclas asfálticas
Arena lavada	Concretos, mezclas asfálticas
Relleno	Nivelación de plataformas

El proceso de extracción de roca caliza mediante cielo abierto implica modificaciones sustanciales en el paisaje, que provocan la destrucción de ecosistemas, cambios en la geomorfología, modificación de patrones en el uso de suelo con pérdida de hábitats, polvos, generación de ruidos, vibraciones y erosión, debido a varios procesos de su operación tales como la perforación de sitio, voladuras y maniobra de materiales. Estos aprovechamientos también causan cambios en regímenes hidrológicos subterráneos, calidad del agua subterránea y superficial.

La roca caliza es formada por la combinación de iones disueltos de calcio y dióxido de carbono en deposiciones sedimentarias. La disolución kárstica de la roca caliza ocurre bajo la superficie, produciendo estructuras cavernosas que varían en tamaño de pequeñas cavidades a grandes cuevas y dolinas.

El área de estudio se compone por una zona de influencia de 2.5 km y al interior se localizan los tres predios de SAC-TUN: El Corchalito y La Adelita, ubicados al este el municipio de solidaridad a 4.2 km al sur de la localidad Playa del Carmen, el predio La Rosita se encuentra en el municipio de Cozumel en su límite político-administrativo continental a 1.8 km de la línea de costa en el estado de Quintana Roo.

En los predios La Rosita y El Corchalito se identificó, la presencia de nueve cuerpos de agua emergidos con una profundidad calculada de 12 m, así como la presencia de dos cenotes al interior del predio La Rosita.

A pesar del impacto ambiental producido por la extracción de caliza, los incendios en los años 1968 y 1989 y más de 20 eventos ciclónicos que afectaron la zona norte del estado de Quintana Roo, en el área de interés se registran 883 especies, de las cuales 413 son plantas vasculares, 363 vertebrados y 107 invertebrados. Estos registros representan la diversidad de organismos que están presentes en la zona. Asimismo, están registrados 45 endemismos, de los cuales 38 especies son plantas, 6 vertebrados y un invertebrado. Por otro lado, del total de especies, 80 se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (10 plantas y 70 animales). Asimismo, 26 especies (ocho plantas y 17 animales) se encuentran en categorías de riesgo de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN); además, 61 especies (15 plantas y 46 vertebrados) se encuentran en algún Apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).



Adicionalmente, las relaciones dinámicas entre estas especies y sus ecosistemas, generan servicios ambientales: de regulación, suministro, culturales, y de soporte, formación de suelo, regulación del clima, polinización, control de plagas y epidemias (la modificación de los ecosistemas, las alteraciones climáticas, entre otros factores, alteran la dinámica de los vectores y el contacto con reservorios animales), estos ecosistemas aportan alimentos, combustibles, fibras, recursos genéticos, valores culturales, espirituales, estéticos y recreativos.

Por lo anterior, en el presente diagnóstico se explican los impactos y las actividades que los producen y se desarrolla un análisis económico conforme a la estimación de costos de restauración, estimación de los impactos económicos que generó la actividad minera sobre los ecosistemas y un sondeo de

opinión a 508 personas sobre el destino que debería asignarse al predio.

El área de estudio se compone por una zona de influencia de 2.5 km y al interior se localizan los tres predios de SAC-TUN: El Corchalito y La Adelita se localizan al este del municipio de Solidaridad a 4.2 km al sur de la localidad Playa del Carmen, respecto al predio La Rosita se encuentra en el municipio de Cozumel en su límite político-administrativo continental a 1.8 km de la línea de costa en el estado de Quintana Roo (Figura 1).

Respecto al predio que resguarda el banco de material, La Dársena y el puerto marítimo se considera de relevancia dada su transformación del uso del suelo el cual también se ubica en el municipio de Cozumel (INEGI, 2019; INEGI, 2020b; INEGI, 2021c)



Figura 1. Localización de los predios SAC-TUN, en los municipios de Solidaridad y Cozumel en Quintana Roo



Superficie

La superficie del área de estudio comprende una zona de influencia de 2.5 km a la redonda de los predios de SAC-TUN, cuya superficie es de 9,134.86 ha que representa el 0.19% respecto a la superficie del estado de Quintana Roo, y el 3.74% en relación con el municipio de Solidaridad, el 2.14% al municipio de Cozumel y el 6.09% a la zona marina (Tabla 3).

Tabla 3. Superficies de la zona de estudio por municipio.

Municipio	Superficie total del municipio (ha)	Superficie en zona de estudio (ha)	% de superficie por municipio
Solidaridad	201,490.00	7,534.85	3.74
Cozumel	48,800.00	1,043.86	2.14
Subtotal		8,578.71	
Zona marina		556.15*	6.09*
TOTAL		9,134.86	

*Porcentaje respecto al total de la zona de estudio que corresponde a la zona marina frente a la costa de los municipios Solidaridad y Cozumel.

La superficie de los predios El Corchalito y La Adelita corresponden a levantamientos topográficos realizados en 2018 por la consultoría Topografía Digital y Proyectos de Quintana Roo, respecto al predio La Rosita y de La Dársena. Al no contar con documentos de soporte que refieran sus superficies, estas se calcularon a través del Sistema de Información Geográfica ArcMap 10.3 por esta Comisión Nacional (Tabla 4; Figura 2).

Tabla 4. Superficies de los predios SAC-TUN.

No.	Predio	Superficie (ha)
1	El Corchalito	355.70
2	La Adelita	887.67
3	La Rosita	930.37
4	La Dársena	156.51
Total		2,330.26





Figura 2. Superficie de los predios SAC-TUN, en los municipios de Solidaridad y Cozumel en Quintana Roo.

Vías de acceso

El acceso vía terrestre a los predios La Rosita, El Corchalito, La Adelita y La Dársena es mediante la carretera federal 307 Reforma Agraria-Puerto Juárez también conocida localmente como Chetumal-Cancún a la altura del kilómetro 282+600 entre el límite municipal de Solidaridad y Cozumel (INEGI, 2020b).

Por otro lado, existen terracerías circundantes a la periferia del predio El Corchalito, uno de ellos se localiza una terracería a 700 metros dirección Playa del Carmen-Tulum antes del acceso principal a La Rosita, se encuentra la caseta de vigilancia II por

el cual se accede, en este mismo sentido partiendo del centro de Playa del Carmen mediante la Av. Benito Juárez con dirección oeste y 7 km después se encuentra la caseta de vigilancia V los cuales son acceso controlado por el ejido Playa del Carmen (INEGI, 2019).

El acceso al predio La Dársena por vía marítima es mediante el puerto de carga Punta Venado el cual conecta al resto de los predios, este puerto marítimo tiene como principal actividad la exportación de material petreo así como la transportación de carga y pasajeros a la isla de Cozumel (INEGI, 2019) (Figura 3).





Figura 3. Vías de accesos a los predios SAC-TUN, en los municipios de Solidaridad y Cozumel en Quintana Roo

El proceso de extracción de roca caliza mediante cielo abierto implica modificaciones sustanciales en el paisaje, como la destrucción de ecosistemas, cambios en la geomorfología, modificación de patrones en el uso de suelo con pérdida de hábitats, polvos, generación de ruidos, vibraciones y erosión, debido a varios procesos de su operación tales como la perforación de sitio, voladuras y maniobra de materiales. Estos aprovechamientos también causan cambios en regímenes hidrológicos subterráneos, calidad del agua subterránea y superficial.

La roca caliza es formada por la combinación de iones disueltos de calcio y dióxido de carbono en deposiciones sedimentarias. La disolución kárstica de

la roca caliza ocurre bajo la superficie, produciendo estructuras cavernosas que varían en tamaño de pequeñas cavidades a grandes cuevas y dolinas.

El aprovechamiento pétreo de calizas debe desarrollar estudios de factibilidad e impacto ambiental robustos que aseguren que su desarrollo sea armonioso con el ambiente y sociedad. No obstante, el caso de estudio ha obviado algunos detalles al establecer que el aprovechamiento en los predios La Adelita y El Corchalito, no tienen impactos en regiones fuera de sus sitios de aprovechamiento. Por ello, en los siguientes apartados se hace una explicación de los impactos por grandes componentes y las actividades que los producen.



3.1 BIODIVERSIDAD

En el área de interés se registran 883 especies, de las cuales 413 son plantas vasculares, 363 vertebrados y 107 invertebrados (Anexo 1). Estos registros representan la diversidad de organismos que están presentes en la zona. Asimismo, están registrados 45 endemismos, de los cuales 38 especies son plantas, 6 vertebrados y un invertebrado. Por otro lado, del total de especies, 80 se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (10 plantas y 70 animales). Asimismo, 26 especies (8 plantas y 17 animales) se encuentran en categorías de riesgo de la Lista Roja

de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN); además, 61 especies (15 plantas y 46 vertebrados) se encuentran en algún Apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

La superficie analizada alberga el 24.3% de la flora vascular y el 26.5% de los vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) registrados en el estado de Quintana Roo (Tabla 5).

Tabla 5. Número de especies registradas en el estado de Quintana Roo respecto al área de estudio.

GRUPO	NÚMERO DE ESPECIES		% ESTATAL
	QUINTANA ROO <i>(Poza et al., 2011)</i>	ÁREA DE ESTUDIO	
Plantas vasculares	1,700	413	24.3
Arácnidos	193	15	7.8
Insectos	1,338	92	6.9
Peces	644	10	1.6
Anfibios	22	13	59.1
Reptiles	106	48	45.3
Aves	483	267	55.3
Mamíferos	114	25	21.9
TOTAL	4,600	883	19.2





En relación con lo anterior, cabe resaltar que, en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional (MIA) promovida en el 2000 por Calizas Industriales del Carmen, S.A. de C.V. se realizaron muestreos y obtuvieron registros de flora para el área, obteniendo un total de 133 especies de plantas vasculares, que representan sólo el 32.2% de la flora obtenida en el presente Reporte Técnico. Para el caso de la fauna, no se reportan en la MIA registros de invertebrados ni de peces. En el resto de los grupos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) se enlistaron un total de 60 especies, las cuales constituyen únicamente el 17% de la fauna de lo reportado en este estudio.

La descripción de los grupos biológicos y la integración de la lista de especies (Anexo 1) es el resultado del análisis y sistematización de información científica disponible para el polígono de interés y la zona aledaña, así como del procesamiento de bases de datos como el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Portal de Datos Abiertos UNAM y datos del INFyS de CONAFOR. Adicionalmente, personal de la CONANP, en colaboración con especialistas del Herbario Nacional de México del Instituto de Biología de la UNAM, realizaron recorridos en campo con el objetivo de verificar, registrar y describir los ecosistemas y la biodiversidad de flora y fauna presentes en el área de interés, los cuales son objetos de conservación.

En el Anexo 2 se presenta la compilación de las especies en categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARMAT-2010, la cual tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo. Asimismo, se indican las especies incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, así como las que se encuentran en algún Apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

3.1.1. TIPOS DE VEGETACIÓN

Para la elaboración de las cubiertas del uso del suelo y vegetación del polígono de interés, se utilizaron las imágenes de satélite del sensor SENTINEL 2A del 27 de marzo de 2022 (Tabla 6), mismas que fueron obtenidas a través del portal web Copernicus (2022): S2A_MSIL2A_20220409T161831_N0400_R040_T16QDH_20220409T211341.SAFE.

Se obtuvieron 13 bandas que constituyen cada una de las escenas que corresponde al territorio que abarca el polígono de interés. Debido a que las bandas cuentan con diferente resolución espacial: 10, 20 y 60 m, se realizó un re-muestreo tomando como base la resolución de la Banda 2, que cuenta con una resolución de 10 m. De esta forma todas las bandas cuentan con una resolución espacial de 10 m, a pesar de que su resolución de origen sea diferente, esto permitió realizar una combinación de las diferentes bandas para crear un realce espacial e identificar los diferentes elementos de la cubierta del suelo.

De igual manera se tomaron como base las imágenes de satélite con una combinación de bandas RGB 11, 8, 4, lo que facilitó el análisis de la cubierta vegetal y se procedió a su digitalización, identificando color, textura y forma a una escala de 1 a 20:000, permitiendo identificar los diferentes tipos de vegetación de selvas subperennifolia y subcaducifolia, los cuerpos de agua, caminos e infraestructura existente.

Para la validación de la información generada en gabinete sobre los tipos de vegetación, se realizó una visita de campo con apoyo del Herbario Nacional de México del Instituto de Biología de la UNAM y de esta manera se corrigieron las etiquetas de algunas coberturas e identificaron las especies vegetales.





Tabla 6. Bandas de la imagen satelital Sentinel 2A.

BANDA	RESOLUCIÓN	LONGITUD DE ONDA CENTRAL	DESCRIPCIÓN
B1	60 m	443 nm Ultra azul	(Costa y aerosol)
B2	10 m	490 nm	Azul
B3	10 m	560 nm	Verde
B4	10 m	665 nm	Rojo
B5	20 m	705 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B6	20 m	740 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B7	20 m	783 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B8	10 m	842 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B8a	20 m	865 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B9	60 m	940 nm	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B10	60 m	1375 nm	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B11	20 m	1610 nm	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B12	20 m	2190 nm	Onda Corta Infrarroja (SWIR)



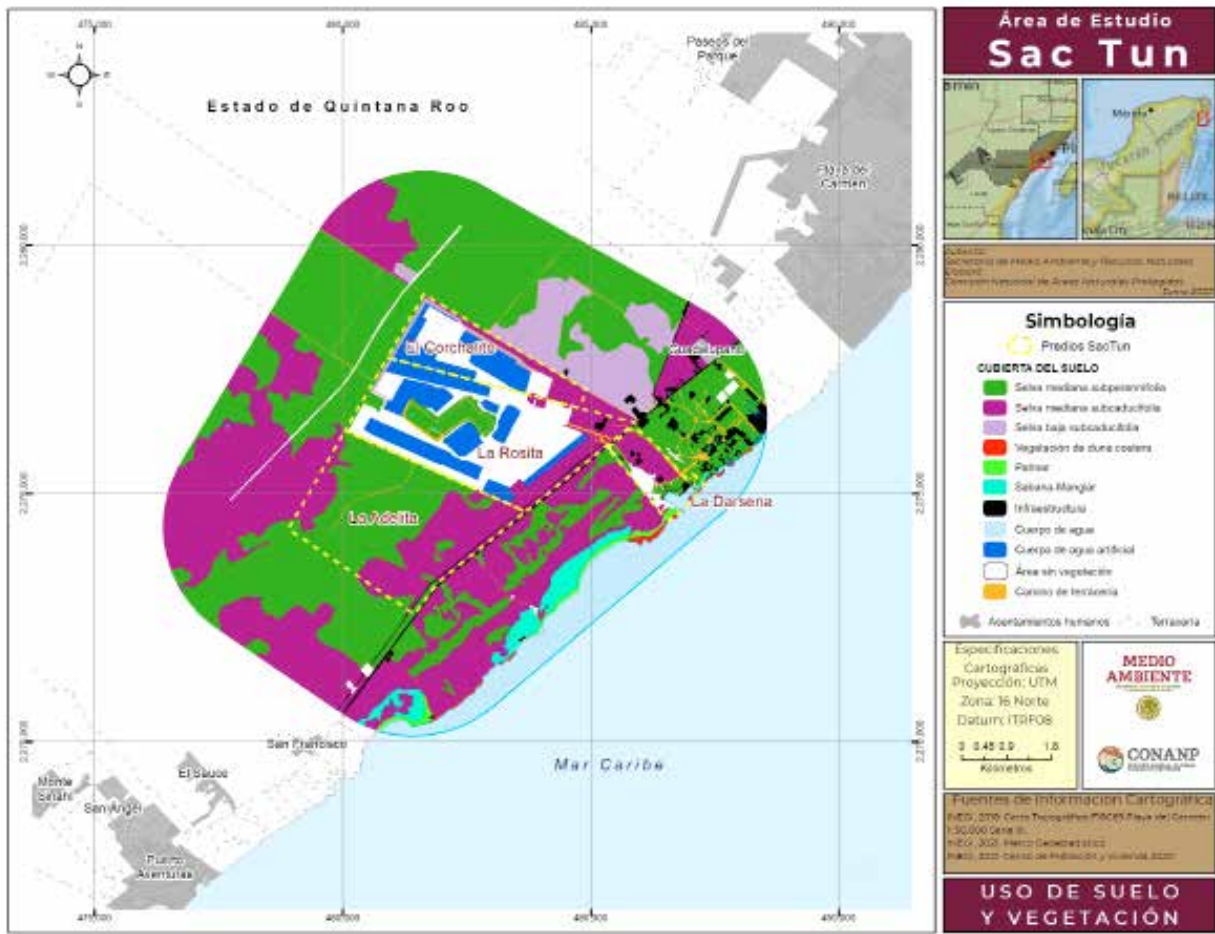


Figura 4. Mapa de tipos de vegetación presentes en el área de estudio.



Tabla 7. Tipos de vegetación y superficie total presentes en los predios del área de estudio.

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN 2022				
PREDIO	CUBIERTA DEL SUELO	NOTA	SUPERFICIE (Ha)	
El Corchalito	Cuerpo de agua artificial		140.175406	
	Área sin vegetación	Extracción de roca	112.141333	
	Selva mediana subcaducifolia		62.9946693	
	Selva baja subcaducifolia		26.2275123	
	Selva mediana subperennifolia		7.3757663	
	Camino de terracería		6.7887408	
	TOTAL			
La Adelita	Selva mediana subperennifolia		520.952355	
	Selva mediana subcaducifolia		356.733928	
	Infraestructura	Línea de alta tensión	6.2920838	
	Camino de terracería		2.7084573	
	Selva mediana subcaducifolia	Desmonte	0.9861133	
	TOTAL			
La Darsena	Selva mediana subcaducifolia		61.0956932	
	Área sin vegetación		29.0376231	
	Selva mediana subperennifolia		25.9296084	
	Cuerpo de agua		14.8022966	
	Infraestructura		9.72824894	
	Camino de terracería		8.36854342	
	Palmar		3.66546116	
	Vegetación de duna costera		2.94006553	
	Sabana-Manglar		0.94037911	
	TOTAL			





USO DE SUELO Y VEGETACIÓN 2022				
PREDIO	CUBIERTA DEL SUELO	NOTA	SUPERFICIE (Ha)	
La Rosita	Área sin vegetación	Extracción de roca	378.243572	
	Cuerpo de agua artificial		284.052523	
	Selva mediana subcaducifolia		137.202057	
	Selva mediana subperennifolia		97.125133	
	Camino de terracería		19.0366743	
	Selva baja subcaducifolia		6.324343	
	Infraestructura	Línea de alta tensión	4.232279	
	Infraestructura		3.681463	
	Cuerpo de agua	Cenote	0.4730856	
	TOTAL			
TOTAL				2,330.2554146

El área de interés tiene una extensión de 9,134.86 ha, territorio donde se identificaron siete tipos de vegetación como son: 1) Selva alta o mediana subperennifolia, 2) Selva mediana subcaducifolia, 3) Selva baja subcaducifolia, 4) Palmar, 5) Manglar, 6) Sabana y 7) Duna costera (Figura 4 y Tabla 7).

A continuación, se describen los tipos de vegetación encontrados de acuerdo con el sistema de clasificación de Miranda y Hernández-X (1963).

Selva alta o mediana subperennifolia

Este tipo de vegetación es el más representativo del polígono de interés. La composición de la comunidad vegetal es resultado de una sucesión derivada de los incendios forestales ocurridos en los años 1968 y 1989, por lo cual no se observan individuos de diámetros grandes. Se caracteriza porque algunos árboles que la forman (del 25 al 50%) pierden sus hojas en la época de secas. Se establece en territorios con una temperatura media anual de 20°C y se desarrollan en suelos pedregosos con acumulación de suelo. Este tipo de selva forma un estrato arbóreo dominante con alturas de 20-35 m.

Los elementos dominantes son: tsalam (*Lysiloma latisiliquum*), seguido de jabín (*Piscidia piscipula*), catalox (*Swartzia cubensis*) y en menor proporción chicozapote (*Manilkara zapota*). Otras especies arbóreas presentes en este tipo de vegetación son *Acacia cornigera*, *Attilaea abalak*, *Bursera simaruba*, *Chloroleucon mangense*, *Coccoloba ortizii*, *Dalbergia glabra*, *Dendropanax arboreus*, *Eugenia axillaris*, *E. biflora*, *E. gaumeri*, *Gliricidia maculata*, *Guazuma ulmifolia*, *Gymnopodium floribundum*, *Heliocarpus mexicanus*, *Sabal yapa*, *Vitex gaumeri* y *Zuelania guidonia*.

Por otro lado, debido a las etapas sucesionales mencionadas anteriormente, se encuentran áreas de selva mediana subcaducifolia, donde entre el 50-75% de los elementos dominantes pierden sus hojas. Estas comunidades vegetales presentan elementos arbóreos dominantes como *Coccoloba cozumelensis*, *Croton oerstedianus*, *Gliricidia maculata*, *Gymnopodium floribundum*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Neea choriophylla*. En el estrato arbustivo se presentan especies como *Psychotria pubescens* y *Randia aculeata* (Figura 5).





Figura 5. Selva alta o mediana subperennifolia.

Selva baja subcaducifolia

Se caracteriza por presentar árboles con una altura media menor a los 15 m que pierden sus hojas en la época de secas. El estrato dominante en el polígono de interés tiene una altura promedio de 13 m. Se establece en climas semisecos o subsecos y cálidos, con temperatura media anual superior a los 20° C. Este tipo de selva se desarrolla en suelos francamente rocosos con menor desarrollo de suelo. Se trata de etapas sucesionales de selvas medianas dominadas por chicozapote (*Manilkara zapota*) en la década de 1950. La especie dominante del dosel es el tsalam (*Lysiloma latisiliquum*) en la siguiente composición de especies: *Acacia cornigera*, *Annona glabra*, *Coccoloba acapulcensis*, *C. reflexiflora*, *C. spicata*, *Dalbergia glabra*, *Guazuma ulmifolia*, *Gymnopodium floribundum*, *Hyperbaena*

mexicana, *Metopium brownei*, *Mimosa bahamensis*, *Myrsine cubana*, *Neea choriophylla*, *Phyllanthus liebmannianus*, *P. mocinianus*, *Platymiscium yucatanum*, *Pouteria campechiana*, *Swartzia cubensis* y *Vitex gaumeri*.

Palmar

Este tipo de vegetación solo se presenta en una franja cercana a la costa, rodeada de selva mediana subperennifolia y manglar. Consiste en una comunidad mixta de palmas altas en forma de abanico, donde domina la palma chit (*Thrinax radiata*), seguida de palma guano (*Sabal yapa*) y palma de coco (*Cocos nucifera*) (Figura 6).





Figura 6. Palmar



Figura 7. Manglar

Manglar

Este tipo de vegetación se presenta cercano a la línea de costa. Se desarrolla en suelos fangosos y presenta elementos arbóreos de 13 m de altura promedio. Se encuentran las siguientes especies: mangle prieto (*Avicennia germinans*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Asimismo, se pueden encontrar individuos de *Coccoloba uvifera*, además de una densa vegetación arbustiva de *Bravaisia berlandieriana* (Figura 7).

Sabana

Vegetación constituida por una comunidad de gramíneas y de *Cladium jamaicense* en suelo inundable. Es una zona que presenta un evidente gradiente de salinidad en el suelo, de tal manera que en los lugares con menor concentración de sal se presentan extensiones de suelo desnudo que se inundan temporalmente. Entre otras especies que se presentan están *Cyperus lentiginosus*, *Cyperus planifolius* y *Typha domingensis*.

Duna costera

Se trata de una comunidad formada principalmente por matorrales de *Coccoloba uvifera* en suelo arenoso. Otras especies presentes son: *Borrichia arborescens*, *Caesalpinia crista*, *Canavalia rosea*, *Cordia sebestena*, *Croton punctatus*, *Distichlis spicata*, *Ipomoea pes-caprae*, *Nama jamaicensis*, *Opuntia stricta*, *Scaevola plumieri*, *Scaevola taccada*, *Setaria geniculata*, *Suriana maritima* y *Tournefortia gnaphalodes*. Cabe resaltar que la lechuguilla de mar o mokal de la India (*Scaevola taccada*) es una especie exótica invasora que está desplazando la flora nativa arbustiva de este tipo de vegetación en el polígono de interés.

3.1.2. FLORA

La península de Yucatán es un área con una riqueza florística baja en comparación con otras áreas o unidades biogeográficas de México y del Neotrópico. Incluye taxones equivalentes al 9.92% de la flora total del país y sus endémicas constituyen el 0.85% de

la flora endémica de México (1.58% si se considera toda la Provincia Biótica península de Yucatán). Este bajo número de especies está determinado por su ubicación espacial, la homogeneidad fisiográfica, la ausencia de ríos, las temperaturas constantemente altas y la marcada estacionalidad de la precipitación. Sin embargo, una prolongada presencia humana en la región y un intenso desarrollo humano en los siglos XX y XXI, han jugado también un papel importante en la transformación de la cobertura vegetal y en los patrones de distribución de la flora en la región (Duno *et al.*, 2018). A nivel estatal, la flora del polígono de interés corresponde al 25% de lo reportado para Quintana Roo (Carnevali *et al.*, 2010).

Plantas vasculares

Derivado de recorridos de campo en el área de interés, se obtuvo la lista florística con taxones válidos, los cuales fueron integrados conforme al sistema de clasificación APG IV y a los catálogos de autoridades taxonómicas correspondientes. En la zona de interés se encuentran 413 especies de plantas vasculares distribuidas en 86 familias (Anexo 1). Entre las familias con mayor diversidad de especies se encuentran: Fabaceae con 47, Asteraceae con 27, Euphorbiaceae con 25, Poaceae con 24, Malvaceae

con 21 y Rubiaceae con 18. Por otro lado, 38 especies presentes en el área de interés son endémicas de México, de las cuales, 13 tienen distribución restringida a la península de Yucatán, 21 a la Provincia Biótica península de Yucatán y cuatro a nivel nacional.

Además, conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, se presentan 10 especies en la categoría de Amenazada, tales como: guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), palma nakás o cheet (*Coccothrinax readii*), palma kuka (*Pseudophoenix sargentii*), palma chit (*Thrinax radiata*), mangle prieto (*Avicennia germinans*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*); así como una especie Sujeta a protección especial, que es el cedro (*Cedrela odorata*) (DOF, 2019). En cuanto a la protección internacional, 8 especies se encuentran incluidas en alguna categoría de la Lista Roja de UICN, además de 15 especies que se encuentran incluidas bajo el Apéndice II de la CITES (Anexo 2).

En general, en el área de interés destaca la presencia de los árboles tsalam (*Lysiloma latisiliquum*), jabin (*Piscidia piscipula*), catalox (*Swartzia cubensis*) y en menor proporción chechem negro (*Metopium brownei*) y zapote (*Manilkara zapota*) (Figura 8).



a)



b)

Figura 8. Flora registrada en el área de estudio: a) chechem (*Metopium brownei*), b) chacá (*Bursera simaruba*).



3.1.3. FAUNA

Las selvas tropicales son hábitat y refugio de una gran cantidad de especies de fauna que en su mayoría tienen un origen neotropical, tal como los primates y felinos en el caso de los mamíferos, así como rapaces, ranfástidos y psitácidos en el caso de las aves. Los animales fungen como dispersores de semillas en las selvas y destaca su papel fundamental en la dinámica de recuperación y regeneración de las selvas medianas estacionalmente secas (Hernández-Ramírez y García-Méndez, 2015).

En términos generales el número de animales registrados en el área de estudio es de 470 especies, de los cuales 363 son vertebrados (10 peces, 13 anfibios, 48 reptiles, 267 aves y 25 mamíferos) y 107 invertebrados (15 arácnidos y 92 insectos).

Invertebrados

Para el estado de Quintana Roo se han registrado 1,850 especies de invertebrados terrestres, de las cuales 1,338 pertenecen a la clase Insecta, mientras que se reportan 193 especies de arácnidos (arañas y escorpiones). Destacan por su número e importancia ecológica como polinizadores de diversas especies vegetales, las mariposas diurnas (450 especies) y abejas (88 especies) (Pozo *et al.*, 2011).

En la zona de estudio se han registrado 107 especies de invertebrados terrestres (92 insectos y 15 arácnidos) en 29 familias (Anexo 1). Destaca una especie de arácnido (alacrán) que es endémica de la península de Yucatán: *Centruroides ochraceus*. Las familias más diversas fueron Nymphalidae y Pieridae, con 22 y 12 especies respectivamente, las cuales pertenecen al orden de las mariposas (Lepidoptera). Entre los invertebrados, sólo la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), está catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, como especie Sujeta a protección especial (Anexo 2).

Por otro lado, entre los servicios ecosistémicos que prestan los invertebrados, destaca la polinización por parte de abejas, avispas, hormigas, moscas, mariposas, polillas y escarabajos, debido a que son animales que se alimentan del néctar o polen de las flores y durante sus visitas transportan el polen de una flor a otra, permitiendo la reproducción de las plantas y la producción de frutos (CONABIO, 2022b). Al respecto, en el área de estudio se han registrado siete especies de abejas (familia Apidae), siete especies de escarabajos (orden Coleoptera) y 66 especies de mariposas.

Particularmente las abejas nativas son consideradas los polinizadores de mayor importancia, además de ser bioindicadores de la conservación biológica en los ecosistemas (Meléndez *et al.*, 2014). Estas a su vez obtienen de las plantas sus principales fuentes de alimento: el néctar, la materia prima para la producción de miel y fuente de energía para los individuos, y el polen, cuya función principal es satisfacer la demanda proteínica de las abejas en estado larval (Barrantes-Vásquez, 2018). En el área de estudio todas las abejas registradas son nativas: abeja melífera (*Apis mellifera*), tamagá (*Cephalotrigona zexmeniae*), jicote manso (*Melipona beecheii*), chicopipe (*Nannotrigona perilampoides*), soncuán chele (*Scaptotrigona pectoralis*), abeja culo de vaca (*Trigona fulviventris*) y *Xylocopa nautlana*.

En cuanto a los invertebrados marinos, en la porción marina frente a la zona de estudio se puede destacar la presencia de arrecife de coral que forma parte del Arrecife Mesoamericano. En este tramo la línea de costa es predominantemente de playa arenosa, con excepción de la zona de SAC-TUN-Xcaret donde se inicia con una caleta rodeada de un pequeño acantilado y continuándose con playa rocosa. Al respecto de los corales, desde el 2018 se ha reportado una pérdida histórica promedio del 50% de la cobertura de coral. Desde 2018 se registró la presencia de síndrome blanco, enfermedad de alta virulencia debido a los patógenos asociados a la misma, pero también asociada a la mala calidad del agua marina. En la región en donde se encuentra la zona de estudio, la afectación es de 28%. Más cerca de Playa del Carmen la afectación fue del 14%; este bajo valor puede estar más bien relacionado a que los corales escleractíneos (a los cuales ataca esta enfermedad), es poco abundante en esta zona.

La urbanización, el turismo, las descargas y vertidos de contaminantes procedentes de la costa, la influencia de la pesca y el turismo náutico recreativo, son las principales presiones identificadas hacia la parte marino-costera, que es donde sucede la mayor interacción y afectación ambiental entre lo terrestre y marino. Es muy probable que en el futuro a corto plazo las zonas costeras de Playa del Carmen tengan que afrontar cada vez mayores presiones, especialmente sobre los hábitats y los recursos naturales (suelo, aguas continentales/marinas y energía) y como consecuencia del aumento de la demanda de servicios, empleos y mayor infraestructura. Todo ello ha modificado las condiciones de los arrecifes en Playa del Carmen. Si bien la zona de objeto del presente análisis es SAC-TUN, debido a que en la zona marina inmediata el desarrollo arrecifal es incipiente por las condiciones oceanográficas, es representativo considerar la información histórica de los





arrecifes aledaños, pues nos dan una visión clara de los cambios negativos que han tenido, lo cual cobra relevancia al considerar que estos arrecifes en 1995 comprendían el 56.7% de las especies del corredor turístico Cancún Tulum. Es preciso señalar que esta condición de deterioro se presenta en todos los arrecifes del Caribe Mexicano.

Peces

En la actualidad se conocen un total de 2,763 especies en el país, las cuales representan aproximadamente el 9.8% del total de los peces conocidos en el mundo. La ictiofauna mexicana se compone de 505 peces dulceacuícolas, 2,224 marinos y 563 estuarios o salobres (Espinosa-Pérez, 2014). No obstante, en los ambientes hídricos continentales se siguen encontrando nuevas especies (CONABIO, 2021a).

En la península de Yucatán, los cenotes son el ambiente dulceacuícola por excelencia debido a la naturaleza kárstica de la región, representando el tipo de cuerpo de agua más común. Asimismo, hay al menos dos gradientes de diversidad en peces cenotícolas, donde el número de especies disminuye desde la costa hacia tierra adentro y desde el sur hacia el norte de la península (Schmitter-Soto, 2020).

La zona de estudio cuenta con el 8% de peces registrados para el estado de Quintana Roo, entre ellos la sardinita de Bacalar (*Astyanax bacalarensis*). Del total, dos están catalogados conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010: el juil descolorido (*Rhamdia guatemalensis*), que está Sujeto a protección especial y el topote aleta grande (*Poecilia velifera*), que está Amenazado (Anexo 2). Este último también está catalogado como Vulnerable por la UICN.

Anfibios

En México se registran 376 especies de anfibios, de las cuales 252 son endémicos, lo que equivale al 67% de la riqueza nacional (Parra-Olea et al., 2014; CONABIO, 2021b).

En Quintana Roo se distribuyen 22 especies de anfibios que representan el 95.6% de las especies registradas en la península de Yucatán (23 especies) y el 6% a nivel nacional (Cedeño-Vázquez y Calderón-Mandujano, 2011). Particularmente en la zona analizada se han registrado 13 especies (12 anuros y un caudado) que equivalen al 59.1% del total estatal y al 3.46% a nivel nacional (Anexo 1).

En cuanto a endemismos, destaca la rana ladrona yucateca (*Craugastor yucatanensis*), que es endémica de la península de Yucatán, además de estar catalogada como especie Sujeta a protección especial conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, junto con la rana arborícola trompuda (*Scinax staufferi*), la rana cabeza de pala (*Triprion petasatus*), la rana de Brown (*Lithobates brownorum*) y la salamandra lengua hongueada rojiza (*Bolitoglossa yucatanana*). Asimismo, la rana ladrona yucateca está clasificada como Casi amenazada (NT) por la UICN (Anexo 2).

Reptiles

En México se registran 864 especies de reptiles y más de la mitad son endémicas a nuestro territorio (57%) (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014, CONABIO, 2020). En Quintana Roo hay 106 especies de reptiles de las 140 reportadas para la península de Yucatán (Calderón-Mandujano y Cedeño-Vázquez, 2011) y en la zona de estudio se han registrado 48 especies de reptiles (24 serpientes, 19 lacértidos y cinco tortugas) que equivalen al 45.3% del total estatal y al 5.6% a nivel nacional (Anexo 1).

Del total de registros, cuatro especies se consideran endémicas de la península de Yucatán: la culebra sin rayas (*Coniophanes meridanus*), la culebra cordelilla (*Imantodes tenuissimus*), tortuga de pantano (*Kinosternon creaseri*) y la lagartija escamosa de Cozumel (*Sceloporus cozumelae*) (Anexo 1).

En cuanto a las categorías de riesgo, 15 especies están catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (10 Sujetas a protección especial y cinco Amenazadas) (Anexo 2). Algunas de las especies en la categoría de Sujeta a protección especial son la tortuga pecho quebrado labios blancos (*Kinosternon leucostomum*), el lemacto coronado (*Laemantus serratus*), la culebra labios blancos maya (*Symphimus mayae*) y la nauyaca nariz de cerdo yucateca (*Porthidium yucatanicum*). En la categoría de Amenazada se registran especies como la cuija yucateca (*Coleonyx elegans*), la iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*), la culebra perico mexicana (*Leptophis mexicanus*) y la tortuga de monte mojina (*Rhinoclemmys areolata*) (Anexo 2).

Por otro lado, dos iguánidos están en el Apéndice II de CITES: la iguana negra (*Ctenosaura similis*) y la iguana verde (*Iguana iguana*), y sólo la tortuga de monte mojina (*Rhinoclemmys areolata*) está en la lista roja de la UICN, como Casi amenazada (Anexo 2).



Aves

A nivel mundial, México ocupa el undécimo lugar en número de especies, con 1,124 que representa el 10.6% del total de especies, y de las cuales 109 son endémicas (CONABIO, 2021c).

Las selvas de Quintana Roo son hábitat para diversas especies de aves que no se encuentran en otras partes de la península de Yucatán por ser más seco. Allí, se han registrado 483 especies, que equivalen al 88% de las especies de la península de Yucatán. Dicho número representa casi el 43% de las especies registradas en México (Correa y MacKinnon, 2011).

En específico, en el área de estudio se registran 267 especies (Anexo 1), lo que representa el 55.3% del total de la ornitofauna del estado de Quintana Roo. Por ejemplo, están presentes la aninga americana (*Anhinga anhinga*; Figura 9a), el pájaro toh (*Eumomota superciliosa*; Figura 10b) y el centzontle tropical (*Mimus gilvus*; Figura 10d).

De igual manera, se registran 38 especies de aves en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 26 están Sujetas a protección especial, entre ellas el milano tijereta (*Elanoides forficatus*), la codorniz silbadora (*Dactylortyx thoracicus*), el vireo manglero (*Vireo pallens*) y la coa de collar (*Trogon collaris*); 10 están Amenazadas, como el gavilán zancón (*Geranoospiza caerulescens*), la pava cojolita (*Penelope purpurascens*), el guajolote ocelado (*Meleagris ocellata*), el tucán pico canoa (*Ramphastos sulfuratus*) y el loro yucateco (*Amazona xantholora*); y dos están catalogadas En peligro de extinción: el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*) y la garza rojiza (*Egretta rufescens*) (Anexo, 2).

De acuerdo con la UICN (2022), dos especies están Vulnerables: vencejo de chimenea (*Chaetura pelagica*), gaviota de patas negras (*Rissa tridactyla*) y hocofoaisán (*Crax rubra*), y nueve están Casi amenazadas. Por otra parte, hay un total de 36 especies en CITES, dos están en el Anexo 1: halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y halcón murciélago (*Falco ruficularis*); 29 están en el Anexo 2: por ejemplo, las ocho especies de colibrís registradas, el gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*), el loro frente blanca (*Amazona albifrons*), el tecolote bajeño (*Glaucidium brasilianum*); y cinco aves están en el Anexo 3: pijije alas blancas (*Dendrocygna*

autumnalis) y chachalaca oriental (*Ortalis vetula*), entre otras (Anexo 2).

Del total de las aves registradas, 174 son residentes, 71 son migratorias de invierno, cuatro son migratorias de verano y 18 son transitorias. En tanto que 16 especies son cuasiendémicas y dos son semiendémicas: tapacamino yucateco (*Antrastomus badius*) y calandria dorso negro menor (*Icterus cucullatus*; Figura 9b).

Mamíferos

Los mamíferos mexicanos forman un grupo altamente diverso. México es el tercer lugar mundial con 564 especies silvestres, que representan el 10% de la diversidad total (Sánchez-Cordero *et al.*, 2014; CONABIO, 2020a). De manera específica, en Quintana Roo se han reportado 114 especies de mamíferos terrestres, más del 90% de las especies registradas en la península de Yucatán (123 especies, Sosa-Escalante *et al.*, 2013) y más del 20% registrado para México.

En la zona de estudio se registran 25 especies de mamíferos terrestres, los cuales representan el 22% del total de la mastofauna terrestre reportada para Quintana Roo y el 4.4% para México, entre ellos el murciélago frutero (*Artibeus jamaicensis*; Figura 9c) (Anexo 1).

Nueve de las especies están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la musaraña orejillas parada (*Cryptotis mayensis*) está Sujeta a protección especial; cuatro están Amenazadas: jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), vampiro falso lanudo (*Chrotopterus auritus*), rata arborícola yucateca (*Otonyctomys hatti*) y puercoespín tropical (*Coendou mexicanus*); y cuatro están En peligro de extinción: ocelote (*Leopardus pardalis*), jaguar (*Panthera onca*; Figura 9d), mono aullador (*Alouatta villosa*) y mono araña centroamericano (*Ateles geoffroyi*) (Anexo 2).

Para las categorías de la CITES hay ocho mamíferos incluidos: cuatro en el Apéndice I, una en el Apéndice II y tres especies en el Apéndice III. En tanto que tres especies están clasificadas por la UICN: el mono aullador (*Alouatta villosa*) y mono araña centroamericano (*Ateles geoffroyi*) que están En peligro, así como el jaguar (*Panthera onca*) que está casi amenazado.





a)



b)



c)



d)

Figura 9. Fauna registrada en el área de estudio: **a)** aninga americana (*Anhinga anhinga*), **b)** calandria dorso negro menor (*Icterus cucullatus*), **c)** ejemplar de murciélago frutero (*Artibeus jamaicensis*) y **d)** excretas de jaguar (*Panthera onca*).



a)



b)



c)



d)

Figura 10. Fauna registrada en el área de estudio: **a)** sardinita de Bacalar (*Astyanax bacalarensis*), **b)** pájaro toh (maya) (*Eumomota superciliosa*), **c)** iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) y **d)** centzontle tropical (*Mimus gilvus*).



3.1.4. USOS ACTUALES Y POTENCIALES DE LA BIODIVERSIDAD

La biodiversidad es valorada a partir de tres enfoques principales: a) biológico, porque cada componente es un reservorio de información evolutiva irremplazable; b) económico, por suministrar de manera imprescindible bienes esenciales para la sociedad, como las variedades de especies vegetales y animales domesticadas, las materias primas de uso industrial (resinas, maderas, fibras, celulosa, entre otros), o los compuestos activos para la industria farmacéutica (anticoagulantes, antivenenos, anticonceptivos, antibióticos, por nombrar sólo algunos); y c) cultural, al ser fuente de inspiración de creencias, mitos y cosmovisiones (Arce-Ibarra y Armijo, 2011).

Quintana Roo es el principal productor, a nivel nacional, de maderas preciosas y chicle, y se encuentra entre los cinco mejores en maderas tropicales duras y blandas, palma y miel. También cuenta con una significativa producción de carbón, madera rolliza para construcciones rústicas y miel de la selva. En volúmenes menores se extraen diversos bejuocos, frutas, vainilla, distintas especies de plantas silvestres de valor alimenticio y medicinal (Forster et al., 2011).

En este sentido, el área de interés, por la variedad de ecosistemas que presenta, tiene un amplio potencial de usos de la biodiversidad, ya sea por contar con recursos valiosos como las especies maderables y melíferas, o bien, el uso de los valores estéticos o paisajísticos del ecosistema para el desarrollo del turismo de bajo impacto ambiental. Entre las principales especies maderables presentes en área de interés se encuentran: el tsalam (*Lysiloma latiliquum*), el granadillo (*Platymiscium yucatanum*), el chechem (*Metopium brownei*), chacá (*Bursera simaruba*), entre otros.

Por otra parte, cabe mencionar que, en los distintos tipos de vegetación presentes en el área de interés, se encuentran también recursos forestales no maderables como el chicle (*Manilkara zapota*), y aunque no hay gran proporción de ejemplares de esta especie debido al impacto de los incendios forestales de 1968 y 1989, existe germoplasma que, de conservarse el área, podría desarrollar poblaciones de la especie. Asimismo, existen otros recursos como las palmas, que pueden ser utilizadas como ornamentales, forraje, combustible y para la construcción sustentable, por ejemplo, con la palma de

huano (*Sabal yapa*). Otro recurso forestal no maderable presente en el área de interés, son los bejuocos, importantes para la producción de artesanías y cestería, por ejemplo, una de estas especies es el sab ya ab (*Vitis tiliifolia*) (Calvo-Irabién, 2011; Pulido y Caballero, 2011; Valdez-Hernández, 2011).

Por otra parte, el uso turístico de los ecosistemas representa una opción favorable al impulsar el desarrollo económico local y, al mismo tiempo, la conservación de la biodiversidad. Algunas de las actividades del turismo de bajo impacto ambiental incluyen el senderismo, observación de flora y fauna local, ciclismo y algunas actividades que incluyen la pernocta (Calmé, 2011).

3.1.5. SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ecosistémicos o ambientales son aquellos que la gente recibe de selvas, humedales, manglares, dunas costeras, entre otras, así como de la biodiversidad asociada a ellos. Los beneficios derivados son esenciales para la supervivencia de los sistemas naturales y biológicos intrínsecamente relacionados, de tal forma que proporcionan beneficios tangibles e intangibles, tales como la calidad del aire y del agua; control de los ciclos hidrológicos, incluyendo la reducción de la probabilidad de inundaciones y sequías; protección de las zonas costeras por la generación y conservación de los sistemas de arrecifes de coral, manglares y dunas costeras; generación y conservación de suelos fértiles; control de parásitos de cultivos y de vectores de enfermedades; polinización de muchos cultivos; disposición directa de alimentos provenientes de medios ambientes acuáticos y terrestres; belleza escénica, así como el mantenimiento de los recursos genéticos de los cuales la humanidad ha aprovechado en la producción de alimentos, fauna y flora domesticada, medicinas y productos industriales (SEMARNAT, 2021; CONABIO, 2022c).

El área de estudio cuenta con tres predios, dos de los cuales están altamente impactados por las actividades extractivas de material del suelo, y uno, La Adelita, permanece con un buen grado de conservación a pesar de contingencias como incendios y eventos hidrometeorológicos que han afectado la vegetación, compuesta principalmente por selva mediana subperennifolia y selva mediana subcaducifolia.

Una intervención en especial en el predio La Adelita, coadyuvará en la disminución de las amenazas naturales que pudieran presentarse, así como en los efectos del cambio climático, asegurando el





equilibrio ecológico y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos que ahí se desarrollan.

Entre los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas forestales del área de interés, se encuentran los siguientes:

- **Provisión / abastecimiento:** Son los beneficios materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, como agua, alimento, medicinas y materias primas. Para muchos representan su forma de subsistencia: madera, leña, plantas y animales.
- **Soporte / apoyo:** espacios vitales para la flora y fauna. Sustento de los procesos de funcionamiento de los ecosistemas, incluyendo ciclo de nutrientes y agua, retención y formación de suelos, así como la regulación del clima local, y el control de plagas y vectores de enfermedades. Algunos hábitats cuentan con un número excepcionalmente elevado de especies que los hace más diversos que otros desde el punto de vista genético.
- **Regulación:** Entre los servicios de regulación están el clima y la calidad del aire, el secuestro y almacenamiento de carbono, moderación de fenómenos naturales, tratamiento de aguas residuales, prevención de la erosión y conservación de la fertilidad de suelos, el control de plagas, la polinización y regulación de los flujos del agua.
- **Cultura:** Los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas se denominan servicios culturales. Medio para realizar actividades culturales, artísticas, espirituales y de recreo, realizadas a través de la observación y disfrute de la belleza escénica.

Lo anterior, gracias a que el área de interés es hábitat de más de 942 especies de vida silvestre (413 de flora y 529 de fauna). Además, el área cuenta con diversos ecosistemas de selva, palmar, sabana, dunas costeras y manglar, los cuales de manera intrínseca aportan servicios ambientales, por lo que se puede considerar como reguladores de los efectos meteorológicos, así como proveedores de servicios de abastecimiento, soporte y apoyo.

Los servicios ambientales deben tener en cuenta los valores de uso y de no uso, y dentro de estos últimos, los valores de opción y de existencia, a continuación, se describen algunos de los cuales están representados en el área de interés:

Polinización

La polinización representa un proceso que mantiene la función y permanencia ecosistémica a largo plazo. Su importancia se ve reflejada en los diversos indicadores de cambio climático, de pérdida de biodiversidad, de salud ecosistémica y en las implicaciones económicas y sociales que tendría una disminución o pérdida del proceso. Debido a lo anterior, la protección de los polinizadores es relevante incluso a nivel nacional, ya que como país centro de origen y diversificación de cultivos, la polinización es uno de los procesos que mantienen la diversidad genética de las plantas cultivadas, lo cual es de gran relevancia ante los procesos de conservación o pérdida de polinizadores en todos los ecosistemas del país (SADER-SEMARNAT, 2021). Los espacios en buen estado de conservación son reservorios naturales de la diversidad de especies de plantas y especies de polinizadores como abejas, avispas, mariposas, escarabajos, aves y murciélagos.

La diversidad de polinizadores de las selvas tropicales de la península de Yucatán está compuesta principalmente por insectos representados por abejas, avispas, hormigas, moscas, mariposas, polillas y escarabajos. Particularmente las abejas nativas son consideradas los polinizadores de mayor importancia, además de ser bioindicadores de la conservación biológica en los ecosistemas (Meléndez *et al.*, 2014). Tal es el caso de la abeja nativa sin agujijón *Trigona fulviventris*, presente en el área de interés. Estas obtienen de las plantas sus principales fuentes de alimento: el néctar, la materia prima para la producción de miel y fuente de energía para los individuos, y el polen, cuya función principal es satisfacer la demanda proteínica de las abejas en estado larval (Barrantes-Vásquez, 2018).

Asimismo, se calcula que los polinizadores intervienen en la cantidad y calidad de un tercio de toda la producción agrícola a nivel mundial, y son directamente responsables de entre 3% y 8% del volumen producido, por lo que hablar de polinizadores es hablar de seguridad alimentaria (Aizen *et al.*, 2009).



3.1.6. OBJETOS DE CONSERVACIÓN

Con base en el análisis y sistematización de la información técnica y científica recopilada para la zona, así como los recorridos realizados en campo para el registro de la biodiversidad y valores ambientales, se han determinado los siguientes objetos de conservación:

- La diversidad de tipos de vegetación, los cuales se identificaron y describieron resultado de recorridos de campo: 1) Selva mediana subperennifolia, 2) Selva mediana subcaducifolia, 3) Selva baja subcaducifolia, 4) Palmar, 5) Sabana 6) Duna costera y 7) Manglar. Se ha determinado que cerca del 60% de la superficie del predio La Adelita presenta selva mediana subperennifolia y alrededor del 40% es selva mediana subcaducifolia.
- Los servicios ambientales asociados a los ecosistemas selváticos del área son fundamentales para el mantenimiento del equilibrio ecológico a nivel local y regional. Por ejemplo, las selvas presentan un conjunto de factores como el dosel, que logra mantener la humedad al interior de estas, lo cual es un factor clave para el mantenimiento del ciclo hidrológico local. Además, su riqueza florística y faunística es representativa de la diversidad biológica que caracteriza a la región biogeográfica neotropical.
- En la franja costera del área de interés se identificó la presencia de manglar con una asociación de cuatro especies: mangle rojo (*Rizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle prieto (*Avicennia germinans*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), las cuales se encuentran en la categoría de Amenazada conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019). La zona de manglar, junto con vegetación de sabana ocupan cerca de 1 ha del total de la zona de La Dársena. La comunidad de manglar proporciona servicios ambientales de alto potencial, ya que es hábitat de otros organismos, además de servir de protección contra eventos meteorológicos.
- En el área de interés se registran 883 especies, de las cuales 413 son plantas vasculares, 363 vertebrados y 107 invertebrados. Estos registros representan la diversidad de organismos que están presentes en la zona. Asimismo, están registrados 45 endemismos, de los cuales 38 especies son plantas, 6 vertebrados y un invertebrado. Por otro lado, del total de especies, 80 se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (10 plantas y 70 animales). Asimismo, 26 especies (ocho plantas y 17 animales) se encuentran en categorías de riesgo de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN); además, 61 especies (15 plantas y 46 vertebrados) se encuentran en algún Apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
- Con relación a los polinizadores, destaca la presencia de mariposas, abejas, avispas, hormigas, moscas, polillas y escarabajos en el área de interés y zonas adyacentes, tal es el caso de la abeja nativa sin agujón *Trigona fulviventris* presente en el área de interés. La polinización es uno de los procesos biológicos fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y los procesos evolutivos de las especies, de tal manera que los polinizadores son un determinante clave en la evolución floral a escala global. Asimismo, a escala regional y nacional, la importancia de este proceso se ve reflejada en los diversos indicadores de cambio climático, de pérdida de biodiversidad, de salud ecosistémica y en las implicaciones económicas y sociales que tendría una disminución o pérdida de poblaciones de polinizadores.
- En la zona costera marina anidan las tortugas marinas caguama (*Caretta caretta*) y verde (*Chelonia mydas*), ambas en peligro de extinción de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe resaltar que el 95% del total de la anidación de tortuga caguama en México se da en la costa central de Quintana Roo. La playa entre Punta Venado y La Dársena se considera como playa de prioridad 2 entre las playas de anidación de caguama en el estado, esto por la abundancia y densidad de anidación que presenta de 25 nidos por kilómetro anualmente.
- En relación con los mamíferos, destaca como uno de los objetos de conservación más importantes el jaguar (*Panthera onca*), dada su importancia ecológica y cultural en la región. Los ecosistemas presentes en el área de interés son el hábitat de esta especie, que se encuentra en la categoría de En peligro de extinción conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010, así como en la categoría de Casi amenazado de la UICN.
- En la región centro del estado de Quintana Roo la composición de suelo kárstico hace que se encuentre rodeado de lagunas, cenotes, cavernas y por lo menos dos mil kilómetros de pasajes subterráneos entre los que destaca el Sistema Sac Aktun de 364 km de extensión y el sistema Ox Bel Ha de 272 km, siendo uno de los sistemas de cuevas submarinas más extensos del mundo los cuales pertenecen al Gran Acuífero Maya, situados



en el noroeste de Quintana Roo (Kambesis *et al.* 2016). En la zona de estudio se encuentran además un sistema de ríos subterráneos con una longitud de 9.9 km de longitud por el momento es el único sistema de cuevas inundadas que se conoce. Así mismo se encuentran diversos cenotes cercanos a la zona de estudio lo que lo hace altamente probable la conexión entre ellos por lo no se descarta nuevos registros de especies de flora y fauna asociadas a hábitats cavernícolas, posiblemente endémicas, así como restos arqueológicos y paleontológicos de la megafauna que habitó esta área.

Por lo anterior y en este sentido el proteger estos sistemas karsticos garantizará la continuidad de los procesos geohidrológicos que originan este tipo de sistemas, así como su belleza escénica de los espeleotemas subacuáticos e importancia como refugio de flora y fauna de la zona, así como de ecosistemas cavernícolas y resguardo de restos paleontológicos, los cuales se consideran objetos de conservación presentes en la región.

3.2 AGUA

Los impactos de aprovechamientos materiales pétreos mayores se relacionan con desabasto de aguas y modificación de los flujos subterráneos. Con la modificación de las corrientes del sistema subterráneo y el manto freático, existen diferentes implicaciones en las dinámicas hidrológicas y la calidad de sus aguas (Hobbs & Gunn, 1998).

Los sistemas kársticos tienen una capacidad de auto purificación muy lenta, lo cual hace que el agua que fluye a través de dichos sistemas, sea muy susceptible a contaminación (Kresic *et al.*, 1992). Al remover la cobertura del manto acuífero, la calidad de las aguas subterráneas se degrada rápidamente. El polvo puede entrar fácilmente en los conductos y pequeñas aberturas y puede ser transportado hacia el agua subterránea (Hobbs & Gunn, 1998).

La Figura 11 muestra un escenario en el cual el aprovechamiento pétreo modifica el sistema subterráneo de aguas y los impactos indirectos que se generan en las áreas circundantes.

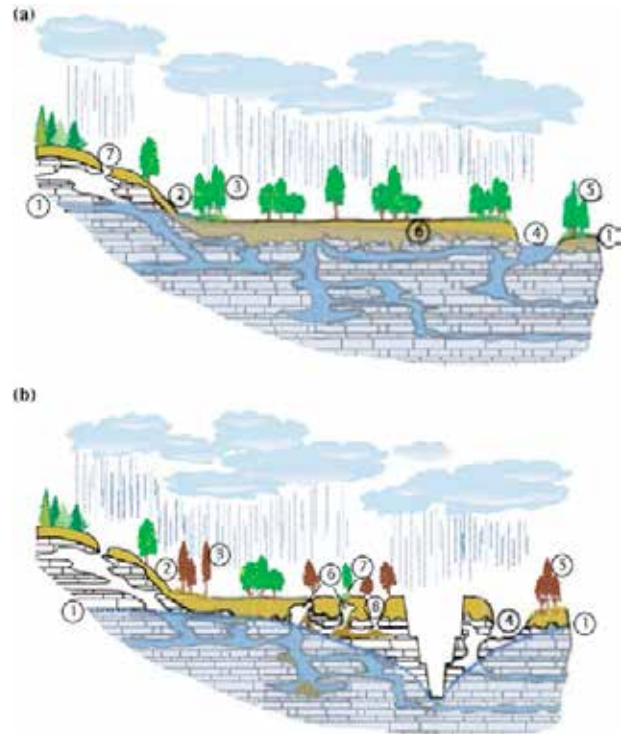


Figura 11. Sección hipotética que muestra las condiciones previas al desarrollo de un aprovechamiento pétreo

a Sección transversal hipotética que muestra el área kárstica en condiciones previas al desarrollo de la cantera. El nivel freático (1) generalmente está por encima del contacto suelo/lecho rocoso. Vertidos naturales de aguas subterráneas a un manantial (2) y un arroyo perenne (4), que sostiene un humedal (3) y un bosque ribereño (5). La superficie del lecho rocoso es muy irregular (6) y se denomina lecho rocoso. Un sumidero natural ocurre donde el nivel freático está por debajo del contacto suelo/lecho rocoso (7) (Langer, 2001).

b Sección transversal hipotética que muestra el área kárstica en las peores condiciones después del desarrollo de la cantera. Bajo condiciones reales, ninguna, algunas o todas estas condiciones pueden existir. La deshidratación de canteras ha bajado el nivel freático (1) por debajo del contacto suelo/roca. La descarga natural de aguas subterráneas a el manantial (2) y el arroyo perenne (4) se han detenido, lo que ha provocado la destrucción del humedal

(3), el secado subida del arroyo (4) y destrucción del bosque de ribera (5). Se formaron cavidades subterráneas en el suelo en el área del lecho rocoso del pináculo debido a la pérdida de soporte flotante y tubería (6). El suelo sobre la cavidad se ha hundido, dando como resultado la formación de un área húmeda y la inclinación de postes de cercas o árboles (7). En última instancia, estas cavidades podrían colapsar, creando un sumidero de colapso (8) (Langer, 2001).

Las rocas calizas y evaporitas que conforman la península de Yucatán presentan una alta conductividad hidráulica. Por ello, es importante señalar que las aguas son vulnerables a procesos de contaminación por diversas razones. Los residuos de la extracción (e.g. sedimentos) son mezclados con el acuífero expuesto en los sitios ya explotados, de tal forma que la calidad del agua subterránea se ve afectada incluso más allá del sitio de la actividad, ya que el sistema kárstico de flujos subterráneos arrastra los contaminantes. (Langer, 2001)

Asimismo, la exposición de la roca caliza a las lluvias favorece la disolución del calcio afectando la calidad del agua, de manera que contenga una mayor concentración de sólidos, haciéndola no apta para uso potable (Sharma & Ram, 2014).

Asimismo, la calidad del agua se ve afectada por procesos secundarios de la exposición de la roca madre al agua de precipitaciones con aire, lo que conlleva a procesos químicos que involucran modificaciones en el pH del agua, los cuales son visibles en el color de las aguas expuestas en las diferentes pozas generadas en el predio La Rosita (Figura 12), mismos que afectan seriamente la calidad de las aguas del acuífero volviéndolas en algunos casos no potables.



Figura 12. Fotografías aéreas de la porción norte del predio El Corchalito y el sitio turístico Mayan Water Complex

Es posible observar la diferencia de colores en los cuerpos de agua que han sido perforados más recientemente.

La MIA muestra un esquema básico del sistema subterráneo de aguas (Figura 13) en el cual solamente se puede inferir la mezcla de aguas salinas con aguas dulces del manto freático. No obstante, no se descarta la probable existencia de flujos subterráneos que conecten con cuerpos más alejados.

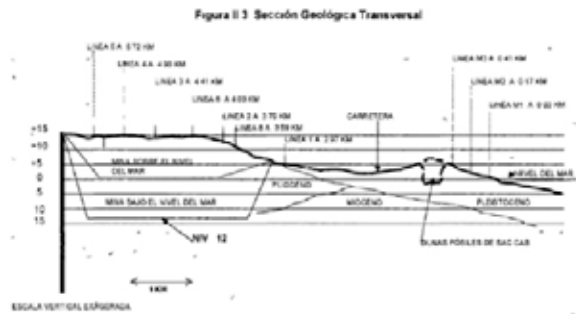


Figura 13. Sección transversal de aprovechamiento de roca caliza

Metodología para el análisis y resultados

La metodología seleccionada consistió en el análisis de información satelital, la realización de una campaña de campo de 15 días de duración, el análisis en gabinete y laboratorio de muestras de agua y mediciones en cenotes de la zona circundante de los predios de CALICA propiedad de Calizas Industriales del Carmen S.A. DE C.V..

La selección de los puntos de medición y muestreo tiene como base el funcionamiento geohidrológico regional de los flujos subterráneos en el sistema cárstico de la península de Yucatán. Por esta razón, la siguiente sección se destaca los elementos más importantes relativos a este flujo.

3.2.1 ANTECEDENTES: FLUJO REGIONAL DEL SISTEMA CÁRSTICO (1985 VS 2022)

El flujo regional general en esta zona de la península la tiene una dirección predominante del centro de la misma hacia la costa, tal y como se indica en las flechas rojas de la Figura 14. Si se piensa en los flujos subterráneos en la zona de la mina, previo al inicio de su operación en el año 1985, en ese momento no se presentaba ninguna alteración representativa en el territorio.

La Figura 14 corresponde a una imagen de satélite del año 1985 donde se muestra la ubicación de los cenotes (puntos azules) localizados en la vecindad de los predios de CALICA (mostrados en color amarillo: La Adelita, azul: La Rosita y morado: El Corchalito). Las líneas rosas en la misma figura, ilustran la ubicación de las cavernas y ríos subterráneos mapeados hasta la fecha.

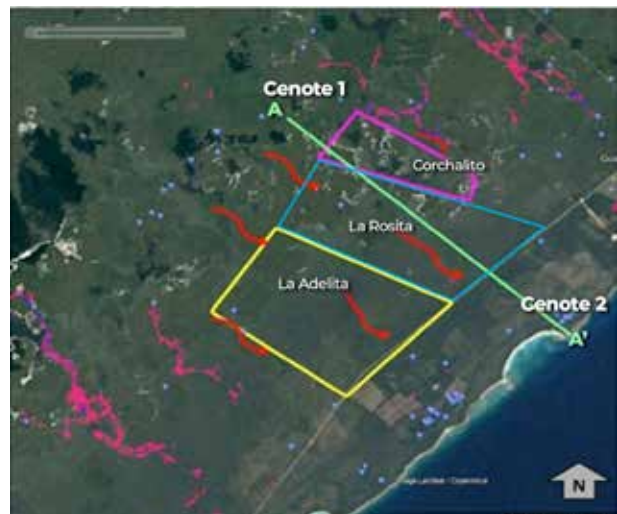


Figura 14. Condiciones del sitio de estudio en el año 1985.

Por otro lado, la línea verde de la Figura 14 identifica un corte A-A' a fin de ilustrar un perfil longitudinal del sistema kárstico típico en la región. La Figura 15 muestra la representación con un sistema de cenotes y ríos subterráneos conectados hidrológicamente. En este diagrama, se identifican las condiciones

supuestas del subsuelo en el sitio por la línea imaginaria (color verde en la Figura 14). Además, se visualizan claramente dos cenotes, uno aguas arriba del sitio donde se ubica CALICA: cenote 1 y otro aguas abajo del mismo: cenote 2, alineados con la dirección del flujo regional.

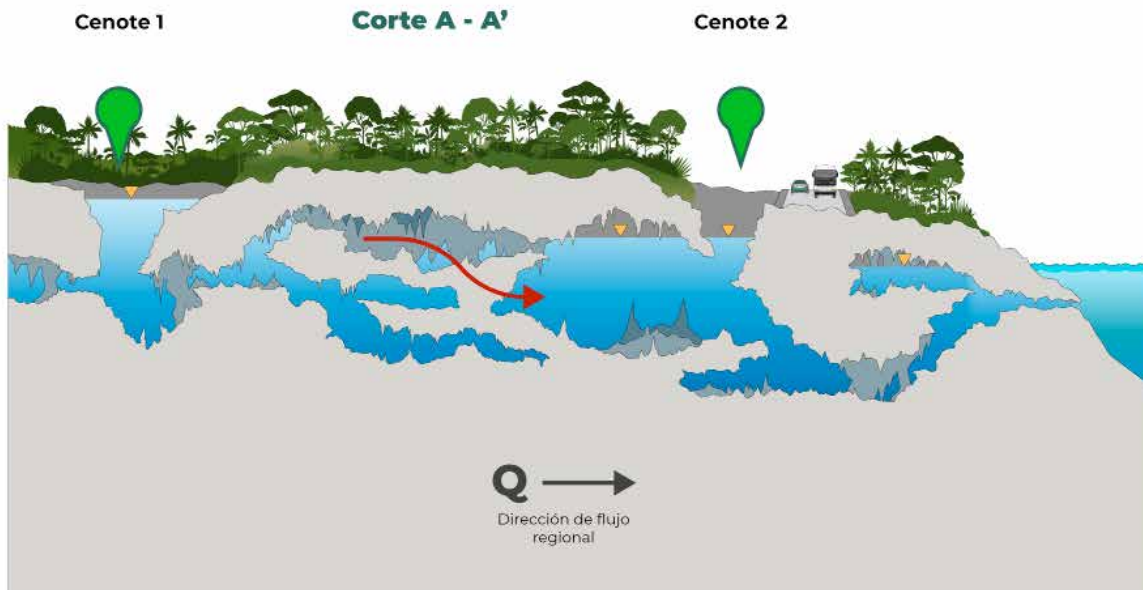


Figura 15. Perfil longitudinal A-A' del cenote del cenote 1 al 2, en condiciones originales.

Tal como se aprecia la Figura 15, los sistemas de cenotes y ríos subterráneos son altamente complejos. Es posible considerar que gran parte de los cenotes de la zona de estudio están conectados de forma subterránea, a través de conductos con trayectorias similares a los identificados en la Figura 14 por las líneas rosas. En el caso del predio de CALICA, estos sistemas de ríos subterráneos no se encuentran mapeados, pero su ausencia en el mapa no significa que no existan.

Bajo esta lógica, lo que ocurra en el cenote 1, aguas arriba del predio y en el trayecto intermedio, tendrá efectos en los niveles y calidad del agua en el cenote 2, aguas abajo cerca de la costa.

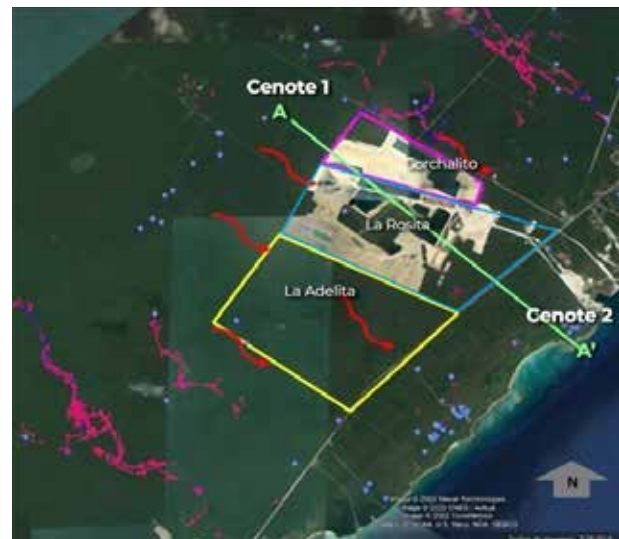


Figura 16. Condiciones del sitio de estudio en el año 2022.



Actualmente, el sitio se encuentra modificado por la presencia de la mina de extracción de material pétreo en los predios El Corchalito y La Rosita. En la Figura 16 se aprecia cómo los predios se localizan en el trayecto del corte A-A', lo que seguramente implica una afectación al flujo regional y a la calidad del agua del sistema.

Con base en lo anterior, se formula la siguiente hipótesis: *las condiciones del flujo regional y de la calidad del agua del sistema de ríos subterráneos*

y cenotes que cruzan El Corchalito y La Rosita han sido alterados por la presencia de la mina de extracción de material pétreo.

En la Figura 17, se presenta un esquema gráfico de la hipótesis planteada, donde se visualiza cómo la presencia de la mina y en particular de los estanques o pozas que almacenan agua, altera tanto la calidad como la cantidad de agua que fluye en los ríos subterráneos. Estos impactos deberán manifestarse en el cenote 2, aguas abajo de la mina.

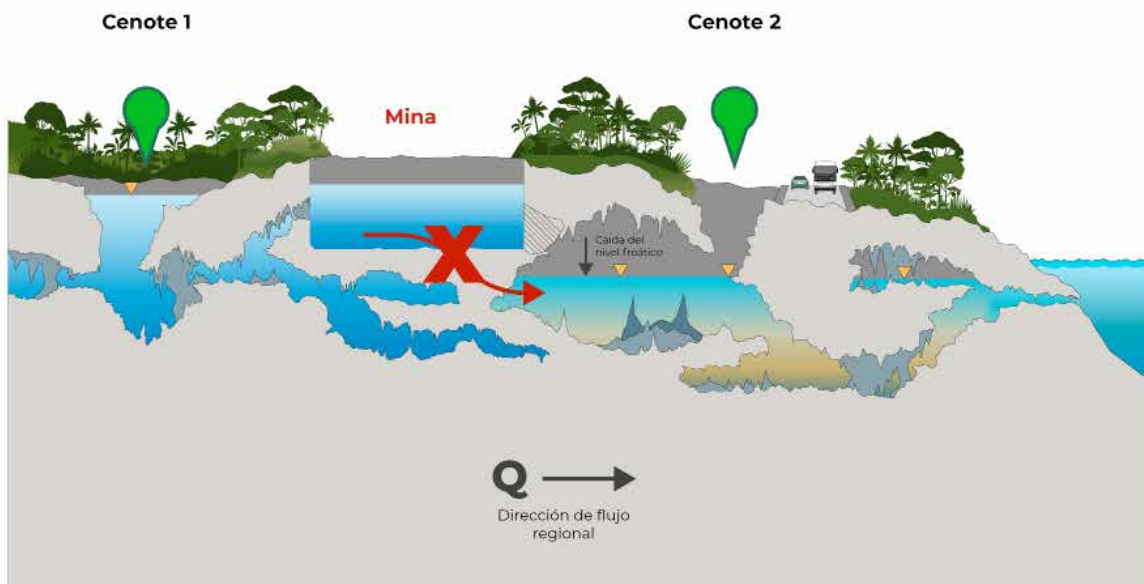


Figura 17. Corte A-A' del cenote 1 al 2, hipótesis de las condiciones actuales.

3.2.2. AFECTACIONES AL SISTEMA REGIONAL

Con objeto de probar la hipótesis anteriormente descrita, se planearon una serie de muestreos en el territorio para identificar patrones de calidad y cantidad de agua que evidencien la modificación de los flujos regionales; los principales parámetros empleados son: niveles piezométricos, tirantes de agua en los cenotes, muestreos para el análisis de la calidad del agua. En la Figura 18 se aprecia la preparación del equipo para la medición de parámetros en uno de los cenotes en la zona de estudio.



Figura 18. Preparación para el muestreo y medición de parámetros.

Número de cenotes muestreados y ubicación

Bajo la premisa de conocer las características de cantidad y calidad del agua después de su paso por los predios con la mina que afectan el sistema, se diseñó una campaña de muestreo y medición en los cenotes aledaños que abarcan la zona de interés.

Con base en lo anterior, se identificó que alrededor de la zona existen más de 40 cenotes que resultan

de interés para el estudio, no obstante, por cuestiones de accesibilidad como: falta de veredas, predios de propiedad privada, topografía accidentada, entre otros, no fue posible medir y muestrear la totalidad de los cenotes identificados durante el trabajo previo en gabinete. Por lo anterior, se accedió a 21 cenotes de los cuales en 17 se realizó el muestreo para la determinación de la calidad del agua y la caracterización geomorfológica e hidráulica, mientras que en solo en tres fue posible la caracterización. La ubicación de éstos se presenta en la Figura 19.



Figura 19. Ubicación de los cenotes visitados durante la visita de campo.



Caracterización geomorfológica e hidráulica

Los principales parámetros considerados para la caracterización geomorfológica e hidráulica son:

- Ubicación.
- Tipo/Forma.
- Perímetro.
- Configuración topo-batimétrica.
- Nivel piezométrico.
- Tirante máximo.

Y en caso de ser representativo:

- Velocidad del flujo.
- Caudal.

Con la finalidad de conocer las propiedades físicas del agua en los cenotes, se llevaron a cabo mediciones de conductividad, temperatura, salinidad y profundidad con un equipo CTD, ver Figura 20. El CTD cuenta con GPS que permite grabar la ubicación de cada punto de medición y registra los datos durante su descenso y ascenso. Los datos de cada lance son almacenados en la memoria del equipo y estos se descargan y procesan en computadora para su posterior proceso. Se buscó realizar las mediciones en la zona del cenote con mayor profundidad.



Figura 20. Equipo CTD.

Para determinar los perfiles topo-batimétricos en los cenotes con profundidades mayores a 0.3 m, se utilizó un perfilador acústico basado en el efecto Doppler (ver Figura 21), para su uso se monta en una plataforma de flotación, es utilizado normalmente en ríos y canales para medir la velocidad del agua, calcular la descarga y forma del fondo. Utiliza un haz acústico para mediciones batimétricas de precisión, permitiendo obtener el detalle del contorno del fondo y tiene un alcance de hasta 50 metros de profundidad.



Figura 21. Perfilador de efecto Doppler.

Las dimensiones de los cenotes fueron obtenidas con el uso de un telémetro con tecnología láser de clase 1M, ver Figura 22, permitiendo medir de manera remota a una distancia segura objetivos inaccesibles. Este equipo tiene un alcance de hasta 1,100 m con una precisión de ± 0.5 metros en un rango menor a los 700 m.



Figura 22. Equipo para medir distancias.



Muestreo de calidad del agua

La metodología para el muestreo de los cenotes se estableció de acuerdo a la NMX-AA-14-1980 CUERPOS RECEPTORES.- MUESTREO. Esta norma establece los lineamientos generales y recomendaciones para el muestreo en cuerpos receptores de aguas superficiales, excluyendo aguas estuarinas y marinas, con el fin de determinar sus características físicas, químicas y bacteriológicas, debiéndose observar las modalidades indicadas en las normas de métodos de prueba correspondientes. Los principales procesos realizados durante el muestreo son los siguientes:

■ Identificación de muestras

En todos los casos los recipientes utilizados fueron debidamente identificados de acuerdo a los datos mínimos solicitados por las normas como: sitio de muestreo, número de muestra, fecha y hora de muestreo, nombre y firma de la persona que efectúa el muestreo, entre otros.

■ Procedimiento de muestreo

La colecta de muestras se llevó de manera correcta conforme a lo establecido en la normatividad para cada parámetro analizado, en los cenotes con problemas de acceso para la colecta directa se utilizó un recipiente para su muestreo debidamente enjuagado, ver Figura 23.



Figura 23. Toma de muestras y etiquetado de recipientes muestreo.

El personal que realizó el procedimiento de muestreo es signatario acreditado ante la entidad mexicana de acreditación, A.C. (EMA) en la rama de mediciones directas con el número de acreditación: AG-177-032/09.

■ Preservación de muestras y almacenamiento

Cada recipiente con muestra fue preservado conforme al requerimiento de cada parámetro y verificado, posteriormente se almacenaron en una hielera con una cama de hielo para mantener una temperatura aproximada de 4°C, ver Figura 24. Todas las muestras fueron enviadas para su análisis





Figura 24. Preservación de las muestras y colocación de cama de hielo.

al laboratorio de Calidad del Agua del IMTA, en el tiempo correspondiente.

■ **Medición de parámetros de campo**

Antes de iniciar el muestreo se calibraron los sensores del equipo para los parámetros de potencial de hidrógeno y conductividad eléctrica de acuerdo a los lineamientos de las normas aplicables:

1. NMX-AA-007-SCFI-2013 Análisis de Agua – Medición de la Temperatura en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas - Método de Prueba.
2. NMX-AA-008-SCFI-2016 Análisis de Agua.- Medición del pH en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.- Método de Prueba.
3. NMX-AA-093-SCFI-2018, Análisis de agua.- Medición de la Conductividad eléctrica en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.- Método de prueba

■ **Bitácoras y registros**

El personal que realizó el muestreo, registró en bitácoras personales de muestreo, así como en hojas de registro de calibración, verificación y cadena de custodia los datos de las muestras colectadas. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Calidad del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) con acreditación vigente ante la EMA. En la Figura 25 se muestra la hoja de registro de la colecta de muestras y parámetros de campo medidos con Analizador *Pocket Pro+ Multi 2 Tester*.

Parámetro	1	2	3	4	5
Temperatura (°C)	28.4	28.9	28.7	28.0	28.3
pH	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Conductividad (µS/cm)	5	5	5	5	5
TDS (mg/L)	5	5	5	5	5
Salinidad (mg/L)	5	5	5	5	5

Figura 25. Hoja de registro de parámetros de campo medidos con Analizador *Pocket Pro+ Multi 2 Tester* (pH/conductividad/TDS/salinidad).

Profundidad y calidad cualitativa del agua en cenotes

En este apartado se muestran los resultados del levantamiento de los parámetros: nivel piezométrico, profundidad o tirante máximo y coeficiente cualitativo *K* (Conesa, 1993).

El nivel piezométrico refiere a la elevación del nivel del agua en el cenote con respecto al nivel del mar, sirve para conocer parte del funcionamiento del sistema cárstico asumiendo conexión entre cenotes. Por otra parte, el tirante máximo es la altura del agua con respecto al punto más profundo del cenote y, finalmente, el coeficiente cualitativo *K* sirve para definir las características físicas de contaminación mediante el impacto estético con base en tres valores: 1, agua limpia sin aparente contaminación, 0.75, agua con un ligero color, poco turbia y sin apariencia natural y 0.5, agua con aparente contaminación y olor. En la Tabla 8 se muestran los resultados de los parámetros registrados.



Tabla 8. Levantamiento del nivel piezométrico, tirante máximo y coeficiente K.

No.	Nombre	Latitud	Longitud	Nivel piezométrico (msnm)*	Tirante máximo (m)	K
1	Cenote	20.5989	-87.2033	6.1	5.0	0.75
2	Cenote Jaguar o Coati	20.606	-87.1906	15.1	12.0	1
3	Cenote Ardilla	20.6203	-87.1867	15.0	8.7	1
4	Cenote Camino East	20.5594	-87.1637	1.3	0.3	0.5
5	Cenote Venado	20.5581	-87.1574	4.8	0.4	0.75
6	Cenote Chan Pek	20.5484	-87.1574	2.4	3.8	0.75
7	Cenote Cubera	20.5659	-87.1347	0.0	0.5	0.5
8	Cenote Tunich Ha	20.5667	-87.1332	1.3	2.6	1
9	Cenote El Ranchero	20.6281	-87.1364	10.6	0.5	0.75
10	Cenote Maravillas	20.6167	-87.136	-0.4	0.6	0.75
11	Cenote Kraken	20.6116	-87.1359	5.5	8.8	0.75
12	Cenote Maicor	20.6024	-87.1258	6.5	1.9	0.75
13	C3	20.5449	-87.1625	0.9	2.4	0.5
14	C7	20.55103	-87.1561	1.1	2.5	0.5
15	C10	20.54944	-87.1597	1.7	0.4	0.75
16	C16B (Sinkhole)	20.54961	-87.1604	2.0	4.0	0.75
17	Cenote abandonado	20.6031	-87.2039	N/A	N/A	N/A
18	984	20.59732	-87.2085	N/A	N/A	N/A
19	Cerveza	20.60141	-87.1173	3.7	0.5	1
20	Yaakun	20.62391	-87.185	0.0	22.2 ⁽¹⁾	0.75
21	Serpiente grande	20.54308	-87.1866	-0.6	1.2	0.75

⁽¹⁾ No se alcanzó profundidad máxima.

*El nivel piezométrico se corrigió con ayuda del Modelo Digital de Elevaciones de Yamazaki, et al, 2019.



Con base en los valores señalados, se aprecia que aguas arriba de la mina, se tienen niveles piezométricos y tirantes mayores a los presentados aguas abajo, cercanos a la costa; de la misma forma es notorio el decrecimiento en el coeficiente K referente a las características físicas de la calidad del agua. Si se toman dos cenotes de referencia, uno aguas arriba: *Coati* y otro aguas abajo: *Tunich Ha*, el nivel piezométrico disminuye de 15.1 a 1.3 msnm, mientras que el tirante máximo baja de 12 a 2.6 m, en este caso el coeficiente K se mantiene constante con 1. No obstante, si se compara el *Coati* con el *Cubera*, siguiendo la dirección del flujo regional (ver Figura 26), se identifica que hay una pérdida de nivel piezométrico de 15.1 a 0.00 msnm y disminuye el tirante de 12 a 0.5 m, mientras que el coeficiente K pasa de 1 a 0.5.

Lo anterior, tipifica una clara disminución en la cantidad y la calidad del agua del sistema cárstico manifestada en los cenotes, inducidos por la presencia de los estanques de agua en los predios en cuestión.



Figura 26. Alineamiento de flujo regional de los cenotes Coati y Cubera.

Con base en la información recabada, se muestra en la Figura 27 el mapa de isolíneas para el factor “ K ”, generado mediante el método *Kriging* de

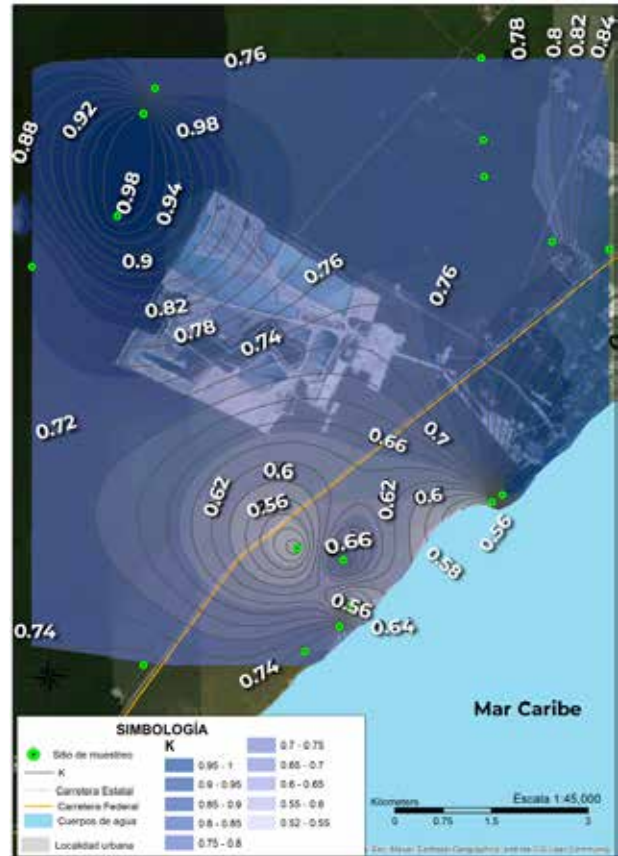


Figura 27. Mapa de isolíneas para el factor “ K ”.

interpolación espacial y el empleo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), donde se aprecia visualmente una degradación de noroeste a sureste, de la calidad en los cenotes de la zona de estudio.

Parámetros analizados en el laboratorio de Calidad del Agua del IMTA

Para contrastar los valores de los parámetros de calidad del agua de los cenotes de la zona de estudio con los correspondientes a los cenotes fuera de la zona de influencia, es decir lejos de la minera, se consideran los valores de las muestras de ocho sitios ubicados al sur de los predios, Figura 28. La comparación se presenta en las Figuras 29, 30, 31, 32 y 33.





Figura 28. Cenotes muestreados fuera del área de influencia.

En la Figura 29, se observa una mayor presencia de carbono unido a compuestos orgánicos en la zona de influencia, reportando los valores máximos en los cenotes ubicados en la parte baja, en contraste

se observan valores menores y unificados en la zona lejos del área de influencia, lo que indica una diferencia marcada entre estas dos zonas con respecto a la presencia de compuestos orgánicos.

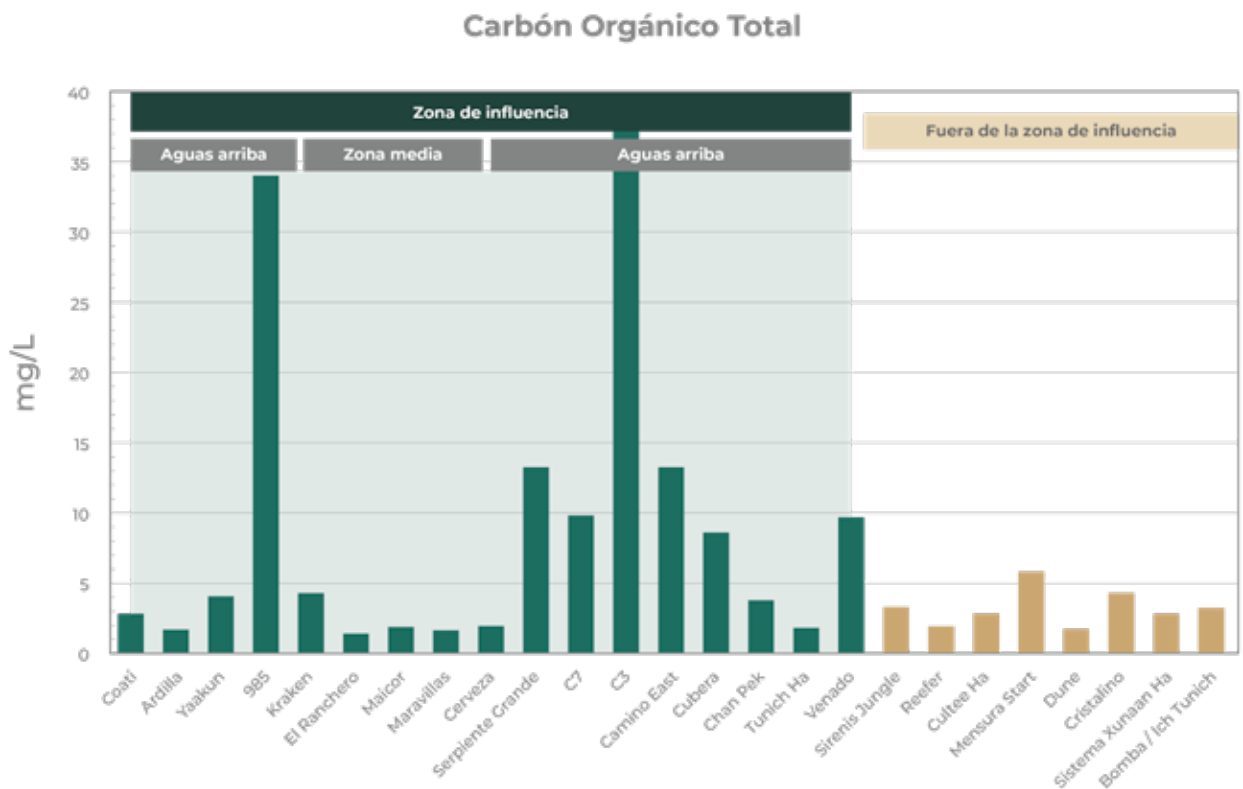


Figura 29. Comparación de los valores de Carbón Orgánico Total (COT).



En la Figura 30, se muestra una mayor concentración de nitritos en los cenotes *Venado*, *Camino East* y *Cubera*, ubicados aguas abajo de la zona de influencia. Se observa un valor atípico de nitritos en el Cenote 985, ubicado en la parte noroeste de la zona de influencia, los valores de nitritos generalmente tienen una correlación con la contaminación fecal

fresca, sin embargo, los valores de coliformes fecales en estos sitios son relativamente bajos, por lo que la fuente puede ser de origen industrial. Los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites máximos establecidos por la Ley Federal de Derechos en sus lineamientos de calidad del agua correspondientes al uso 1: Fuente de abastecimiento para uso público urbano.

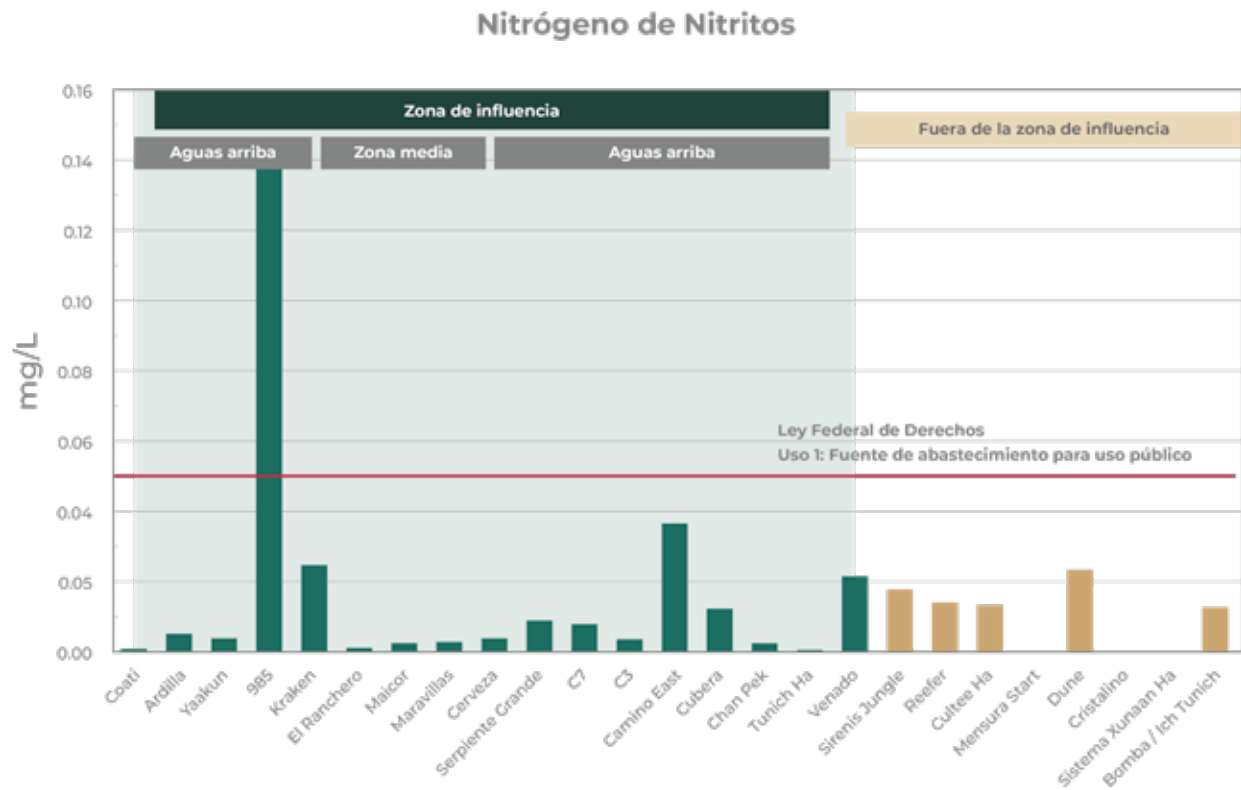


Figura 30. Nitritos en la zona de estudio.

Con respecto a los valores de nitratos, estos suelen ser mayores en los sitios fuera de la zona de influencia, principalmente en los cenotes *Mensura Start* y *Bomba*, estos cenotes se localizan en zonas más urbanizadas, por lo que posiblemente las aguas residuales domésticas o el uso de compuestos

nitrogenados sean las fuentes principales de contaminación por nitratos. El *Cenote 985* ubicado en la zona de influencia reportó valores de nitratos por debajo de los límites de detección lo que contrasta con el valor máximo de nitritos, ver Figura 31.

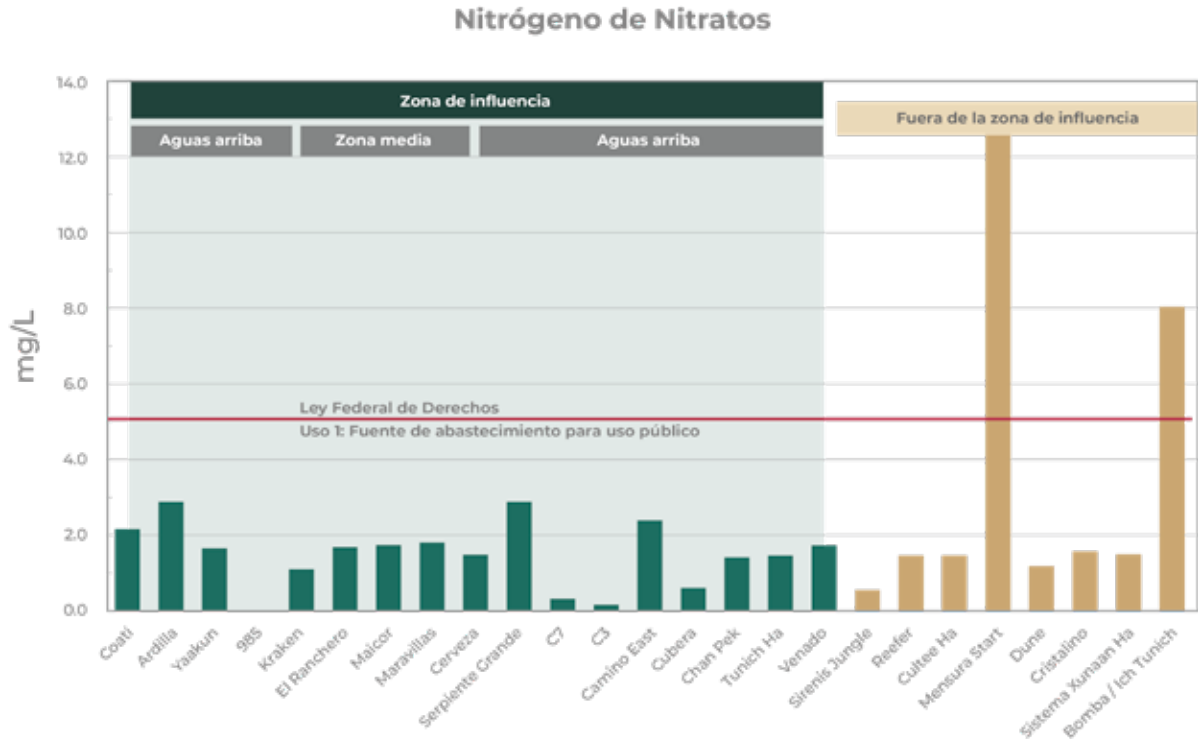


Figura 31. Nitratos en la zona de estudio.

Adicionalmente, fueron analizados también algunos minerales como los fluoruros, éstos se localizaron en mayores concentraciones en la zona

de influencia, principalmente en la parte media y aguas abajo en comparación con los cenotes ubicados fuera de la zona de influencia, Figura 32.

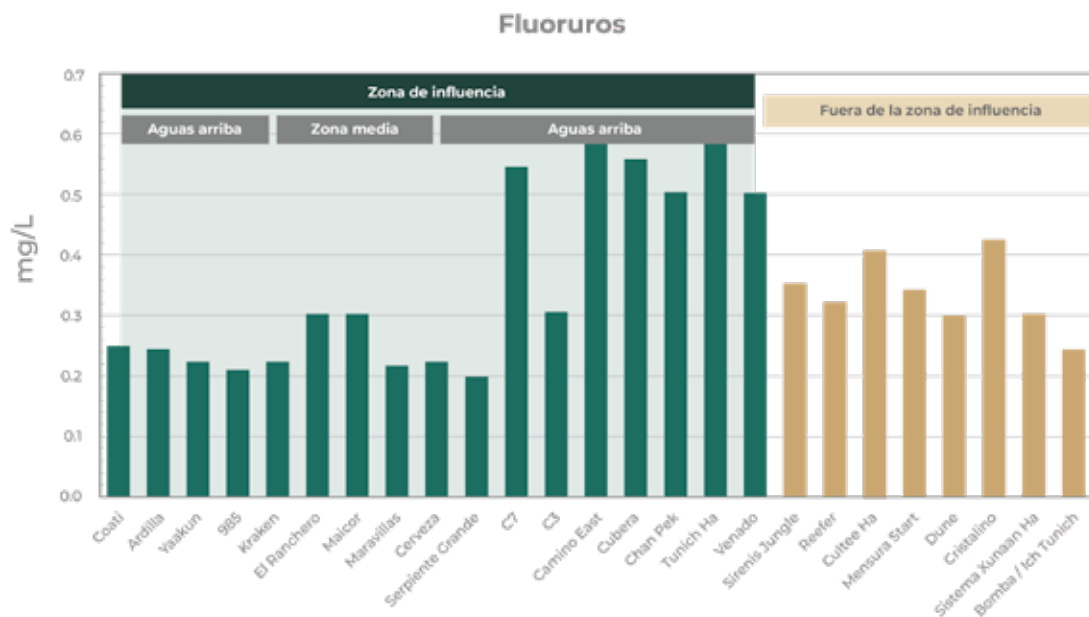


Figura 32. Fluoruros en la zona de estudio.



En la Figura 33, la zona de influencia presenta valores elevados de Demanda Química de Oxígeno (DQO) lo que indica que es necesario la utilización de procesos químicos para degradar o mineralizar

los compuestos contaminantes presentes y que, por lo general, proceden de fuentes de contaminación de tipo industrial, en contraparte fuera de la zona de influencia, se presentaron en lo general valores por debajo de los límites de detección.

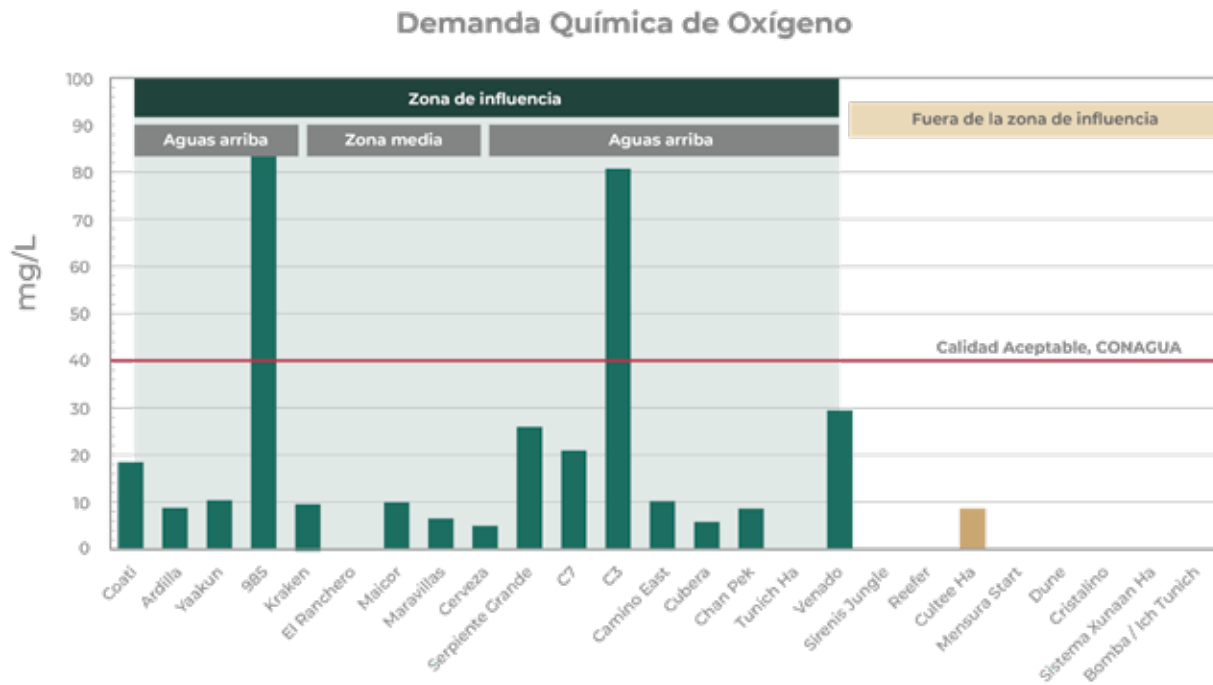


Figura 33. DQO en la zona de estudio.

A continuación, en la Tabla 9 se presentan los valores obtenidos de algunos de los parámetros de

medición directa, fisicoquímicos y minerales presentes en los cenotes de la zona de estudio.



Tabla 9. Valores de parámetros de calidad del agua.

No	Nombre	Latitud	Longitud	pH	Temp °C	Cond µs/cm	COT mg/L	N-NO ₃ mg/L	N-NO ₂ mg/L	SDT mg/L	Fluoruros mg/L	K mg/L	DQO mg/L	Sodio mg/L	Potasio mg/L	Calcio mg/L	Magnesio mg/L	
																		UpH
1	Cenote Coati	20.6060	-87.1906	7.54	26.5	2,490	2.87	2.12	0.0008	1,358	0.25	1.00	18.5	300	11.8	118.5	55.3	
2	Cenote Venado	20.5577	-87.1569	7.72	29.5	3,500	9.72	1.69	0.0215	1,983	0.501	0.75	29.6	490	21.5	87.7	70.1	
3	Cenote Camino East	20.5594	-87.1637	7.44	29.1	2,740	13.27	2.35	0.0365	1,518	0.584	0.50	10.2	346	12.9	106.7	53.6	
4	Cenote Chan Pek	20.5484	-87.1574	7.42	29.1	7,900	3.84	1.37	0.0024	4,628	0.503	0.75	8.62	1199	47.6	144.4	165.6	
5	Cenote Tunich Ha	20.5669	-87.1331	7.38	28.3	10,900	1.75	1.44	0.0005	5,994	0.616	1.00	< 5.00	1557	63.7	114.4	204.1	
6	Cenote Cubera	20.5659	-87.1347	7.81	29.8	7,750	8.61	0.56	0.0123	4,524	0.558	0.50	5.81	1288	51.9	98.7	170.0	
7	Cenote 985	20.5989	-87.2033	7.88	26.3	1,929	34.09	< 0.100	0.1464	1,054	0.21	0.75	96.8	237	10.7	79.8	39.1	
8	Cenote Ardilla	20.6203	-87.1867	7.23	27.6	2,080	1.74	2.85	0.0054	1,070	0.243	1.00	8.88	222	9.6	111.4	44.4	
9	Cenote Kraken	20.6116	-87.1359	7.50	29.1	1,792	4.33	1.06	0.0246	925	0.223	0.75	9.61	189	8.3	97.4	38.8	
10	Cenote el Rancho	20.6281	-87.1364	7.11	27.9	1,840	1.36	1.64	0.001	958	0.302	0.75	< 5.00	190	7.7	114.4	48.4	
11	Cenote Maicor	20.6024	-87.1258	7.23	26.8	2,610	1.92	1.7	0.0023	1,330	0.302	0.75	9.97	306	11.8	116.3	56.7	
12	Cenote Maravillas	20.6167	-87.1360	7.15	29.4	1,942	1.64	1.76	0.0028	1,018	0.217	0.75	6.77	200	8.4	108.9	44.6	
13	Cenote C7	20.5510	-87.1561	8.02	26.4	9350	9.76	0.275	0.0081	6,639	0.545	0.50	2.11	1421	54.9	120.2	180.4	
14	Cenote C3	20.5449	-87.1625	7.7	26.9	2780	38.72	0.117	0.0037	1,974	0.305	0.75	80.8	335	15.3	73.4	54.7	
15	Cenote Cerveza	20.6014	-87.1173	7.31	23.2	2270	1.95	1.45	0.0039	1,612	0.222	1.00	5.13	257	10.4	113.6	50.6	
16	Yaakun	20.6239	-87.1850	7.92	29.8	2042	4.11	1.61	0.0039	1,450	0.222	0.75	10.5	209	8.7	85.8	40.7	
17	Cenote Serpiente Grande	20.5431	-87.1866	7.38	28.4	1420	13.26	2.84	0.0090	1,008	< 0.200	0.75	26.1	164	5.8	79.8	26.8	
				Mínimo	7.11	23.20	1420.00	1.36	0.12	0.00	925.00	0.21	0.50	5.13	163.63	5.76	73.43	26.84
				Máximo	8.02	29.80	10900.00	38.72	2.85	0.15	6638.50	0.62	1.00	96.80	1557.38	63.69	144.38	204.05
				Promedio	7.51	27.98	3927.81	9.38	1.51	0.02	2355.25	0.37	0.75	23.56	538.17	21.81	103.30	80.53

Los resultados muestran que existe una mayor contaminación de compuestos orgánicos en la zona de influencia con respecto a los cenotes ubicados fuera de ella, siendo los nitritos los valores más relevantes, mientras que los nitratos se comportan de manera opuesta, presentándose con mayor severidad fuera del área de estudio. Si bien los valores presentados no son mayores a los límites recomendados por de Ley Federal de Derechos, en los lineamientos de calidad del agua considerando el Uso 1: Fuente de abastecimiento para uso público urbano, 0.05 mg/L para nitritos y 5.0 mg/L para nitratos, sí son un indicativo de afectaciones a la calidad del agua.

El nitrógeno de nitritos indica contaminación reciente, está asociado a contaminación fecal que puede provenir de aguas residuales, excretas animales, actividad agrícola, ganadera y/o el uso de explosivos en actividades mineras. No obstante en la zona de estudio no se identificó actividad agrícola o ganadera relevante, tampoco presencia de asentamientos humanos considerables. Aunado a esto, los valores elevados de (DQO) presentes de manera puntual en la zona de influencia indican un grado de contaminación de origen no biodegradable en comparación con los cenotes ubicados fuera de la zona de influencia, con valores casi nulos que indican la presencia de compuestos orgánicos que pueden ser biodegradados fácilmente con procesos biológicos.

Respecto a los minerales como el fluoruro, que es un ion presente habitualmente en las aguas subterráneas, debido al contacto con diversas rocas y minerales que lo contienen, se presentó en mayor medida en la zona de influencia aguas abajo, en comparación con las concentraciones aguas arriba y los cenotes fuera de la zona de influencia; el aumento en la concentración de este mineral podría deberse a procesos de intemperización física o de cambio de uso de suelo aguas arriba.

Para representar espacialmente la distribución de los valores de los parámetros calidad del agua en la zona de estudio, a continuación se muestran los mapas de isolíneas generados mediante el método

Kriging de interpolación espacial y el empleo de un SIG; para el Carbón Orgánico Total (COT), Nitritos ($N-NO_2$), Nitratos ($N-NO_3$), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Fluoruro (F), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Sodio (Na), así como Conductividad y Sólidos Disueltos Totales (SDT).

En la Figura 34, se observa que la mayor cantidad de Carbón Orgánico Total se encuentra principalmente en la parte oeste de la zona de influencia (Cenote 985), seguido por la parte sureste del predio (Cenote C3, Serpiente grande y Venado).



Figura 34. Mapa de isolíneas de Carbón Orgánico Total (COT).

Las isolíneas de los nitritos muestran una clara tendencia de valores altos hacia la zona costera conocida como Punta Venado, aguas abajo de los predios, ver Figura 35, excepto para el *Cenote 985*, cuyo valor es muy superior a los demás con 0.15 mg/L, por lo que para la construcción del mapa se decidió suprimir el valor de dicho cenote y así permitir visualizar adecuadamente el comportamiento referido.

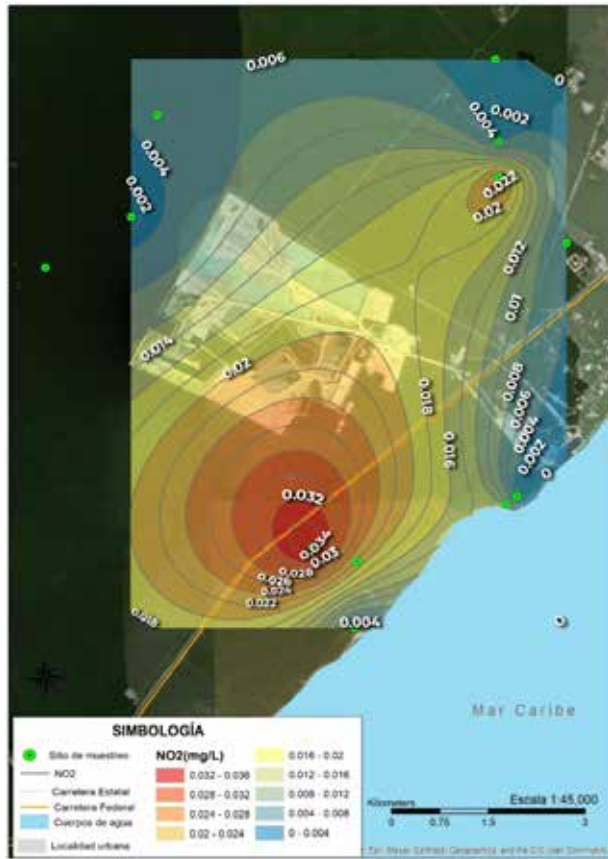


Figura 35. Mapa de isolíneas de nitritos (N-NO₂).

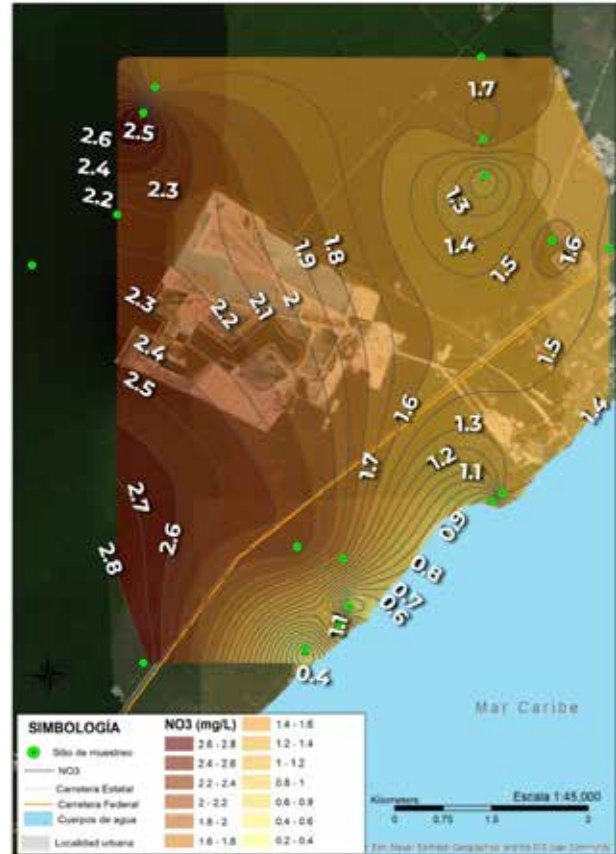


Figura 36. Mapa de isolíneas de nitratos (N-NO₃).

En la Figura 36, los nitratos tienden a tener una concentración un tanto uniforme destacando la parte noroeste por el cenote *La Ardilla* y el sur influenciado por el cenote *Serpiente Grande*.

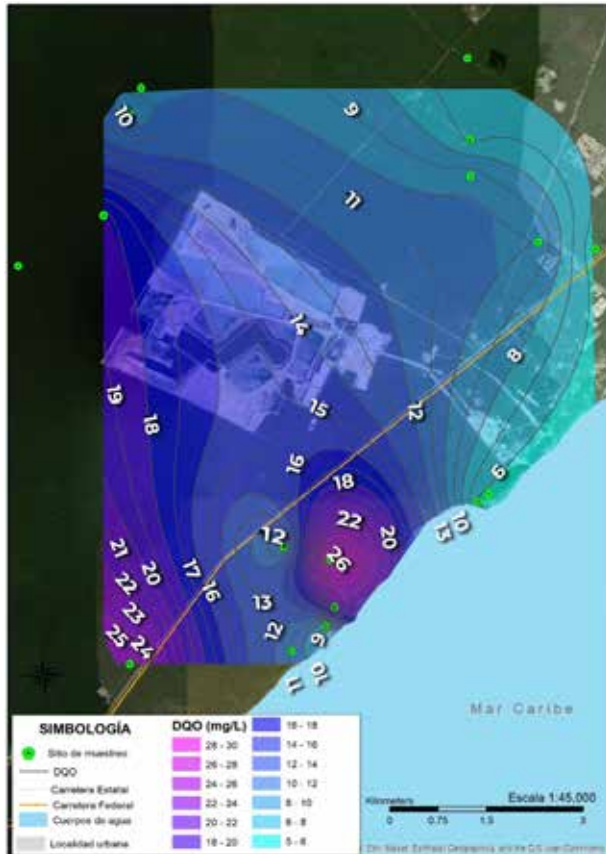


Figura 37. Mapa de isólinas de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

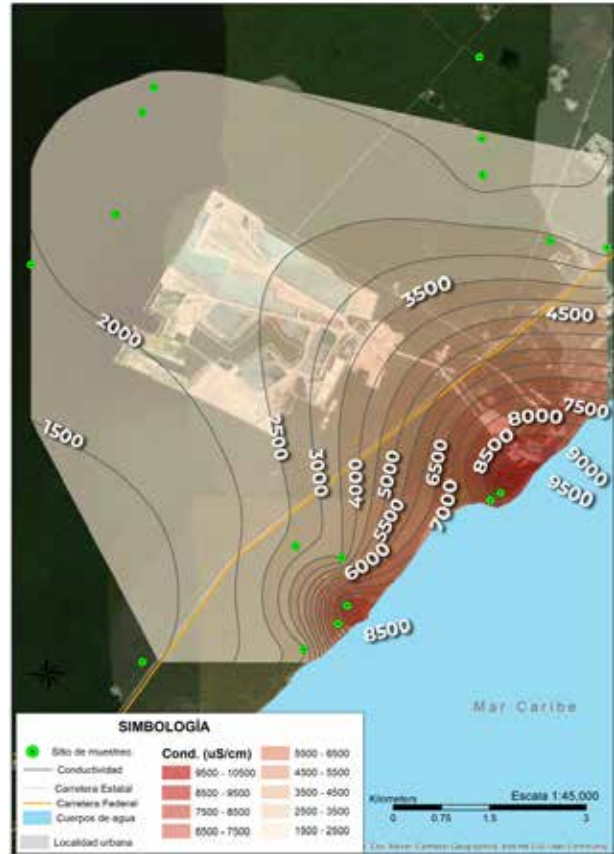


Figura 38. Mapa de isólinas de conductividad.

Los resultados de Conductividad y Sólidos Disueltos Totales indican una posible interacción de flujos entre la zona del predio y la costa (ver Figuras 38 y 39), ya que se aprecia un gradiente de concentración entre ambos sitios. Es decir, pudiera existir una mezcla de agua de mar con el agua continental proveniente de los cenotes.

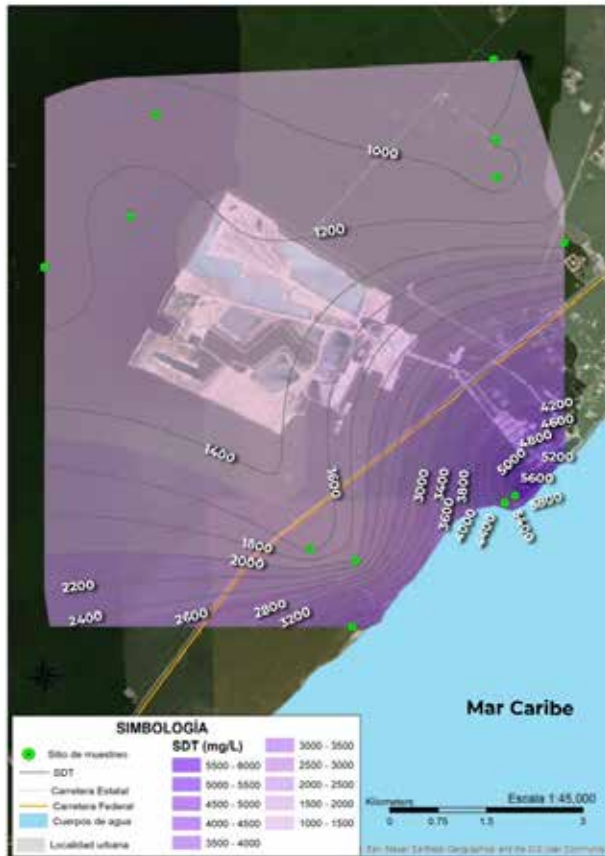


Figura 39. Mapa de isolíneas de sólidos disueltos totales.

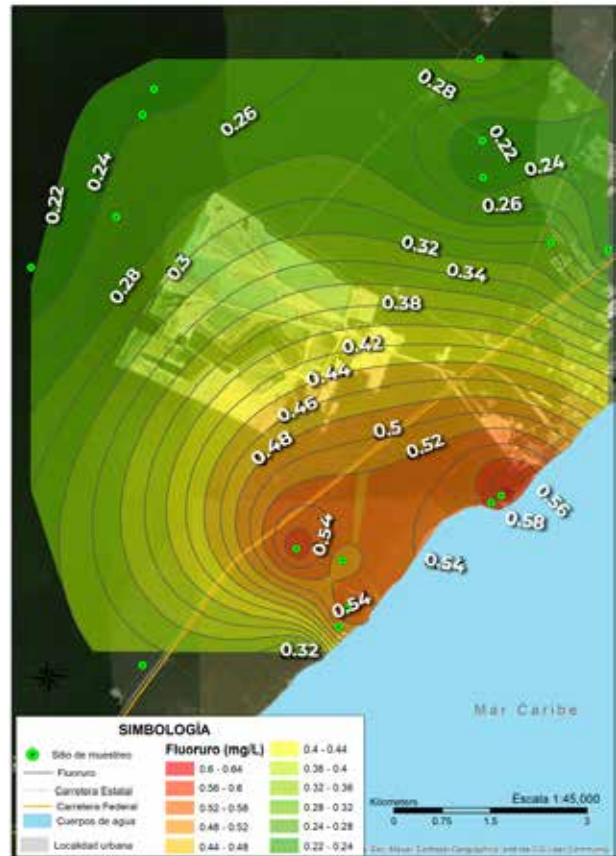


Figura 40. Mapa de isolíneas de fluoruro (F).

Con respecto a los minerales como el fluoruro, magnesio, potasio y sodio se observó un patrón de flujo similar a la conductividad debido a que este parámetro tiene una correlación con los iones disueltos de estos minerales, valores altos aguas abajo de la zona de influencia y valores mínimos en aguas arriba del predio. En la Figura 40 se muestran los fluoruros.

En la Figura 41, el calcio presenta una mayor concentración en el cenote *La Ardilla*, así como aguas abajo del predio (punta Venado) y la zona del embarcadero.





Figura 41. Mapa de isóneas de Calcio (Ca).



Figura 42. Mapa de isóneas de Magnesio (Mg).

En la Figura 42, el magnesio con el mismo patrón de comportamiento que el fluoruro, aguas arriba los valores mínimos, y valores máximos aguas abajo influenciado por los cenotes C7, *Cubera (Punta Venado)*, *Chan Peky Tunich Ha (Embarcadero)*.

El isograma de la Figura 43, muestra una concentración máxima de potasio aguas abajo de la zona de influencia sobre la sitio Punta Venado y el Embarcadero.



Figura 43. Mapa de isótopos de Potasio (K).

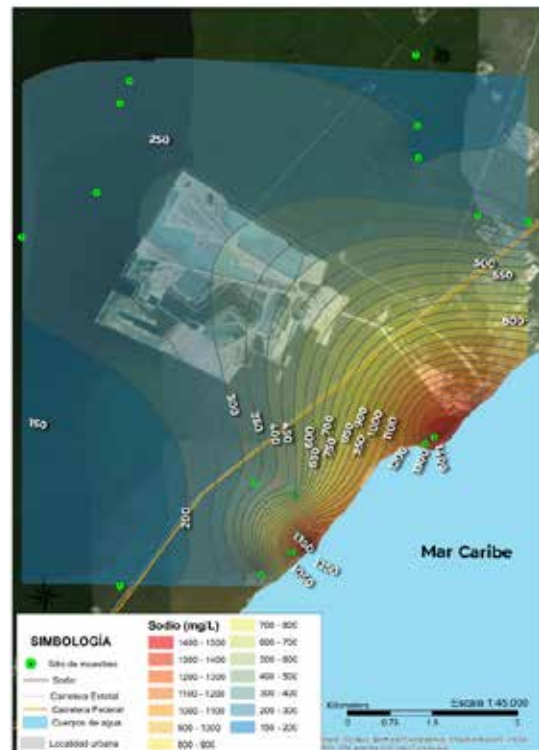


Figura 44. Mapa de isótopos de Sodio (Na).

Las concentraciones de sodio presentan una tendencia descendente de aguas arriba a aguas abajo, en la Figura 44 se observa este patrón de comportamiento de manera general y marcado en los minerales, si bien indican una posible interacción de flujos entre la zona del predio y la costa, también puede deberse a la intemperización mecánica o física del suelo aguas arriba, ya que las concentraciones de estos minerales son mayores a los valores característicos al agua de mar.

Alteraciones al flujo regional y síntomas en territorio

De acuerdo con la literatura, las alteraciones de los flujos regionales en sistemas cársticos, con el tiempo pueden desarrollar síntomas sobre la superficie del terreno, tales como depresiones en la superficie del suelo (Waltham, *et al.* 2005), formación de sumideros por la expansión de fisuras y grietas (Beck *et al.* 1996), así como la subsidencia del terreno (Jammal, 1986), visiblemente en forma de grietas y en casos mayores el colapso de cavernas o socavones.

Este tipo de fenómenos pueden ocurrir de manera natural, debido a la interacción del flujo del agua con el medio cárstico, (fenómenos de erosión y

disolución de la roca), la influencia de factores externos humanos sobre el medio pueden acelerar este tipo de síntomas.

La carretera 307 Cancún-Tulum cuenta con un historial de socavones en los últimos años, el 27 de agosto 2015 se registró un socavón de 2 metros en la carretera 307+650. Después de ser rellenada y rehabilitada, el 4 de febrero de 2020 se registra un segundo socavón en el mismo sitio. El 13 de junio de 2020, en el km 265 + 500, se reportó otro socavón a la altura de Puerto Aventuras.

Durante las visitas se ubicaron 4 puntos de interés para identificar síntomas sobre la carretera 307 Cancún-Tulum frente a la zona donde se ubica la minera CALICA, encontrándose lo siguiente (ver Figura 45):

- Existen depresiones significativas de terreno a los costados de la carretera.
- Se han ubicado barreras al centro de la carretera, entre la división de sentidos de circulación, para evitar el rodamiento sobre esta zona que puede estar ya impactada y cuyo frecuente uso puede finalizar en hundimientos.



- Se encontraron agrietamientos transversales y longitudinales sobre la carpeta asfáltica, los cuales pueden estar provocados por hundimientos

diferenciales. En lo que respecta a las grietas longitudinales, éstas persisten por varios kilómetros.



Figura 45. Puntos inspeccionados sobre la carretera 307 Cancún-Tulum.

Apropiación ilegal de agua subterránea

El uso de fotografías satelitales permite cuantificar la superficie impactada por el desmonte de vegetación, extracción de material y afloramiento de agua por la extracción de material pétreo por debajo del nivel freático.

Para esto, se emplea la imagen de satélite más reciente que corresponde a agosto de 2022, de cual se observa que el área total de los predios El Corchalito y La Rosita es de **12.94 km²**, de la cual El Corchalito posee **3.7 km²** y La Rosita **9.37 km²** (Ver Figura 46.):

Sobre la zona de interés, es posible identificar tres tipos de superficies, correspondientes a: selva, agua y desmonte, siendo estas últimas dos, las que conforman el área impactada:

Tabla 10. Superficies identificadas en los predios.

Predio	Total (km ²)	Selva (km ²)	Agua (km ²)	Desmonte (km ²)	Impactado (km ²)	% de Impacto
Corchalito	3.57	0.86	1.42	1.29	2.71	75.9
Rosita	9.37	2.61	2.80	3.96	6.76	72.1
TOTAL	12.94	3.47	4.22	5.25	9.47	73.1

En términos generales, el área impactada es del orden de **9.47 km²**, de los cuales al almacenamiento de agua le corresponde un volumen de **4.22 km²**. En adición a la situación actual descrita, se realizó el análisis de la evolución temporal de la superficie del agua almacenada por años.

Los resultados muestran progresivamente el aumento del volumen de agua, que en principio es de origen superficial y que ha quedado expuesta a la superficie a causa de la actividad minera en el periodo comprendido entre 2016 y 2022.

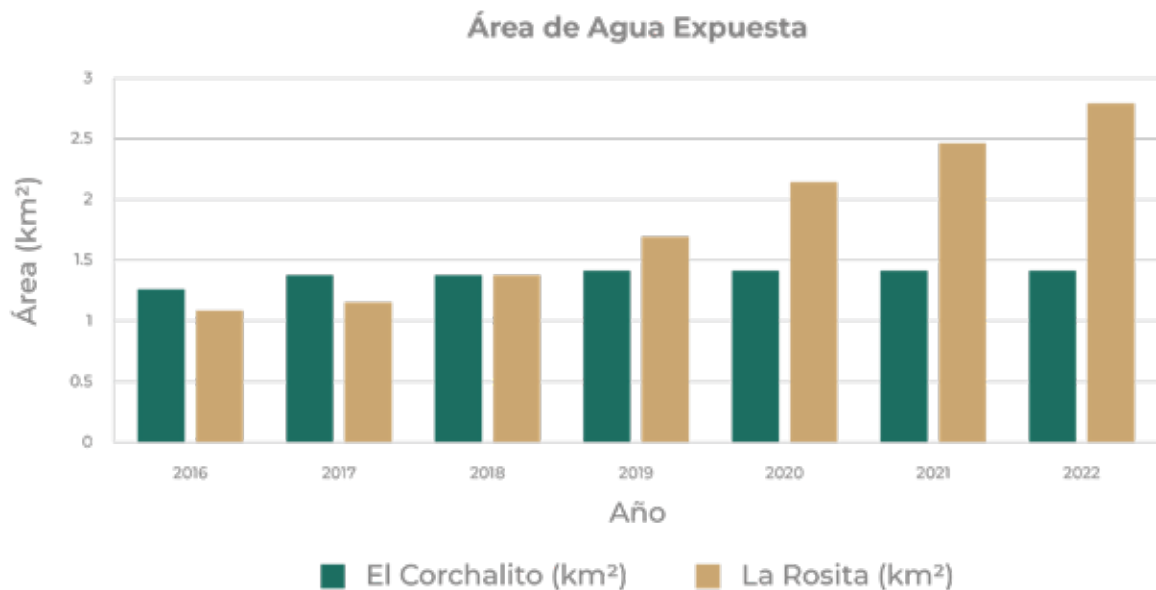


Figura 46. Evolución del área de agua expuesta en El Corchalito y La Rosita (2016-2022).



Dadas las condiciones del muestreo en campo, y a la inaccesibilidad a los predios El Corchalito y La Rosita, no se cuenta con el levantamiento topobatómico de los predios en cuestión y por tanto, no es posible conocer las profundidades de los estanques artificialmente generados por la actividad minera, sin embargo, para brindar una referencia del potencial volumen de agua que pueden contener estos sitios, se realizó el ejercicio de considerar profundidades uniformes desde 1 metro hasta los 10

metros en los estanques, obteniéndose que los volúmenes almacenados varían de los 2.36 hm^3 a los 4.22 hm^3 para el caso de la profundidad de 1 metro y de 23.6 hm^3 a los 42.2 hm^3 para 10 metros, en el periodo comprendido de 2016 a 2022.

Este ejercicio de evolución permite dimensionar el crecimiento en el afloramiento de los volúmenes subterráneos inducidos artificialmente por los procesos de la industria.

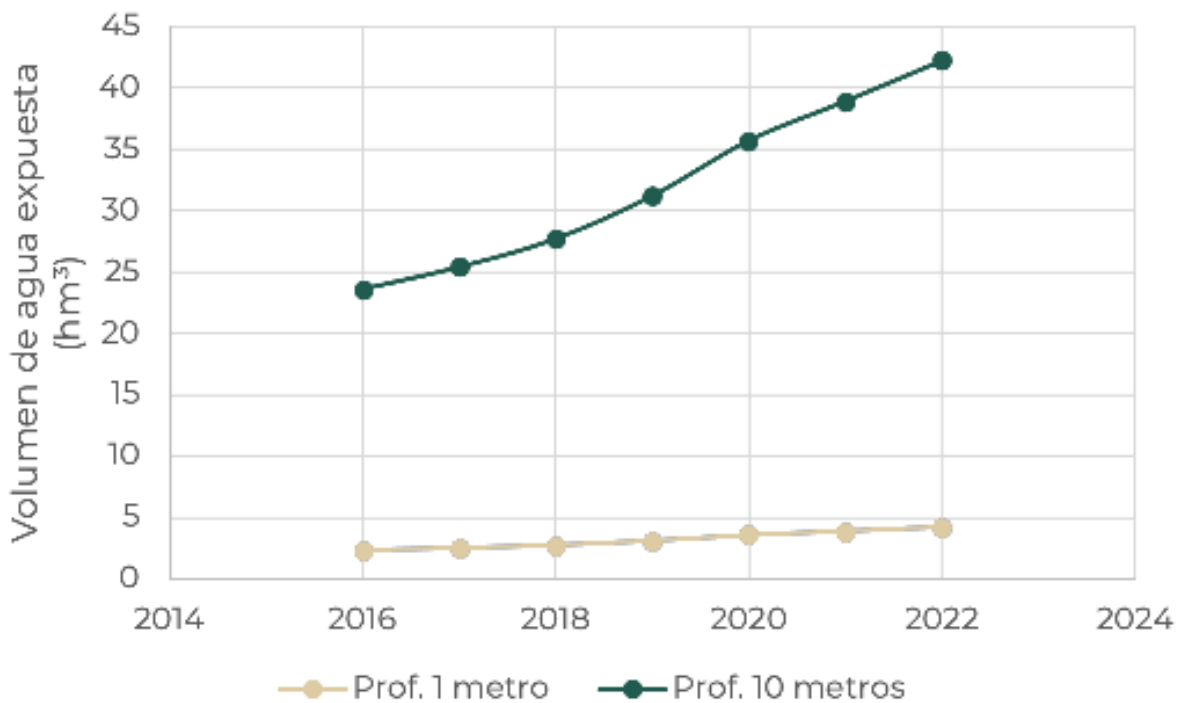


Figura 47. Evolución del área de agua expuesta para diferentes profundidades (2016-2022).

Por otra parte y con el objetivo de contextualizar y comprender la magnitud del impacto de CALICA sobre el recurso hídrico, es necesario revisar y contrastar las concesiones para uso público urbano del municipio de Solidaridad, Quintana Roo, municipalidad que albergar a la ciudad de Playa del Carmen.

De los datos disponibles se observa que los títulos de asignación para uso público urbano en el municipio de Solidaridad, pertenecen al Título 12QNR100580/32HMDL09 con un valor de: **4.415 hm³ anuales**, y la 12QNR100102/32HMDL14 con: **24.519 hm³**. Si se asume que las pozas o estanques de CALICA tienen 1 m de profundidad, el volumen que se alcanza es prácticamente el que corresponde a la primera concesión del municipio y si se asume una profundidad de 10 m, el volumen sobrepasa a la segunda.



Figura 48. Fotografía satelital de los predios Corchalito y Rosita en abril del 2022.

Entre los años 2017 y 2021 los volúmenes de aguas nacionales declarados por el contribuyente (CALICA) para uso industrial, tuvieron su mayor valor en el 2018 de 1,640,802 m³ y el menor en el 2021 con 976,944 m³.

Adicionalmente, para el uso de servicios, el mayor volumen declarado fue en el 2021 con 9,209 m³ y el menor fue en el 2019 con 7,310 m³. Mientras que el mayor valor para las descargas se presenta en el 2021 con 975 m³ y el menor para el año 2017 con 438 m³. Es decir, no se reporta que se hayan sobrepasado los volúmenes concesionados. El volumen total concesionado para aprovechamiento de agua es de 1.701 Hm³ muy inferior a lo estimado que se encuentra almacenado en los estanques. Adicional a esto, en el periodo 2020-2021 existen volúmenes no declarados y no se observan pagos de cuota de garantía, según el informe de la SPFN.

Tabla 11. Información de títulos del contribuyente (elaborada con base en el informe de la Subgerencia de Programación de la Fiscalización Nacional (SPFN)).

Título	Uso	Concepto	# anexos	Volumen AN/DAR (m ³ /año)
12QNR103117/32EQDL14	Servicios	AN	2	11,899
		DAR	1	976.9
12QNR100178	Industrial	AN	1	1,690,000

Cabe resaltar que en el informe de la SPFN no se señala el título de descarga de agua residual para la concesión Industrial, únicamente se muestra el correspondiente a los servicios.

Por otro lado, el pago por aprovechamiento de aguas nacionales en el año 2021 fue \$3,202,618, mientras que el volumen aprovechado correspondiente para ambos usos es 986,153 m³, por lo tanto, el cociente de ambos asciende a: \$3.24 por m³, que es el costo unitario del agua concesionada. El valor de referencia del costo por m³ de agua potable en garrafón es de aproximadamente \$2,400.

Finalmente, se resalta que, según la información publicada por la Subdirección General de Administración del Agua de CONAGUA, la concesión para uso industrial No. 12QNR100178 corresponde a un volumen de 3,020,000 m³, no obstante,

dicho valor representa casi el doble de lo reportado por la SPFN. Es necesario identificar la razón de la discrepancia de ambos valores.

Interrupción del flujo subterráneo

Utilizando como base la información de la profundidad del nivel estático, medido en los cenotes, se procedió a su configuración (Figura 49). El comportamiento de la profundidad del nivel estático es un reflejo de la topografía de la zona. Las áreas con mayor elevación presentan la mayor profundidad y viceversa. Las cotas de profundidad de mayor valor se ubican al poniente de la zona de estudio y descienden de forma gradual en dirección al oriente (línea de costa).

Es importante recordar que la litología es dominada por calizas (formación Carrillo Puerto), con valores altos de transmisividad, y presencia de carsticidad,

del medio, lo que permite un libre tránsito del agua subterránea en el medio.

Los valores de elevación del terreno se recopilaron inicialmente de las lecturas del GPS, sin embargo, al analizarlas en gabinete se observaron inconsistencias, por lo que se optó por usar el modelo digital de elevación (Yamazaki, *et al.*, 2019), del cual se obtuvieron de forma puntual los valores de elevación, este proceso originó un resultado de “suavizamiento” del modelo del terreno. El comportamiento del relieve topográfico del MDE muestra un descenso gradual en las lecturas de elevación, hasta llegar a la línea de costa (Figura 50), así mismo se identifica con precisión las zonas minadas (depresiones en el perfil topográfico).

Usando valores puntuales, de elevación, se procedió a calcular la elevación del nivel estático, que consiste en la diferencia entre las lecturas de elevación del terreno, con las de profundidad al nivel del agua. El resultado, son las lecturas de elevación del nivel estático, que representan la distribución espacial de las cargas hidráulicas, en el acuífero, información base requerida en la estimación de las líneas de flujo; entradas y salidas subterráneas, adyacentes al área de estudio.

El plano de elevación del nivel estático se muestra en la Figura 51, la configuración de las líneas equipotenciales, se realizó utilizando el algoritmo de *krigeado*, disponible en la paquetería de análisis espacial del programa del ArcGis.

Las líneas equipotenciales de mayor carga se ubican norponiente, específicamente el cenote *Coati*, donde se reporta una elevación de 15.1 m. Las



Figura 49. Profundidad del nivel estático en cenotes.

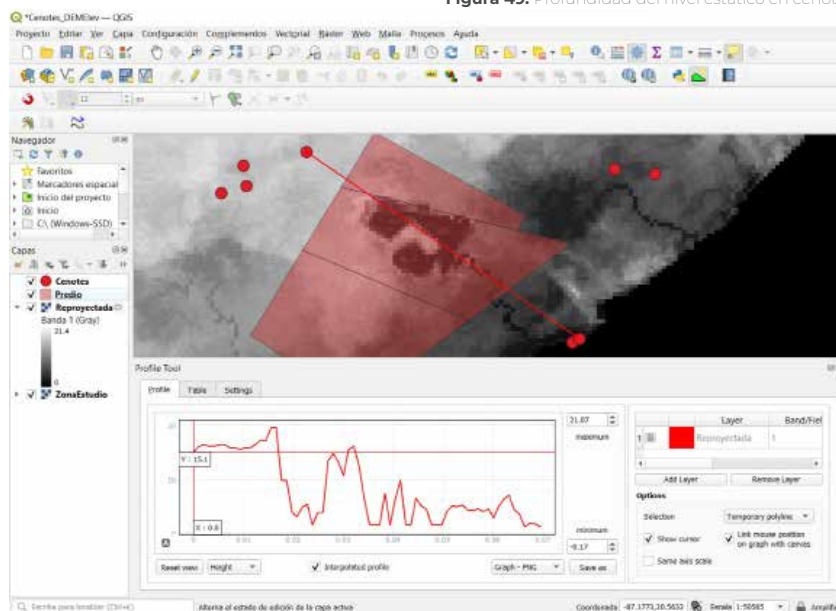


Figura 50. Modelo digital de elevación y perfil topográfico.

lecturas de menor valor de elevación del nivel estático, se ubican próximas a la línea de costa, los cenotes: *Tunich Ha* (1.3 m), *C7* (1.3 m) y *C3* (0.9 m), son ejemplos de las lecturas con menor elevación del nivel estático y que se encuentran todos, próximos a la línea de costa.

El gradiente hidráulico antes de la zona de minas, tiene una pendiente muy pronunciado, que se identifica en la figura por un apilamiento de las líneas equipotenciales, es decir, se reduce la distancia entre líneas equipotenciales (ver zona al noroeste de la mina). Este apilamiento de las líneas equipotenciales es atribuible a una posible obstrucción del flujo regional por el estancamiento de agua dentro de la mina. En la zona aguas abajo de la mina, el

gradiente es menos inclinado, y las líneas equipotenciales se abren equidistantes. En este punto se debe aclarar que en la zona se considera que existe el mismo tipo de caliza, por lo que el valor de transmisividad es considerado constante.

Líneas de flujo subterráneo

Con objeto estimar la dirección del flujo subterráneo, aledaño a los polígonos de los terrenos (El Corchalito, La Rosita y La Adelita), se trazaron las líneas de flujo, que limitan la zona de la mina, considerándolas como frontera la misma. La Figura 52, muestra la red de flujo subterráneo, el flujo subterráneo tiene dirección Norponiente-Suroriente, con descarga en la línea de costa.

Debido a la técnica de *krigeado*, las líneas en la línea de costa se curvan, que en la realidad se deben mostrar paralelas y en decreciente descenso hasta llegar al nivel medio del mar. Para términos de trazado, de las líneas de flujo que conforma la red, en la Figura 52, se ilustra la posición de las celdas de entrada y salida que delimitan los predios El Corchalito, La Rosita y La Adelita (trazados en color azul).

Las líneas equipotenciales mantienen una distancia equidistante, en la zona antes del minado, después de la zona de minado se distingue que las líneas equipotenciales se distancian. En la zona de costa se muestra el mayor espaciamiento entre las equipotenciales.

Debido a que se tiene interés por cuantificar el volumen de entrada y salida de flujo subterráneo, en las proximidades de los terrenos delimitados por los polígonos de El Corchalito, La Rosita y La Adelita, se decidió trazar tres celdas, con distinta longitud, que representan el volumen de control para realizar el cálculo. Los resultados se muestran y discuten en la siguiente sección.

Procedimiento para el cálculo del flujo subterráneo

El cálculo del volumen que entra y sale, en una celda de control se ejemplifica en la Figura 53. Es sabido que las equipotenciales y las líneas de corriente se cortan ortogonalmente entre sí, tratando de formar en lo posible cuadrados singulares o curvilíneos, y respetando las condiciones de frontera establecidas de acuerdo con el modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico previamente definido de manera confiable.

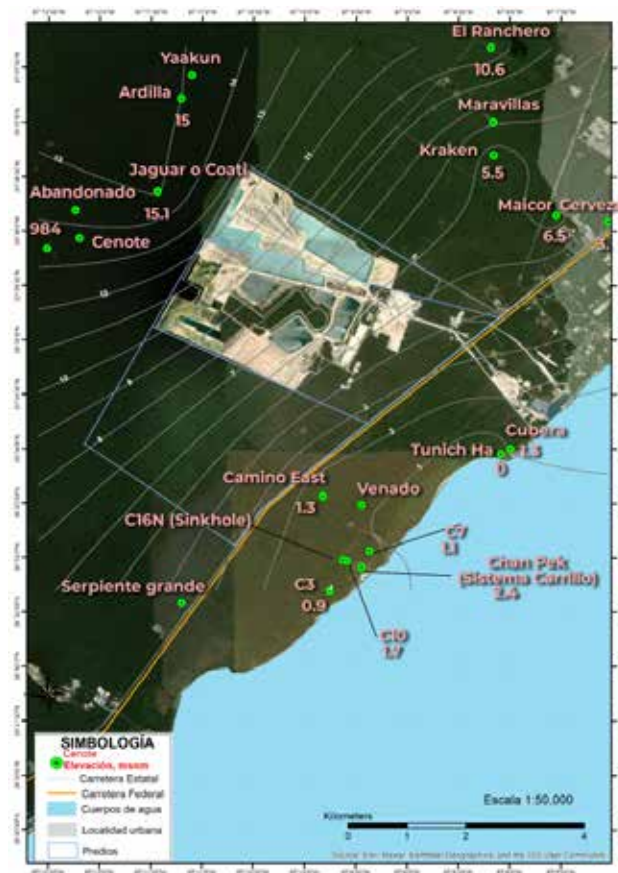


Figura 51. Elevación del nivel estático en cenotes.

La celda, se delimita entre dos líneas equipotenciales, el área de la celda se delimita por el ancho (B) y el alto (a). El caudal es definido por:

Note como el gradiente (i), es identificado por la pérdida de carga (h), entre la diferencia de las cargas hidráulicas (a), el gradiente es adimensional. El caudal es el producto de: la longitud de la celda (m), el gradiente hidráulico y transmisividad del medio

(m²/día). Aplicando el procedimiento descrito en la zona de estudio, obtenemos la representación de las celdas como se muestra en la Figura 54.

Los valores de cada parámetro, se obtienen directamente del plano y las fórmulas indicadas. Se utilizó un valor de transmisividad, conservador, reportado al estudio geohidrológico de CAPA (2017).

En valores absolutos, se estimó un volumen de entrada mayor, que el de salida de flujo subterráneo, la diferencia de los gastos indica que en la zona de mionado existe un proceso que extrae agua del sistema.



Figura 52. Dirección del flujo subterráneo.

$$Q = B * i * T$$

Donde:

- Q= Caudal (m³/s)
- B= Longitud de la celda (m)
- i= Gradiente Hidráulico (adimensional)
- T= Transmisividad (m²/s)

- Q = Caudal
- T = Transmisibilidad
- i = Gradiente hidráulico
- B = Ancho de la celda
- h = Altura entre curvas
- a = Longitud de la celda

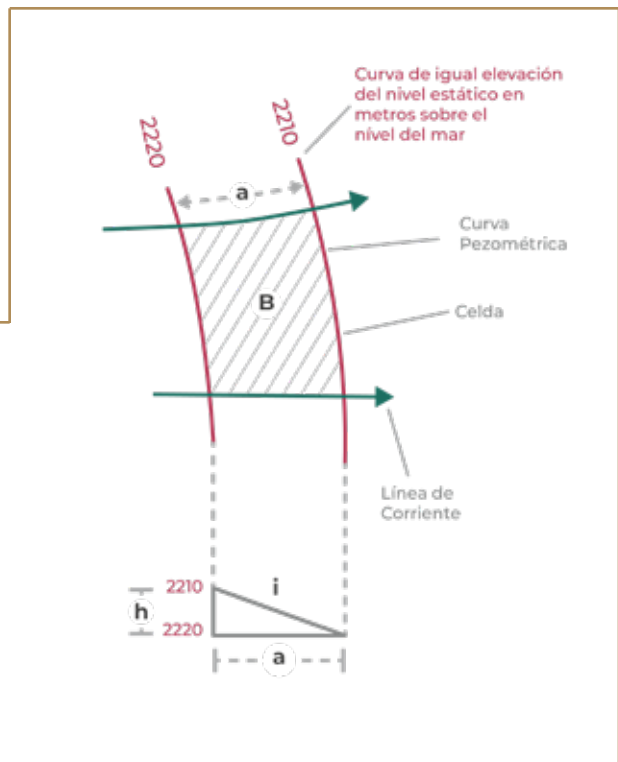


Figura 53. Esquema del cálculo del gasto en celdas.

Para corroborar lo anterior, es recomendado se establezca una red de medición del nivel estático, aguas arriba, en la zona de minado y aguas abajo. La información aportará elementos de juicio, en los valores de entrada y salida de flujo subterráneo. En paralelo es requerido que los puntos de medición se encuentren bien referenciados al nivel medio del mar, por lo que es recomendable que se realice una nivelación diferencial, donde se ubique un nivel base, próximo

al cenote de referencia, esta información aportará certidumbre a las lecturas de profundidad y elevación del nivel estático y por ende mayor exactitud en el valor de gasto por celda.

No debe descartarse que, al exponer el nivel freático, intervienen procesos que alteran el balance de agua subterránea, establecidos en el acuífero. Retirar el epikarts (losa superior del karts), expone el nivel

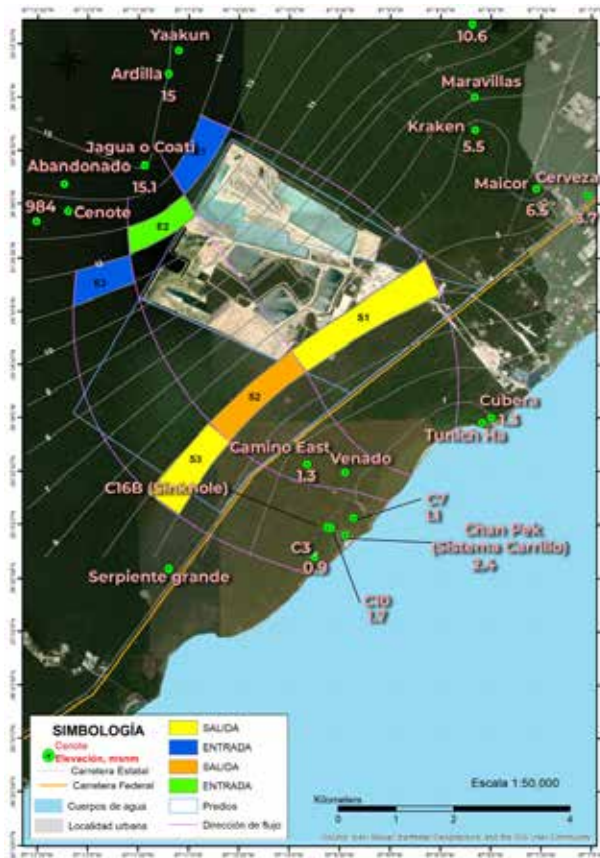


Figura 54. Celdas de entrada y salida.





Los valores de las variables se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Valores de entradas y salidas de flujo subterráneo.

Flujo subterráneo							
Entrada	B (m)	a (m)	h(m)	i	T (m ² /día)	Q (m ³ /día)	Q (hm ³ /año)
E1 (El Corchalito)	1143	381	1	0.0026	35,769.00	107,307	39
E2 (La Rosita)	1238	381	1	0.0026	35,769.00	116,249	42
E3 (La Adelita)	1143	381	1	0.0026	35,769.00	107,307	39
						330,863	121

Flujo subterráneo							
Entrada	B (m)	a (m)	h(m)	i	T (m ² /día)	Q (m ³ /día)	Q (hm ³ /año)
E1 (El Corchalito)	2667	857	1	0.0012	35,769.60	111,283	41
E2 (La Rosita)	1333	857	1	0.0012	35,769.60	55,642	20
E3 (La Adelita)	1429	857	1	0.0012	35,769.60	59,616	22
						226,541	83

freático, iniciándose un proceso de evaporación (ya que el nivel se encuentra en de forma superficial) que extrae agua del sistema subterráneo que, en condiciones naturales no existía.

Otra consecuencia de descubrir el nivel freático es la exposición directa de fuentes contaminantes, de origen natural o industrial, este último se refleja en los indicadores de calidad de agua subterránea, que se presentan en secciones anteriores de este escrito.

La extracción del material pétreo (caliza), debe ser controlado sin afectar el flujo subterráneo, que afecte la cantidad y calidad del agua del acuífero, por lo que se requiere establecer una red de medición del nivel freático en la zona, que deberá ser verificada y reportada cuando menos dos veces al año (estiaje y época de lluvias).

Debido a que en la zona existe influencia del frente salino, es necesario se monitoree en la vertical la columna de agua en los cenotes, información requerida para caracterizar la estratificación del agua: dulce, mezcla y salina. Así se delimitará la línea de mayor concentración de sólidos totales disueltos y otros parámetros (temperatura, cloruros, carbonatos, magnesio, sodio, por mencionar algunos), con los que se defina inicialmente la distribución espacial base, y subsecuentemente describir la evolución de la hidro-geoquímica del agua subterránea.

Para mantener la medición de los parámetros anteriores, en el espacio y el tiempo, es necesario que se implemente una red de medición de parámetros hidro-geoquímicos, deberá ser verificada y validada por lo menos una vez al año.

3.3 SUELO

La preparación del sitio a ser explotado requiere cambios de uso de suelo y cobertura forestal, debido a que implica como actividad inicial el desmonte, con lo cual acorde a los hallazgos mostrados en este reporte, se pierden de individuos adultos de especies que componen las selvas subcaducifolias y perennifolias, así como la pérdida de la riqueza del germoplasma presente en el área de especies tales como tsalam (*Lysiloma latisiliquum*), seguido de jabón (*Piscidia piscipula*), catalox (*Swartzia cubensis*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*). La recuperación de estos tipos de vegetación es extremadamente lenta debido que son especies cuyos organismos se encuentran adaptados a las condiciones adversas de los suelos, lo que implica un lento desarrollo y crecimiento, por lo que el arbolado que se mantiene posterior a una perturbación requiere de centenas o miles de años para alcanzar las tallas de una selva mediana subperennifolia primaria. De la misma forma, el germoplasma es bastante específico y especializado, por lo que la pérdida de superficies con esta composición florística derivada del desmonte no será recuperada.

Posteriormente, la fase de despalme implica la remoción de la capa superficial del suelo que cubre la roca madre, por lo cual se lleva a cabo la eliminación del componente más fértil en su estructura, junto con la biosfera micro orgánica que le conforma y que en conjunto requiere miles de años para su formación. Al no haber vegetación que desarrolle sus procesos en estas superficies, el suelo fértil no será recuperado o renovado en ningún momento, perdiéndose así el servicio ecosistémico de soporte que brindaba a las plantas. Lo anterior es visible en las áreas que conforman el predio La Rosita en donde no existe relicto y o recuperación de suelo fértil o vegetación alguna (Figura 55).



Figura 55. Fotografía aérea que muestra el desmonte, despalme y exposición de manto freático.

Por lo anterior, es fácil deducir que los impactos manifestados a nivel paisajístico se relacionan directamente con el área que será aprovechada y la importancia en función de las características regionales. Dicho esto, se hace hincapié en que la porción en la cual se ha realizado y pretende aprovechar el material, corresponde a la porción conservada de selva mediana subperennifolia que alberga una buena riqueza florística y faunística, la cual es atractivo paisajístico para el sector turístico (Figura 56).



Figura 56. Corredor de selva mediana subperennifolia visible en imagen satelital Sentinel





Para el desarrollo de la actividad se utiliza una gran cantidad de explosivos que liberan un enorme monto de energía, las cuales son fracturadas y desplazadas para su aprovechamiento, mientras que en otras zonas se transmiten vibraciones hacia la superficie del suelo y a través del aire. Estas vibraciones pueden producir la fractura de cavernas y su posterior colapso. Asimismo, la fractura de la roca madre incrementa la permeabilidad y el drenaje hacia la zona de aprovechamiento (Langer, 2001)

Los altos niveles de ruido son generados por maquinas tales como excavadoras, perforadoras y en

la perforación y volado, carga y transporte de material (Manwar *et al.*, 2016). Esto afecta a la fauna que circunda el área aprovechada en el cual se tienen registros de aves y mamíferos tales como el jaguar (*Panthera onca*), el mono aullador (*Alouatta villosa*), el mono araña centroamericano, ma'ash (maya) (*Ateles geoffroyi*) los cuales son desplazados hacia zonas con menores perturbaciones, siendo estas por lo regular zonas con turismo o habitadas. Lo anterior genera conflictos de la sociedad con la fauna silvestre en lugares como las zonas rurales del Ejido Playa del Carmen.



3.3.1. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS

Se realizó una campaña de muestreo exploratorio puntual de suelos para la determinación de metales y metaloides en los alrededores de los tres predios identificados como El Corchalito, La Rosita y La Adelita; todos ellos propiedad de “Calizas Industriales Del Carmen, S.A. de C.V.” Hoy “SAC-TUN”, Subsidiaria mexicana del grupo estadounidense “Vulcan Materials Company”.

La campaña de muestreo se realizó en puntos donde se tuviera acceso libre o en su defecto, autorización para ingresar al predio.

De acuerdo con esta premisa, se colectaron muestras en los siguientes puntos:

Tabla 13. Sitios de muestreo de suelos y ubicación.

CLAVE DEL SITIO	NOMBRE DEL SITIO	REFERENCIA GEOGRÁFICA	
		LATITUD	LONGITUD
M-01	Sitio Costero en Punta Venado	20°33'0.30"N	87° 9'13.48"O
M-02	Sitio cercano al predio La Adelita en Punta Venado	20°33'29.52"N	87° 9'44.87"O
M-03	Sitio frontera con el predio El Corchalito. Área de voladeros	20°36'37.81"N	87°10'33.78"O
M-04	Sitio ubicado en el cenote El Jaguar.	20°36'18.90"N	87°11'26.34"O



Figura 57. Ubicación de sitios de muestreo



Las muestras fueron de tipo superficial ya que no se identificaron distintos horizontes a partir de la superficie. Asimismo, no fue posible coleccionar por debajo de los 30 cm de profundidad en todos los sitios por la existencia de roca caliza y material consolidado. Se integró una muestra simple en cada sitio y se trasladó a los laboratorios del INECC para su análisis.

3.3.2. ANÁLISIS QUÍMICO Y CUANTIFICACIÓN DE METALES

Con el objetivo de determinar la presencia de los elementos presentes en las muestras colectadas, se llevó a cabo la cuantificación de los siguientes elementos: Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn.

El proceso de análisis inició con la preparación de las muestras de acuerdo con lo que marcan los procedimientos desarrollados por los laboratorios del INECC, en los cuales se indica que la muestra se digiere en medios ácidos con el fin de permitir que los elementos se encuentren en una forma apropiada para que puedan ser cuantificados y libres del efecto de matriz. Posteriormente, se realizó la determinación de la concentración en las muestras por dos técnicas diferentes:

1. Espectroscopia de emisión óptica acoplada a plasma de acoplamiento inducido (ICP-OES), y
2. Espectrometría de masas acoplada a plasma de acoplamiento inducido (ICP-MS).

En el análisis que se realizó a través de la técnica de ICP-OES (Figura 58), la muestra en disolución fue aspirada continuamente a un plasma de argón, donde los analitos de interés se atomizan y, debido a la alta energía del plasma, pasan a un estado excitado. Posteriormente, cuando estos átomos regresan a su estado basal, emiten energía en forma de radiación electromagnética, la cual puede ser identificada por el detector del equipo. La energía asociada con la radiación que emite cada elemento es única y puede ser seleccionada para realizar una correlación entre la cantidad de radiación que llega al detector y la concentración de cada uno de los elementos presentes en la muestra, de tal forma que es posible generar una curva de calibración a partir de la cual, se puede calcular la concentración de cada uno de ellos.



Figura 58. Determinación de metales en las muestras de suelo por ICP-OES.

En el análisis por ICP-MS (Figura 59), las muestras que ya habían sido preparadas, fueron atomizadas en el plasma generado a partir del gas argón de alta pureza y, derivado de las altas temperaturas, los metales presentes se ionizan y una vez ionizados son introducidos al analizador másico, en donde son separados en función de su relación masa sobre carga (m/z). El patrón isotópico para cada elemento a analizar es conocido y permite generar una relación entre las cuentas por segundo que determina el equipo y la concentración de los analitos en las muestras. Esta determinación permite alcanzar concentraciones por debajo de los $\mu\text{g/L}$ lo que amplía el alcance de las determinaciones realizadas por los laboratorios del INECC.



Figura 59. Determinación de metales en las muestras de suelo por ICP-MS.



Los resultados obtenidos para las muestras colectadas de suelo se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 14.A. Concentraciones de metales de suelo superficial

SITIO	CONCENTRACIONES EN SUELO SUPERFICIAL (mg/kg base seca)													
	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Ti	V
M-01	4788.1	0.03	1.2	16.7	4.1	2538.4	641.1	13357.5	83.5	2115.5	4.4	4.1	42.9	3.1
M-02	16445.8	48.5	1.9	15.9	15.1	7009.6	1634.6	7487.6	524.7	492.8	4.8	6.5	94.5	7.2

Tabla 14.B. Concentraciones de metales de suelo superficial

SITIO	CONCENTRACIONES EN SUELO SUPERFICIAL (mg/kg base seca)													
	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Ti	V
M-03	14554.7	62.7	3.6	25.3	23.1	14255.5	1319.9	2563.3	926.0	229.2	7.1	10.0	167.4	4.6
M-04	3996.2	0.03	1.1	8.9	20.3	2031.1	1159.7	3792.0	331.8	201.7	3.0	2.8	75.0	2.7

Con base en los resultados obtenidos, se puede observar que el sitio M-04 es el menos impactado por la presencia de metales (Figura 60). Por lo que se

puede estimar que los valores obtenidos en dicho sitio corresponden a los valores de fondo de la zona de estudio.

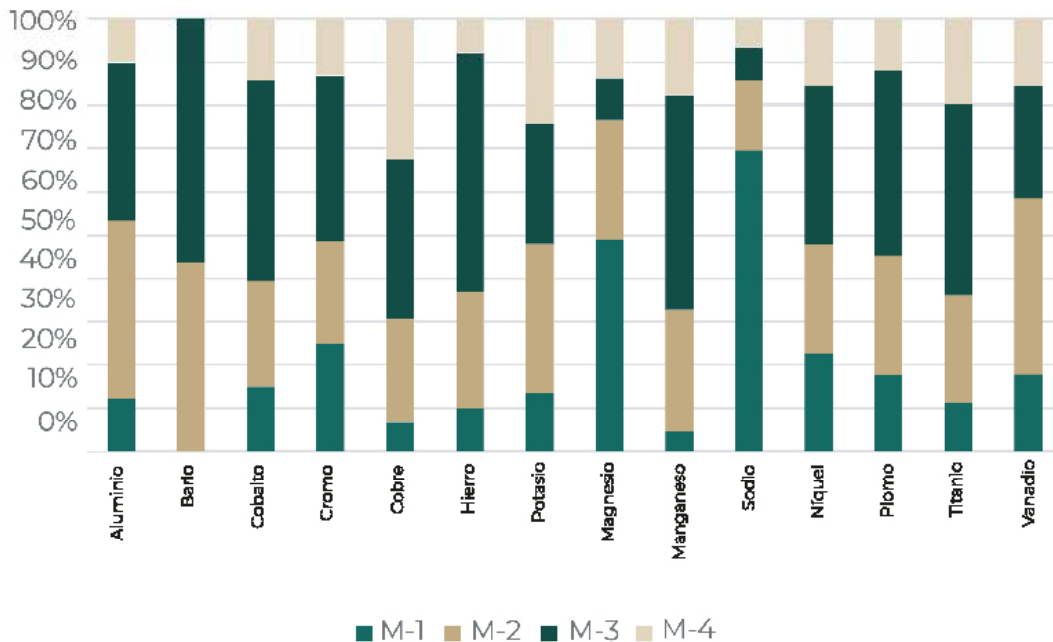


Figura 60. Selección de valores de fondo.



Con los valores de fondo seleccionados, se determinaron los factores de contaminación mediante el método descrito por Solgi and Parmah, 2015. Dichos factores se evaluaron de acuerdo con

los siguientes criterios: $FC < 1$, baja contaminación; $1 \leq FC < 3$, contaminación moderada; $3 \leq FC < 6$, contaminación considerable y $FC \geq 6$, contaminación muy alta (Figura 61).

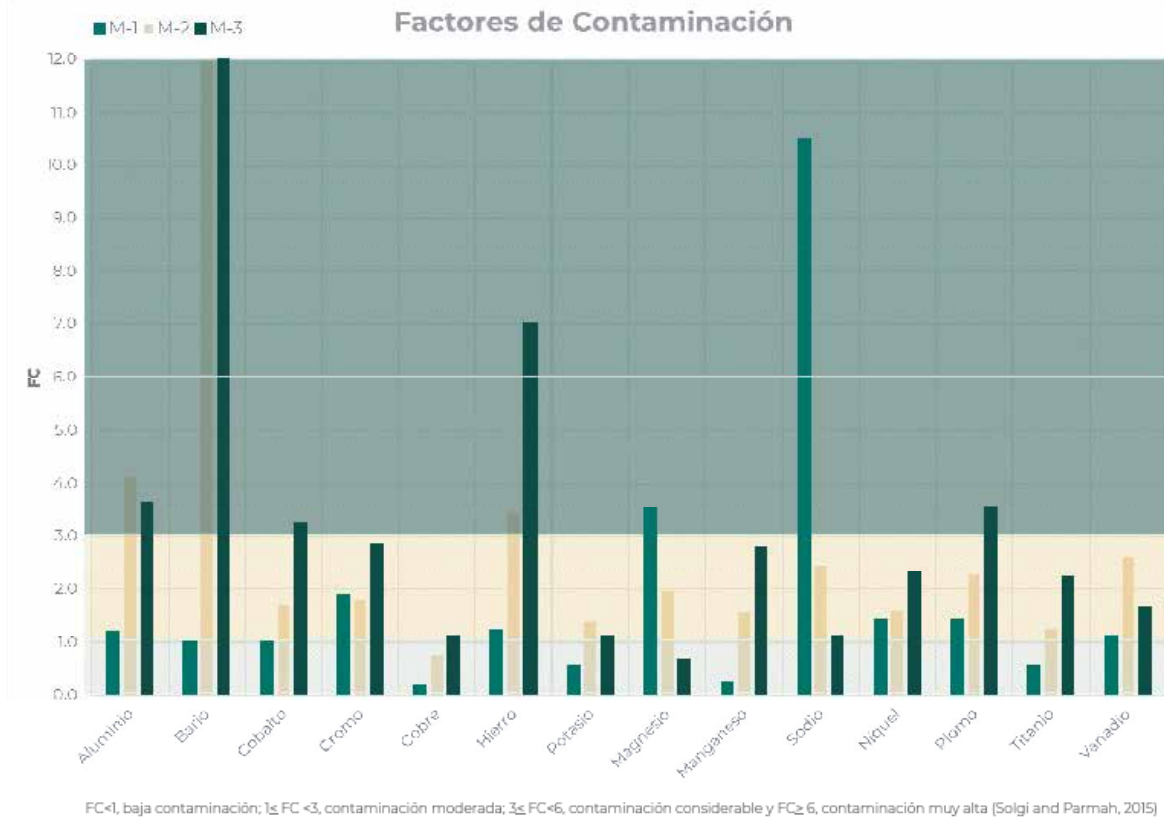


Figura 61. Factores de contaminación del suelo.

Para realizar el análisis, se evaluaron los parámetros estadísticos de los resultados obtenidos (Tabla 15.A y 15.B).



Tabla 15.A. Resultados del análisis estadístico

SITIO	Análisis estadístico													
	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Ti	V
SD	6467.6	32.6	1.2	6.8	8.4	5658.8	415.1	4846.7	355.6	913.3	1.7	3.2	52.8	2.0
Var	31372821.6	797.5	1.0	34.2	52.5	24016635.6	129203.8	17617808.4	94852.1	625575.4	2.1	7.5	2089.0	3.0
Min	3996.2	0.03	1.1	8.9	4.1	2031.1	641.1	2563.3	83.5	201.7	3.0	2.8	42.9	2.7

Tabla 15.B Resultados del análisis estadístico

SITIO	Análisis estadístico													
	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Ti	V
Max	16445.8	62.7	3.6	25.3	23.1	14255.5	1634.6	13357.5	926.0	2115.5	7.1	10.0	167.4	7.2
Media	9946.2	27.8	1.9	16.7	15.6	6458.6	1188.8	6800.1	466.5	759.8	4.8	5.9	95.0	4.4
Mediana	9671.4	24.3	1.5	16.3	17.7	4774.0	1239.8	5639.8	428.3	361.0	4.6	5.3	84.7	3.8

Los valores de desviación estándar y de varianzas altos nos indican que sus concentraciones son resultado de la contaminación del suelo por actividad de origen antropogénico. Los elementos que presumiblemente estén en esta situación son aluminio (Al), bario (Ba), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn) sodio (Na) y titanio (Ti).

En la Tabla 16 se presenta los valores para cada metal potencialmente tóxico regulado en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 comparado contra los valores establecidos en las directrices canadienses y el estudio de los Países Bajos.





Tabla 16. Concentraciones normativas de metales en suelo.

ELEMENTO	NOM-147-SEMARNAT/ SSA1-2004 RESIDENCIAL / COMERCIAL	CANADIAN SOIL QUALITY GUIDELINES FOR THE PROTECTION OF ENVIRONMENTAL AND HUMAN HEALTH	ECOTOXICOLOGICAL SERIOUS RISK CONCENTRATIONS FOR SOIL, SEDIMENT AND (GROUND)WATER: UPDATED PROPOSALS FOR FIRST SERIES OF COMPOUNDS
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
Bario (Ba)	5 400	750	180
Níquel (Ni)	1 600	45	0.26
Plomo (Pb)	400	70	55

Las concentraciones identificadas en el suelo no representan un riesgo en dicha matriz, sin embargo, al volverse material particulado del aire; sus concentraciones se vuelven un peligro para la salud ambiental y poblacional.

En suma, la explotación de rocas afecta el medio ambiente en sus diversas etapas de extracción, procesamiento y utilización, independientemente de su escala. El agotamiento y su contaminación del agua, el suelo y el aire, el agotamiento de la flora y la fauna naturales, la reducción de la biodiversidad, la erosión del suelo, la inestabilidad del suelo y las masas rocosas, los cambios en el paisaje y la degradación de las tierras agrícolas son algunos de los más notorios.

La severidad de los problemas ambientales depende del alcance de la minería y la sensibilidad ecológica del sitio minero. Tanto los ecosistemas terrestres como los acuáticos se ven afectados y los efectos podrían extenderse más allá de los límites del área minera y ser a largo plazo. Los impactos incluyen la reducción de los niveles freáticos, la destrucción del hábitat, la invasión de desechos en tierras agrícolas, la destrucción de edificios debido a grietas, contaminación de ríos, pérdida de biodiversidad, destrucción de cultivos, agua de lluvia sucia recolectada de los techos y problemas relacionados con la salud incluyen la inhalación de polvo que resulta en infecciones del tracto respiratorio.

Los resultados obtenidos en el presente diagnóstico ambiental demuestran que dichas aseveraciones

son correctas, toda vez que se identificaron impactos importantes por contaminación sobre el suelo de la zona de estudio por las actividades de extracción de material pétreo en los predios identificados como La Rosita y El Corchalito.

Derivado de que el predio identificado como La Adelita no ha sido explotado, se vuelve apremiante mantenerlo sin extracción de material pétreo, ya que la región está impactada por la actividad de los predios La Rosita y El Corchalito y agregar otra fuente de área, incrementará los efectos negativos al ambiente.

Lo anterior se puede corroborar en evaluaciones internacionales sobre actividades de extracción similares, mediante estudios científicos sobre el impacto de la extracción de piedra caliza en diferentes aspectos del medio ambiente en las regiones de Khasi y Jaintia Hills de Meghalaya. Del deterioro de la calidad del agua (Swery Singh, 2003); la reducción de la biodiversidad acuática (Swery Singh, 2004; Myllemngap y Ramanujam, 2011); la disminución de la diversidad de plantas debido al cambio en el uso de la tierra y la cobertura terrestre (LULC) (Sarma y Kushwaha 2005; Sarma et al, 2010); los cambios en la cubierta forestal (Lele y Joshi, 2009; Somendro y Singh, 2015) y la degradación en el campo agrícola y su productividad (Gupta *et. al*, 2002). Recientemente, se ha investigado el impacto de la extracción de piedra caliza y su procesamiento para la fabricación de cemento con referencia al cambio ambiental general (LULC) (Chakraborty y Sudhakar, 2014; Somendro y Singh, 2015) y la calidad del agua y del suelo (Lamare y Singh, 2014, 2015 y 2016a, b).





Por lo antes expuesto, se recomienda controlar la influencia de las partículas provenientes de los predios El Corchalito y La Rosita, toda vez que al tener una gran extensión el material pétreo extraído está superando el dosel arbóreo en forma particulada, impactando los alrededores de los predios y, por ende, las poblaciones aledañas. Para lograr esto se requeriría de barreras físicas que eviten la movilidad y contener la dispersión por el aire.

Asimismo, se recomienda detener de forma definitiva la actividad extractiva, ya que está deteriorando el medio ambiente de la zona. Por lo que se debe garantizar que el predio La Adelita no sea explotado para no magnificar los impactos ambientales por la actividad extractiva de material pétreo.





4. PRINCIPALES RESULTADOS

4.1 EL CORCHALITO

Evolución mensual del paisaje 2016-2022

Resulta evidente la evolución del área impactada en los predios **El Corchalito** y La Rosita a través de los años, el desmonte de la vegetación aunado a la extracción de material pétreo, muestra un cambio en el uso de suelo.

Al visualizar, mediante el empleo de imágenes satelitales, la exposición y el crecimiento de cuerpos de agua en estos predios, se manifiesta la extracción de material por debajo del nivel freático, condición que evidentemente impacta en los sistemas subterráneos de agua. A continuación, se presentan fotografías satelitales representativas extraídas de

Google Earth y *Planet Explorer* para ambos predios, especialmente en el periodo de 2016 al 2022.

Es complejo encontrar imágenes satelitales a fechas anteriores al inicio de la operación de la minera, no obstante en *Google Earth* se tiene una imagen de 1985, lo que permite identificar que en la zona de estudio no había desmonte ni extracción de material, ver Figura 62. Adicionalmente, se identifica que dentro del área que actualmente corresponde al predio **El Corchalito**, existía un cenote en la zona sureste, que posteriormente con la explotación minera desapareció, en el 2006 se visualiza lo anterior, ver Figura 63.



Figura 62. Cenote ubicado en el actual predio El Corchalito.



Figura 63. Cenote afectado en el predio El Corchalito, año 2006.



Entre el 2006 y el 2016 se incrementó considerablemente el área expuesta en El Corchalito, ver Figura 64. Actualmente, las dos pozas que existen en El

Corchalito se conservan prácticamente con la misma configuración, acrecentando sus áreas conforme a los datos presentados en el subcapítulo 3.3.2.



Figura 64. Superficie de agua expuesta en El Corchalito en el 2016.

Evolución de las superficies de agua

Con el objetivo de abundar y caracterizar numéricamente la evolución del paisaje, específicamente la correspondiente a las superficies de agua expuestas en los predios en cuestión, en el presente apartado se muestra un análisis realizado con la ayuda de la plataforma web de *Planet Explorer*.

La metodología utilizada consistió en una recopilación trimestral de imágenes satelitales de la zona de estudio de julio a septiembre del 2016 al 2022. Una vez obtenidas dichas imágenes se elaboraron polígonos que cubren las áreas de agua expuestas para

cada caso, obteniendo así la evolución temporal del área ocupada por el agua en cada predio.

En agosto del 2016 las áreas de agua expuestas en **El Corchalito** se conformaban principalmente por dos cuerpos que no se encontraban aparentemente conectados, ambos con forma irregular y “escalonada”, en agosto del 2022 ambos cuerpos de agua presentan una mayor extensión y están conectados al norte por un canal que anteriormente no existía, ver Figura 65.



Figura 65. Predio El Corchalito en agosto del 2016 (izquierda) y agosto del 2022 (derecha).

La evolución del área de agua expuesta del 2016 al 2022 se muestra en el siguiente gráfico.



Figura 66. Evolución del área de agua expuesta en El Corchalito (2016-2022).

En el gráfico anterior, se aprecia como a partir del 2019 la cantidad de área de agua expuesta no se ha incrementado considerablemente, sin embargo, entre el 2016 y el 2022 hubo un incremento de 0.15 km², que representan el 11% del área total expuesta, que es 1.42 km². El área total del Corchalito es de 3.6 km²

En este sentido, se observa que en el 40% de este predio se encuentran cuerpos de agua artificial, asimismo, poco más del 30% se trata de una zona sin cobertura forestal y el 27% lo ocupa un fragmento

de selva mediana subcaducifolia, selva baja subcaducifolia y selva mediana subperennifolia (Figura 68, Tabla 17). Este predio se encuentra adyacente al predio La Rosita, por lo que también representaba un continuo de la cobertura forestal antes del desmonte. El cambio del uso de suelo y vegetación entre los años 1985 al 2022 fue de 72% de reducción de la cobertura vegetal, donde el 59% de la selva mediana subperennifolia se redujo al 2% y el 40% de selva mediana subcaducifolia se redujo al 17%, como se muestra en la Figura 67.



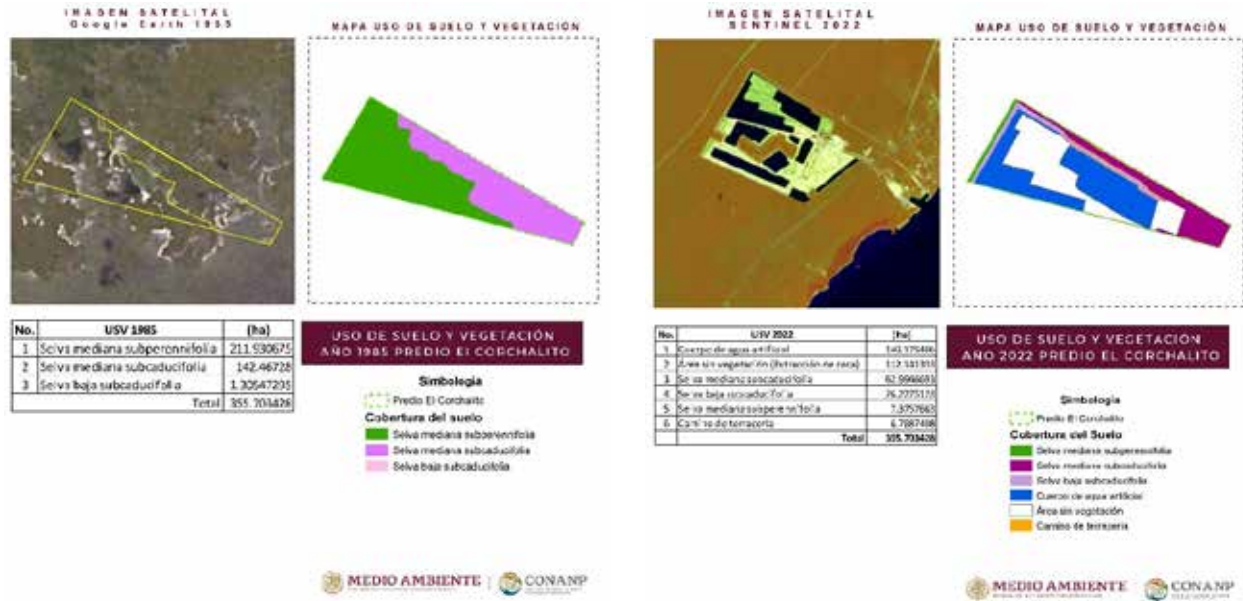


Figura 67. Cambio del uso de suelo y vegetación en el predio El Corchalito entre los años 1985 al 2022.

En este sentido, este predio debería tener la misma composición de especies de flora y fauna que el predio La Adelita. Cabe mencionar que en el predio El Corchalito no se han realizado actividades agrícolas,

ganaderas ni turísticas, por lo que debió contener un ecosistema en buen estado de conservación y sin afectación por fenómenos naturales.

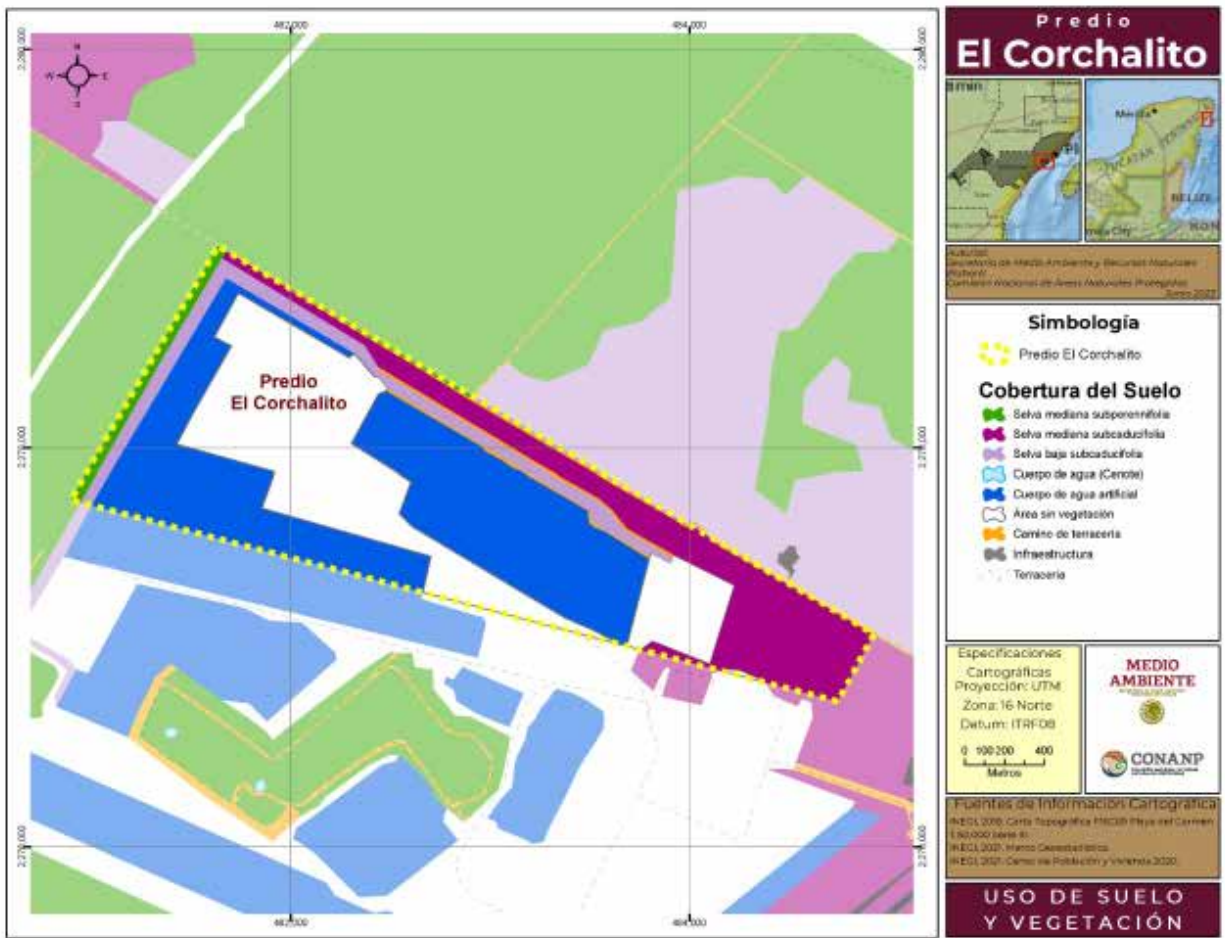


Figura 68. Mapa de uso de suelo y vegetación en el predio El Corchalito.

Tabla 17. Tabla de superficies de uso de suelo y vegetación en el predio El Corchalito.

Predio	Cubierta del suelo	(ha)
El Corchalito	Cuerpo de agua artificial	140.175406
	Área sin vegetación (Extracción de roca)	112.141333
	Selva mediana subcaducifolia	62.9946693
	Selva baja subcaducifolia	26.2275123
	Selva mediana subperennifolia	7.3757663
	Camino de terracería	6.7887408
	Total	355.703428



4.2 LA ROSITA

Evolución mensual del paisaje 2016-2022

Resulta evidente la evolución del área impactada en el predio **La Rosita** a través de los años, el desmonte de la vegetación aunado a la extracción de material pétreo, muestra un cambio en el uso de suelo.

Al visualizar, mediante el empleo de imágenes satelitales, la exposición y el crecimiento de cuerpos de agua en estos predios, se manifiesta la extracción de material por debajo del nivel freático, condición que evidentemente impacta en los sistemas subterráneos de agua. A continuación, se presentan fotografías satelitales representativas extraídas de *Google Earth* y *Planet Explorer* para el predio en cuestión, especialmente en el periodo de 2016 al 2022.



Figura 69. Área impactada en octubre de 2016.

En octubre del 2016, ver Figura 69, se aprecia en la zona suroeste del predio La Rosita el afloramiento de un cenote, así como el crecimiento de 3 cuerpos de agua, señalados con círculos azules en la imagen,

esto implica que la extracción de material se realiza por debajo del nivel freático y que hay un impacto en las condiciones geo-hidrológicas de la zona.



Figura 70. Área impactada en marzo de 2018.

En marzo del 2018, ver Figura 70, se aprecia el incremento de los florecimientos de agua, debidos a la continua extracción de material.



Figura 71. Área impactada en enero de 2020.

En enero del 2020, ver Figura 71, se identifica el surgimiento de otro cenote en la zona oeste del predio

La Rosita, además del desvío y crecimiento del almacenamiento del agua hacia el estanque en la zona suroeste.



Figura 72. Área impactada en abril de 2022.



Finalmente, en abril del 2022, ver Figura 72, se aprecia una configuración reciente de los almacenamientos de agua dentro del predio, se infiere que dentro de los predios existe un sistema dinámico, que sufre modificaciones importantes a través del tiempo y que dichas afectaciones generan y acrecientan almacenamientos de agua o pozas, que representan una notoria afectación a los sistemas cársticos, en el entendido que el agua retenida en estos sitios es agua que no escurre hacia la costa, lo que genera remansos hacia aguas arriba e induce el incremento en los niveles hidráulicos en dicha zona.

Evolución de las superficies de agua

En el presente apartado se muestra un análisis realizado con la ayuda de la plataforma web de *Planet Explorer*. La metodología es la misma que se empleó para el análisis del predio El Corchalito.

En agosto del 2016 **La Rosita** contaba con 5 cuerpos de agua visibles en la imagen satelital, más los dos cenotes existentes anteriormente al inicio de operación de la minera, en agosto del 2022 el predio tiene 7 cuerpos de agua, dos de los existentes previamente incrementaron su área y se sumaron dos cuerpos nuevos, los dos cenotes existentes aparentemente no han sido afectados, tal como se aprecia en la Figura 73.



Figura 73. Predio La Rosita en agosto del 2016 (izquierda) y agosto del 2022 (derecha).

La evolución del área de agua expuesta del 2016 al 2022 se muestra en el siguiente gráfico.



Área de agua expuesta

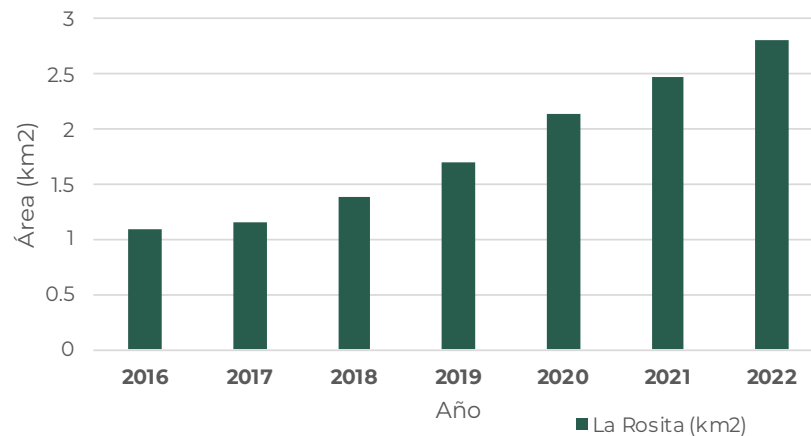


Figura 74. Evolución del área de agua expuesta en La Rosita (2016-2022).

En la Figura 74, se aprecia cómo ha habido un incremento considerable del área de agua expuesta en el predio, entre el 2016 y el 2022 hubo un crecimiento de 1.71 km², que representan el 61% del área total expuesta, que es 2.8 km². Como referencia, el área total de La Rosita es de 9.4 km².

Este predio se caracteriza por presentar la superficie más extensa desprovista de vegetación (378 hectáreas) de toda la zona de estudio; asimismo se encuentran cuerpos de agua artificiales e infraestructura, en cambio sólo alrededor del 25% del predio corresponde a un fragmento de vegetación de selva mediana subcaducifolia, selva mediana

subperennifolia y selva baja subcaducifolia (Figura 76, Tabla 18).

Con base en los recorridos de campo y tomando en consideración que este predio es adyacente a La Adelita, se infiere que las características biológicas, incluyendo la diversidad de tipos de vegetación y riqueza de especies de flora y fauna eran continuas hasta antes de su intervención. El cambio del uso de suelo y vegetación entre los años 1985 al 2022 indica que este predio es el más impactado, debido a la reducción en un 73% de la cobertura vegetal, donde el 63% de selva mediana subperennifolia se redujo al 10% y el 35% de selva mediana subcaducifolia a 14% como se muestra en la Figura 75.



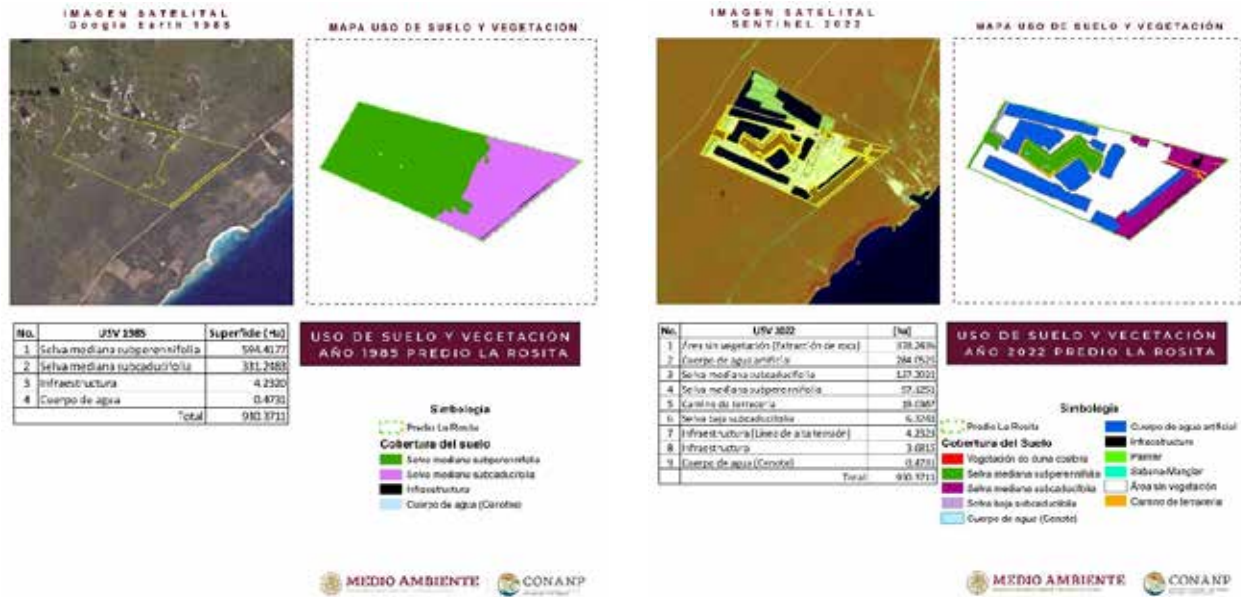


Figura 75. Cambio del uso de suelo y vegetación en el predio La Rosita entre los años 1985 al 2022.

De lo anterior deriva que en el predio La Rosita estaban presentes poblaciones de especies de fauna como el jaguar (*Panthera onca*) y el mono araña (*Ateles geoffroyi*); sin embargo, debido a que el fragmento de vegetación presente en este predio se encuentra aislado e inmerso en la zona de extracción de roca, se infiere que actualmente presenta una baja diversidad de especies de fauna. Asimismo, es posible asegurar que se encontraban especies maderables de importancia comercial como el cedro (*Cedrela odorata*), la caoba (*Swietenia macrophylla*), el tsalam (*Lysiloma latisiliquum*), el chechem negro (*Metopium brownei*) y el zapote (*Manilkara zapota*), de las cuales se desconoce la disposición final de los residuos producto del cambio de uso del suelo ocasionados por la actividad minera.

En este sentido, el cambio de uso de suelo ha provocado la defaunación de los ecosistemas del predio. Al respecto, se conoce que los fragmentos de hábitat tienden a albergar menos especies y poblaciones de animales más pequeñas, como consecuencia, se pierden polinizadores y dispersores de semillas o se reduce su actividad, lo que también reduce el éxito reproductivo de las plantas, en un ciclo de defaunación y deforestación que terminan por reducir la diversidad de especies, bajo fenómenos de coextinción (Dirzo et al., 2014; Srbek-Araujo et al., 2017).

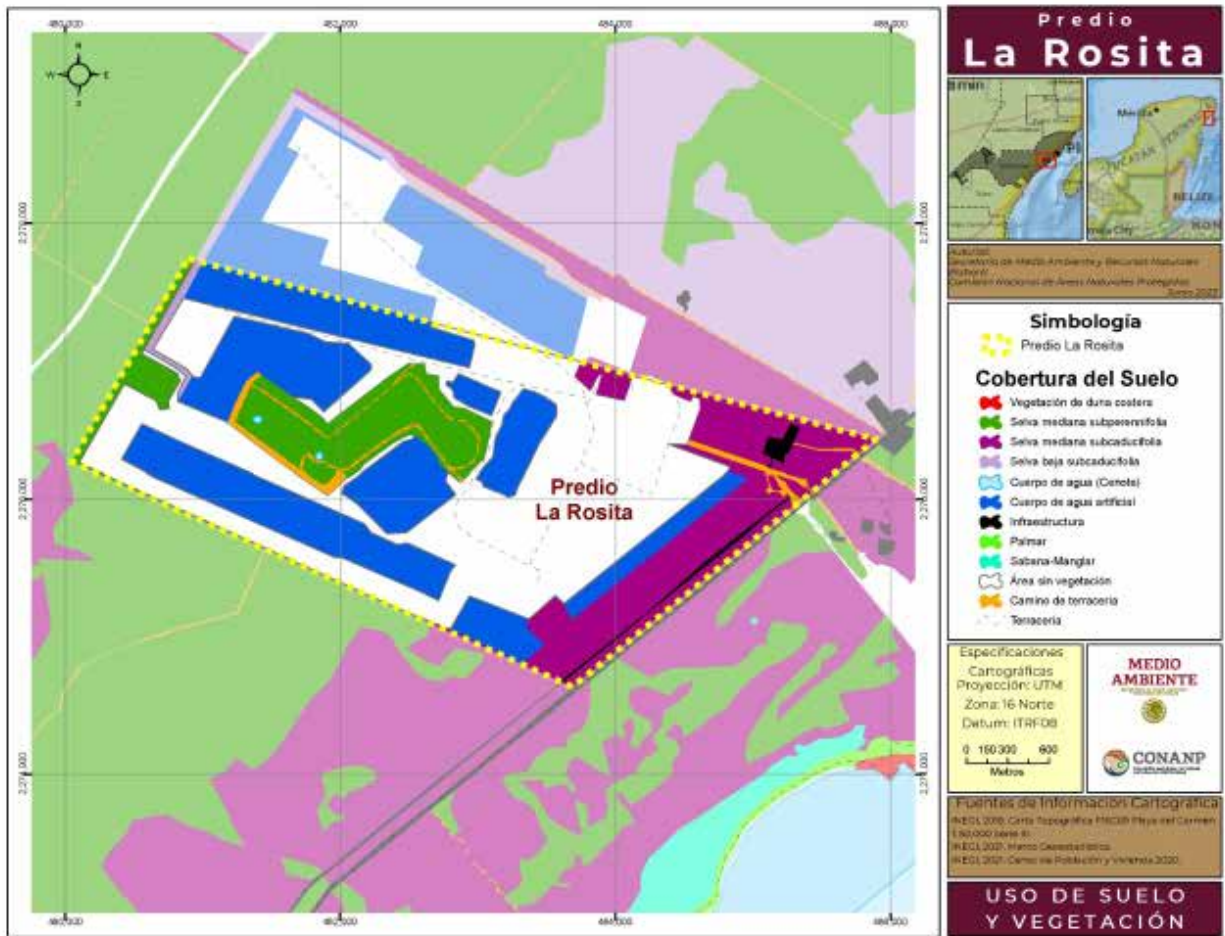


Figura 76. Mapa de uso de suelo y vegetación en el predio La Rosita.



Tabla 18. Tabla de superficies de uso de suelo y vegetación en el predio La Rosita

Predio	Cubierta del suelo	(ha)
La Rosita	Área sin vegetación (Extracción de roca)	378.2435718
	Cuerpo de agua artificial	284.0525229
	Selva mediana subcaducifolia	137.2020574
	Selva mediana subperennifolia	97.1251330
	Camino de terracería	19.0366743
	Selva baja subcaducifolia	6.3243430
	Infraestructura (Línea de alta tensión)	4.2322790
	Infraestructura	3.6814630
	Cuerpo de agua (Cenote)	0.4730856
	Total	930.371130

4.3 LA ADELITA

En materia de alteraciones al paisaje, en el predio La Adelita no se identifica ninguna modificación considerable al paisaje, ni avance en la evolución de la superficie de agua; por lo que no existen afectaciones que cuantificar.

En el predio La Adelita, no se han identificado impactos representativos que puedan apreciarse a través de las imágenes satelitales, por lo que no cuenta con áreas de agua expuesta producto de la actividad minera.



Figura 77. Predio La Adelita en junio del 2022.

El 98% de este predio presenta una cobertura forestal con selva mediana subperennifolia (58%) y subcaducifolia (40%) (Figura 78, Tabla 19), es el único predio que no ha sido intervenido. En el área se registran 883 especies, de las cuales 413 son plantas vasculares, 363 vertebrados y 107 invertebrados (Anexo 1). Asimismo, están registrados 45 endemismos, de los cuales 38 especies son plantas, 6 vertebrados y un invertebrado. Por otro lado, del total de especies, 80 se encuentran en alguna categoría de riesgo conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (10 plantas y 70 animales).

Asimismo, 26 especies (ocho plantas y 18 animales) se encuentran en categorías de riesgo de la Lista

Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN); además, 61 especies (15 plantas y 46 vertebrados) se encuentran en algún Apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Cabe mencionar que la diversidad de especies y ecosistemas presentes en este predio representa la biodiversidad que debió encontrarse en los predios El Corchalito y La Rosita, antes de su intervención. Sin embargo, la fragmentación del hábitat ha evitado la continuidad de la vegetación a nivel local, lo que afecta la movilidad de las poblaciones de flora y fauna nativa.



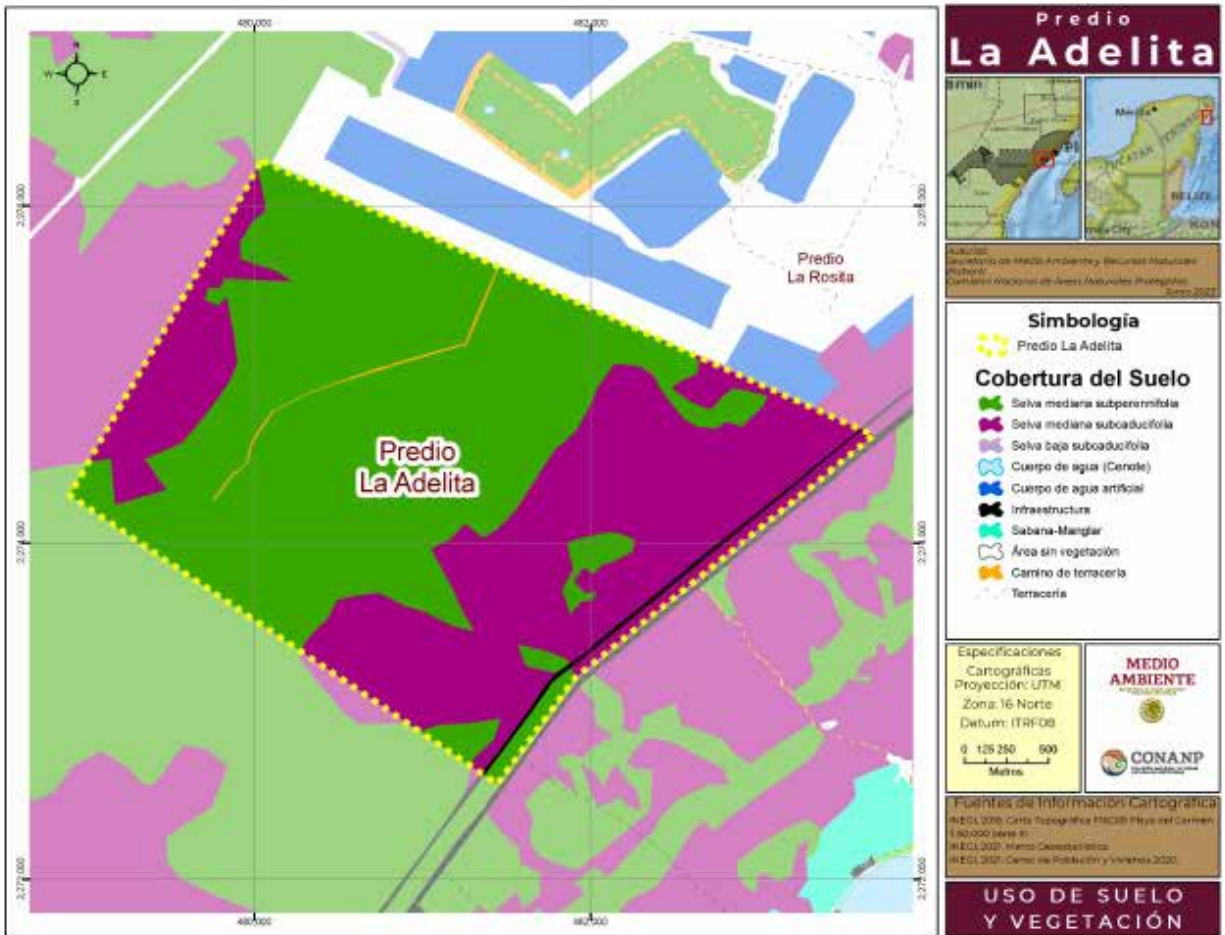


Figura 78. Mapa de uso de suelo y vegetación en el predio La Adelita.

Tabla 19. Tabla de superficies de uso de suelo y vegetación en el predio La Adelita.

Predio	Cubierta del suelo	(ha)
La Adelita	Selva mediana subperennifolia	520.9523549
	Selva mediana subcaducifolia	356.7339277
	Infraestructura (Línea de alta tensión)	6.2920838
	Camino de terracería	2.7084573
	Selva mediana subcaducifolia (Desmorte)	0.9861133
	Total	887.672937



5. CONCLUSIONES GENERALES



La explotación de rocas afecta el medio ambiente en sus diversas etapas de extracción, procesamiento y utilización, independientemente de su escala. El agotamiento y la contaminación del agua, el suelo y el aire, el agotamiento de la flora y fauna, la reducción de la biodiversidad, la erosión del suelo, la inestabilidad del suelo y las masas rocosas, los cambios en el paisaje y la degradación de las tierras agrícolas son algunos de los más notorios.

La severidad de los problemas ambientales depende del alcance de la minería y la sensibilidad ecológica del sitio minero. Tanto los ecosistemas terrestres como los acuáticos se ven afectados y los efectos podrían extenderse más allá de los límites del área minera y ser a largo plazo. Los impactos incluyen la reducción de los niveles freáticos, la destrucción del hábitat, la invasión de desechos en tierras agrícolas, la destrucción de edificios debido a grietas, contaminación de ríos, pérdida de biodiversidad, destrucción de cultivos, agua de lluvia sucia recolectada de los techos y problemas relacionados con la salud, como la inhalación del polvo que resulta en infecciones del tracto respiratorio.

Los resultados obtenidos en el presente diagnóstico ambiental demuestran que dichas aseveraciones son correctas, toda vez que se identificaron impactos importantes por contaminación sobre el suelo de la zona de estudio por las actividades de extracción de material pétreo en los predios identificados como La Rosita y El Corchalito.

Derivado de que el predio identificado como La Adelita no ha sido explotado, se vuelve apremiante que no se inicie la extracción de material pétreo ya que la región está ya impactada por la actividad de los predios La Rosita y El Corchalito y explotar otra área aumentaría los efectos negativos al ambiente.

Por otro lado, se ha confirmado la existencia de un sistema complejo de cenotes y ríos subterráneos, conectados hidrológicamente a través de conductos y un sistema de cavernas, localizados justamente en la zona del complejo minero SAC-TUN (antes CALICA), en los predios denominados El Corchalito, La Rosita y La Adelita. Este sistema, presenta un flujo natural aguas abajo, desembocando cerca de la costa, con lo cual se considera que cualquier alteración ocurrida aguas arriba de los predios y en su trayecto intermedio, tiene efectos aguas abajo.

Los resultados en materia hídrico ambiental, aportan elementos para afirmar que las condiciones del flujo regional y de la calidad del agua del sistema de ríos subterráneos y cenotes que cruza El Corchalito y La Rosita, han sido alteradas por la presencia de la mina de extracción de material pétreo.

Se identifica una pérdida en el nivel de agua en los cenotes cercanos a la costa con respecto a los que se encuentran aguas arriba de CALICA. Este parámetro permite caracterizar el funcionamiento del sistema kárstico asumiendo que hay conexión entre los cenotes.

A partir de lo anterior, existen elementos que indican una interrupción del flujo regional subterráneo hacia la zona costera, como resultado de las grandes retenciones de agua al interior de la minera de CALICA, verificada por la caída del nivel freático del acuífero en cenotes costeros.

Sobre las características físicas del agua en los cenotes de la región, es notoria la presencia de agua con aparente contaminación y olor.

La elevada presencia de Nitrógeno de Nitritos y otros compuestos en los cenotes de la zona de influencia y ríos subterráneos costeros, y la ausencia de estos en los cenotes de referencia fuera de la zona de influencia, son indicativos de contaminación de origen no biodegradable.

Con base en lo anterior, se puede afirmar de manera inequívoca que existen afectaciones a la calidad del agua que son directamente atribuibles a la actividad minera, puesto que en la zona no hay registro de actividad agrícola o ganadera relevante, ni la presencia de asentamientos humanos considerables que pudieran ser la fuente principal de estos compuestos.

Existe un patrón de comportamiento en el flujo de los minerales analizados, presentando valores elevados aguas abajo de la zona de influencia, este comportamiento se infiere que se deriva de un proceso de intemperismo físico o mecánico, propio de la actividad minera aguas arriba.

La modificación de flujos regionales ha generado subsidencia, grietas y depresiones a lo largo de la Carretera 307 frente a CALICA, estos fenómenos en zonas kársticas pueden producir socavones.

Por medio del análisis de imágenes de satélite con frecuencia mensual desde el 2016 hasta abril del 2022, se verifica lo siguiente:

- a. La extracción de material pétreo por debajo del nivel freático ha provocado el crecimiento de cuerpos de agua en los predios de CALICA, condición que impacta directamente a los sistemas subterráneos de agua.
- b. Al menos se destruyeron 3 cenotes al interior del predio en cuestión.





- c. Se verificó la alteración y destrucción de cavernas y paisaje cárstico al interior del predio.
- d. Los cuerpos de agua artificialmente creados al interior del predio constituyen una retención de agua subterránea muy por encima de lo autorizado en las concesiones otorgadas por la CONAGUA.

Finalmente, el uso de fotografías satelitales han permitido cuantificar el área impactada en 9.47km², de los cuales al almacenamiento de agua le corresponde un volumen de 4.22 km³.

Si bien la falta de acceso a los predios El Corchalito y La Rosita es un obstáculo para conocer la profundidad de los cuerpos de agua, se hicieron cálculos con base en información satelital disponible de la región, para estimar un volumen de almacenamiento probable que varía de los 4.22 hm³ (considerando profundidades de 1 metro) hasta 42.2 hm³ (considerando profundidades de 10 metros), excediendo significativamente los volúmenes de agua concesionados, por ejemplo, para uso público urbano de todo el municipio de Solidaridad o de Playa del Carmen, ambos en Quintana Roo.

Con lo anterior, se evidencia que la empresa SAC-TUN (antes CALICA) ha incurrido en una apropiación ilegal de los recursos hídricos, al existir volúmenes de agua no declarados y al no existir constancia de pagos de cuotas de garantía que ascienden a 136.87 millones de pesos al día de hoy.

En este sentido, hay evidencia de las faltas de tipo administrativo y fiscal relativas a la declaración y el pago de derechos de agua que deberán ser analizadas por la autoridad correspondiente para su esclarecimiento.

En materia de cambio de uso de suelo, se tiene registro de que de 1985 a 2022 se han transformado 926.71 hectáreas de vegetación primaria de selva mediana subperennifolia (73.6%) y subcadocifolia (25%) en los predios El Corchalito y La Rosita del complejo industrial CALICA, hoy SAC-TUN.

El impacto que presentan los predios de CALICA, atribuido directamente a la remoción de suelo, ha sido de tal magnitud que es técnicamente imposible la regeneración de su cobertura vegetal. Se pueden impulsar labores de restauración para una recuperación parcial de las condiciones del suelo que, eventualmente, puedan permitir algún nivel de recuperación de algunas funciones y servicios ambientales en la zona, aunque se reitera que el daño ambiental producido es prácticamente irreversible.

El costo económico por restauración de suelos se ha calculado en \$60,658,181.82 pesos por hectárea a valor presente, excluyendo los cuerpos de agua

artificiales. En este sentido, se ha calculado que el costo social para la restauración de la zona impactada por la actividad minera de CALICA, hoy SAC-TUN, asciende a \$34,650,986,364.68 pesos.

Por otra parte, la cobertura vegetal existente en la zona de estudio previo a 1985, correspondiente a selvas subperennifolias, tenía un potencial de explotación de recursos maderables y no maderables que pudo haber sido extraído bajo esquemas de aprovechamiento forestal sustentable. Se estima que en el polígono de los predios de CALICA se pudo aprovechar una superficie anual de 116.51 hectáreas, con una producción potencial anual de \$24,855,579.66 pesos. Esta actividad hubiera generado beneficios económicos y sociales locales y hubiera permitido la conservación de los diferentes servicios ambientales de la zona.

En un escenario de crisis hídrica como la que se vive el día de hoy en el país, y ante la obligación del Estado Mexicano de garantizar el derecho humano al agua a todas las personas en cantidad suficiente y de calidad, es importante señalar que en los almacenamientos o estanques de la empresa CALICA, hoy SAC-TUN, considerando una profundidad uniforme de 10 m, existe agua suficiente para abastecer a toda la población de Nuevo León por 73 días, con una dotación de 100 litros por persona al día (que equivale a 42.2 millones de m³).

La devastación de la vegetación en la zona de estudio ha significado también una disminución en el potencial de secuestro y almacenamiento de carbono, con los impactos económicos y sociales que esto implica. Hay una pérdida potencial de ingresos anuales por la totalidad de toneladas de carbono que no pudieron evitarse y que pudieron entrar a mercados de carbono, calculado en \$1.6 millones de dólares.

La actividad minera realizada por CALICA, hoy SAC-TUN, ha causado una devastación del paisaje natural y de la conectividad biológica y como consecuencia, una pérdida en la capacidad del sitio para la realización de actividades como ecoturismo o turismo de bajo impacto como avistamiento de aves o de otras especies de flora y fauna. Asimismo, las personas de las localidades aledañas manifiestan su interés en la restauración del sitio y la implementación de acciones de educación ambiental.

Se confirma que cada acción relacionada con el ciclo de la actividad minera tiene impactos nocivos e irreparables en el medio ambiente, pues disminuye la calidad del suelo, del aire y del agua, genera contaminación no biodegradable que daña los procesos biológicos del ecosistema, contribuye a la pérdida de cobertura vegetal y previene la



captación y secuestro de carbono, desplaza a la fauna de la región e impide la conectividad biológica. Todo lo anterior con un impacto directo al entorno y la salud de las personas que habitan en las localidades aledañas.

También es necesario resaltar, que en la superficie de interés para la explotación de la roca caliza en el predio La Adelita, se encuentra actualmente selva mediana subperennifolia que corresponde al continuo de vegetación que no ha sido afectada por incendios y presenta una composición rica en biodiversidad como fue descrito en la sección Descripción de los Ecosistemas (Figura 79). El 15% que el promovente manifiesta como “áreas verdes”, presenta vegetación de selva baja subcaducifolia, la cual se encuentra al sur del predio colindando con la Carretera Cancún- Tulum.

Paralelamente, conforme a los hallazgos del diagnóstico y las pláticas sostenidas con actores en territorio, la zona tiene y ha tenido presencia de jaguar (*Panthera onca*) aún con las afectaciones que ha sufrido la vegetación por fenómenos meteorológicos y/o incendios. Los sitios con aprovechamiento de roca caliza se encuentran en lo que ha sido identificado como un continuo de selva mediana subperennifolia, que probablemente funcione como corredor biológico para el jaguar y sus potenciales presas como el venado cola blanca y el mono araña.

Dicho lo anterior, el predio de La Adelita aún conserva sus características y conecta la zona sur del estado con la porción norte mediante su selva conservada. El desmonte de esta zona muy seguramente generará el rompimiento de dicha conexión y el desplazamiento de la fauna hacia áreas pobladas.

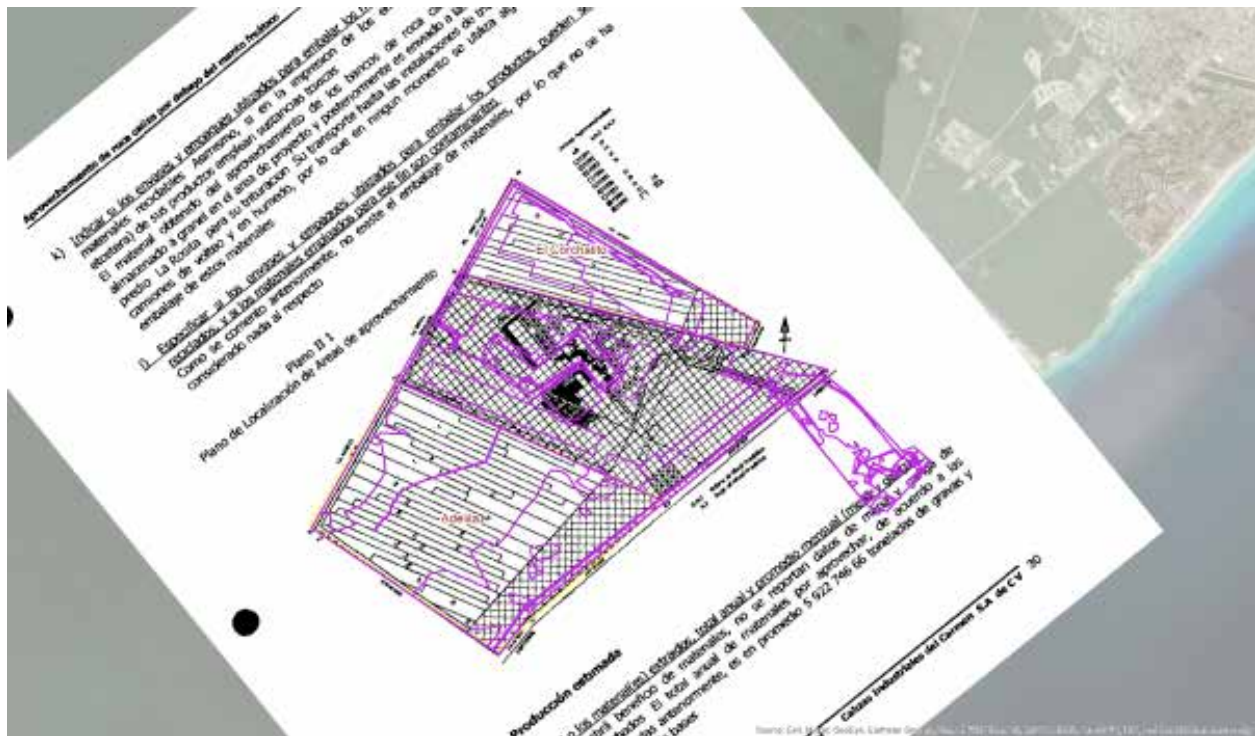


Figura 79. Empalme de las áreas de los Predios La Adelita y El Corchalito manifestadas para aprovechamiento y Uso de Suelo y Vegetación actual.





6. ANEXOS

ANEXO 1

En la lista se integran los nombres aceptados y válidos conforme a los sistemas de clasificación y catálogos de autoridades taxonómicas correspondientes.

Categorías de riesgo:

Se presentan conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la siguiente simbología: A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial; y P: en peligro de extinción.

Se incluyen las categorías de La Lista Roja de UICN conforme a la siguiente abreviatura: EX: Extinto; EW: Extinto en estado silvestre; CR: En peligro crítico; EN: En peligro; VU: Vulnerable; y NT: Casi amenazado.

Categorías CITES:

Se incluyen las categorías de protección conforme a los Apéndices I, II y III establecidos por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Origen y endemismo:

La validación nomenclatural y biogeográfica (distribución y endemismos) de los taxones, así como el estatus de residencia y origen de las especies se verificó en los siguientes referentes de información especializada: American Ornithological Society (Chesser et al., 2020), Amphibian Species of the World (Frost, 2021), Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2022), ITIS (2022), Mammal

Species of the World (Wilson y Reader, 2005), Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones Universitarias (2022), Ramírez-Pulido *et al.* (2014), Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO, 2022a), Sistema de Información sobre Especies Invasoras (CONABIO, 2020c), The Reptile Database (Uetz, 2022), Tropicos.org Missouri Botanical Garden (Tropicos, 2022) y World Register of Marine Species (2022). En el caso de las plantas vasculares, para el género *Acacia* se siguen los criterios nomenclaturales de Lourdes Rico Arce.

Se indican con un asterisco (*) las especies endémicas, con dos asteriscos (**) las especies exóticas y con tres asteriscos (***) las especies exóticas invasoras.

Las especies endémicas a la Provincia Biótica península de Yucatán son aquellas cuya distribución comprende los estados mexicanos de Campeche, Quintana Roo y Yucatán y los departamentos al norte de Belice (Belice, Corozal y Orange Walk) y el departamento del Petén de Guatemala (Carnevali *et al.*, 2010).

En el caso de las aves, las categorías de endemismo y de residencia, son las propuestas por Berlanga *et al.* (2019). Se consideran semiendémicas a las especies cuya población completa se distribuye únicamente en México durante cierta época del año. Por otra parte, las cuasiendémicas son las especies cuya área de distribución se extiende ligeramente fuera de México hacia algún país vecino ($\leq 35\ 000\ \text{km}^2$), debido a la continuidad de los hábitats. En cuanto a la residencia, se utilizan las siguientes abreviaturas: R: residentes; MI: son migratorias de invierno; MV: migratorias de verano (MV); T: transitorias; y O: oceánicas.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Alismatales	Araceae	<i>Anthurium schlechtendalii</i>	bobtum, hoja de pescado, hoja de piedra, hoja de viento, lengua de ciervo			
Alismatales	Araceae	<i>Philodendron jacquinii</i>				
Alismatales	Araceae	<i>Syngonium angustatum</i>	lengua de vaca			
Apiales	Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	sac-chacáh			
Arecales	Araceae	<i>Cocos nucifera**</i>	cocotero			
Arecales	Arecaceae	<i>Pseudophoenix sargentii</i>	kuka' (maya), kuká (maya), kukaí (maya), palma bucanero, palma enana, palma kuka, ya'ax jalalche' (maya), yaxhalalché (maya)	A	VU	
Arecales	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii*</i> (endémica de la península de Yucatán)	cheet (maya), palma nakás, palma nacás, palma	A		
Arecales	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	palma, palma chit, palma yucateca	A		
Arecales	Arecaceae	<i>Chamaedorea seifrizii*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	cambray, palma, palma bambú, palma xiat			
Arecales	Arecaceae	<i>Sabal yapa</i>				
Asparagales	Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis americana</i>	lirio araña			
Asparagales	Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis littoralis</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Asparagales	Asparagaceae	<i>Beaucarnea pliabilis</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	chit (maya), despeinada	A	VU	II
Asparagales	Asparagaceae	<i>Agave angustifolia</i>	bab-ki			
Asparagales	Asparagaceae	<i>Furcraea cahum</i> *	cajum			
Asparagales	Orchidaceae	<i>Brassavola nodosa</i>	barbas de viejo, dama de noche			II
Asparagales	Orchidaceae	<i>Myrmecophila christinae</i>				II
Asparagales	Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i> ***	orquídea monja africana			
Asterales	Asteraceae	<i>Ageratum littorale</i> fo. <i>littorale</i>	hierba de flor morada			
Asterales	Asteraceae	<i>Ageratum maritimum</i>	hierba de la sarna			
Asterales	Asteraceae	<i>Ambrosia hispida</i> * (endémica de la península de Yucatán)	altanisa de mar, margarita de mar			
Asterales	Asteraceae	<i>Baccharis dioica</i>				
Asterales	Asteraceae	<i>Baccharis heterophylla</i>	escoba chica, escobilla, hierba del pasmo			
Asterales	Asteraceae	<i>Borrichia arborescens</i>	margarita de mar, té de playa			
Asterales	Asteraceae	<i>Borrichia frutescens</i>	saladillo, verdolaga de mar			
Asterales	Asteraceae	<i>Calea jamaicensis</i>	malvavisco silvestre			
Asterales	Asteraceae	<i>Critonia campechensis</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)				
Asterales	Asteraceae	<i>Erechtites hieraciifolius</i>	epazotillo, lengua de ciervo			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Asterales	Asteraceae	<i>Eremosis oolepis*</i> (endémica de la península de Yucatán)				
Asterales	Asteraceae	<i>Flaveria linearis</i>				
Asterales	Asteraceae	<i>Koanophyllon albicaule</i>	ciruelillo, gusanillo, hediondilla, tok'aban			
Asterales	Asteraceae	<i>Melampodium gracile</i>	tajonal			
Asterales	Asteraceae	<i>Melanthera angustifolia</i>				
Asterales	Asteraceae	<i>Melanthera aspera</i>	botoncillo, canilla de mulita, hierba ahuatosa, rosita			
Asterales	Asteraceae	<i>Melanthera nivea</i>	canilla de mulita, mulito, pasto, pie mulito			
Asterales	Asteraceae	<i>Mikania vitifolia</i>				
Asterales	Asteraceae	<i>Neurolaena lobata</i>	árnica, cola de faisán, hierba amarga, lengua de vaca, rabo de faisán, rabo de lagarto, tabaco cimarrón, tabajo cimarrón			
Asterales	Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i>	alcanfor, altanisa, amargosa, amargoso, anisillo, arrocillo, cicutilla, claudiosa blanca, confitillo, escoba, escoba amargosa, escobilla, hierba amarga, hierba amargosa, hierba de la hormiga, hierba del burro, hierba del golpe, hierba del gusano, hormigui			
Asterales	Asteraceae	<i>Pluchea carolinensis</i>	Santa María, tabaquillo			
Asterales	Asteraceae	<i>Pluchea odorata</i>	canela, canelo, flor de ángel, flor de Guadalupe, hierba de Santa María, hoja de playa, Santa María, tok'aban			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Asterales	Asteraceae	<i>Porophyllum punctatum</i>	hierba del venado, mal de ojo, mal ojo, pioja, piojo, pipisca de venado, quelite			
Asterales	Asteraceae	<i>Porophyllum ruderale</i> var. <i>macrocephalum</i>	hierba del venado, liendrilla, pápalo			
Asterales	Asteraceae	<i>Sphagneticola trilobata</i>	hierba del toro			
Asterales	Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	hierba de San Francisco, hierba de San Juan, hierba del toro, San Juan del Monte			
Asterales	Asteraceae	<i>Viguiera dentata</i>	chamiso, flor de tajonal, girasol, hierba dulce, mirasol, tajonal			
Asterales	Goodeniaceae	<i>Scaevola plumieri</i>	uva de mar			
Asterales	Goodeniaceae	<i>Scaevola taccada</i> ***	lechuguilla de mar			
Asterales	Menyathaceae	<i>Nymphoides indica</i>				
Boraginales	Cordiaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	ciricote, cómpite, cordia, siricote, trompillo			
Boraginales	Cordiaceae	<i>Cordia sebestena</i>	anacahuite, ciricote, palo de asta, siricote, siricote blanco, siricote de playa			
Boraginales	Ehretiaceae	<i>Bouyeria mollis</i>	laurel, palo de nance, roble			
Boraginales	Ehretiaceae	<i>Bouyeria pulchra</i>				
Boraginales	Heliotropiaceae	<i>Euploca procumbens</i>				
Boraginales	Heliotropiaceae	<i>Myriopus volubilis</i>	bejuco verde, cola de alacrán, hierba del alacrán, hierba del cáncer, yerba del cáncer			
Boraginales	Heliotropiaceae	<i>Tournefortia gnaphalodes</i>	tabaquillo			
Boraginales	Namaceae	<i>Nama jamaicensis</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Brassicales	Brassicaceae	<i>Cakile edentula</i>				
Brassicales	Brassicaceae	<i>Cakile lanceolata</i> subsp. <i>fusiformis</i>				
Brassicales	Brassicaceae	<i>Lepidium virginicum</i>	antijuelilla, escobilla, lentejilla, zorrillo			
Brassicales	Capparaceae	<i>Quadrella incana</i>	canelar, duraznillo, mata gallina, plomillo			
Brassicales	Resedaceae	<i>Forchhammeria trifoliata</i>	naranjillo			
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Deamia testudo</i>	pitahaya de tortuga, pitahayo de tortuga, pitaya de tortuga, pitayita nocturna de tortuga			II (Publicado en CITES 2020 como <i>Selenicereus testudo</i>)
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia inaperta</i> *	nopal zacam			II
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia stricta</i>				II
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Selenicereus grandiflorus</i>				II
Caryophyllales	Nyctaginaceae	<i>Guapira costaricana</i>				
Caryophyllales	Nyctaginaceae	<i>Neea choriophylla</i>				
Caryophyllales	Nyctaginaceae	<i>Pisonia aculeata</i>	coma de uña			
Caryophyllales	Petiveriaceae	<i>Rivina humilis</i>	baja tripa, bajatripa, chilacoaco, chilacuaco, chile de coyote, chilillo, chilpastle blanco, chilpatillo, chilpayita, colorin, colorines, coral, coral xilacuaro, coralillo, coralito, cordilinea, flor de disipela, hierba de la hormiga, hierba de la víbora,			
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba ortizii</i> *			EN	

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba acapulcensis</i>	carnero, trompo, uvero			
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba cozumelensis</i>	carnero, cola de armadillo, uvero			
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i>	escobillo de monte alto, uvero			
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba spicata</i>	bab, uvero			
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba swartzii</i>				
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>				
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Gymnopodium floribundum</i>	canilla de venado, pata de venado			
Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Neomillspaughia emarginata*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	sac-tra (maya)			
Caryophyllales	Portulacaceae	<i>Portulaca halimoides</i>	mañanitas, verdolaga			
Caryophyllales	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	quelite, verdolaga			
Caryophyllales	Portulacaceae	<i>Portulaca rubricaulis</i>	verdolaga			
Celastrales	Celastraceae	<i>Monteverdia belizensis</i>				
Celastrales	Celastraceae	<i>Pristimera celastroides</i>				
Celastrales	Celastraceae	<i>Semialarium mexicanum</i>	chum-loop (maya), chun tok' (maya), cancerina			
Celastrales	Celastraceae	<i>Tricerna phyllanthoides</i>				
Commelinales	Commelinaceae	<i>Callisia fragrans</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Commelinales	Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i>	corrimiento, espuelitas, flor de la virgen, gallito, hierba de lluvia, hierba del gallo, hierba del pollo, maguey verde, manzanita, matalín, siempreviva			
Commelinales	Commelinaceae	<i>Tradescantia pallida</i>				
Commelinales	Commelinaceae	<i>Tradescantia spathacea</i>				
Cucurbitales	Cucurbitaceae	<i>Cucurbita lundelliana</i>				
Dioscoreales	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea pilosiuscula</i>				
Ericales	Ebenaceae	<i>Diospyros anisandra</i>				
Ericales	Ebenaceae	<i>Diospyros salicifolia*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	chocoyito			
Ericales	Ebenaceae	<i>Diospyros tetrasperma</i>				
Ericales	Primulaceae	<i>Ardisia revoluta</i>	arrayán			
Ericales	Primulaceae	<i>Bonellia macrocarpa</i>	lengua de gallo, limoncillo, naranjillo, pico de gallo			
Ericales	Primulaceae	<i>Jacquinia arborea</i>				
Ericales	Primulaceae	<i>Myrsine cubana</i>				
Ericales	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	caimitillo, chi' keej (maya)			
Ericales	Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	chapote, chicle, chico, chico zapote, chicozapote, colorado, látex de chicozapote, nazareno, sapotillo, zapote, zapote blanco			
Ericales	Sapotaceae	<i>Pouteria campechiana</i>	acamayo, canizte			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Ericales	Sapotaceae	<i>Pouteria reticulata</i>				
Ericales	Sapotaceae	<i>Sideroxylon americanum</i>	caimitillo, pico real			
Ericales	Sapotaceae	<i>Sideroxylon foetidissimum</i> subsp. <i>gaumeri</i>	caracolillo, coralillo, ebano amarillo			
Ericales	Sapotaceae	<i>Sideroxylon obtusifolium</i>	guaraniná			
Ericales	Sapotaceae	<i>Sideroxylon persimile</i>	abalo, espino blanco			
Ericales	Sapotaceae	<i>Sideroxylon salicifolium</i>	chak ya' (maya), chico zapote			
Fabales	Fabaceae	<i>Dalbergia glabra</i>	chacté			II
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia gaumeri</i>	boox káatsim, catzin negro		NT (Publicado en IUCN Red List 2021-3 como <i>Senegalia gaumeri</i>)	
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia centralis</i>	caca de niño			
Fabales	Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	acacia, cornezuelo			
Fabales	Fabaceae	<i>Apoplanesia paniculata</i>	arco negro, consangre, llora sangre, palo de arco			
Fabales	Fabaceae	<i>Ateleia cubensis</i>				
Fabales	Fabaceae	<i>Bauhinia divaricata</i>	calzoncillo, cimarrona, palo de mariposa, pata de cabra, pata de cochino, pata de puerco, pata de vaca, pezuña de venado			
Fabales	Fabaceae	<i>Bauhinia erythrocalyx</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	pata de vaca, ts' ulub took' (maya)			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Fabales	Fabaceae	<i>Bauhinia jenningsii</i>	pata de vaca			
Fabales	Fabaceae	<i>Caesalpinia bonduc</i>	cojón de gato, contra ojo, garrapata de playa			
Fabales	Fabaceae	<i>Caesalpinia crista</i>	cojón de gato			
Fabales	Fabaceae	<i>Canavalia rosea</i>	frijol de playa, frijolillo, haba de mar			
Fabales	Fabaceae	<i>Cenostigma gaumeri</i>	k'itamché (maya)			
Fabales	Fabaceae	<i>Centrosema virginianum</i>	gallito, sonajera azul			
Fabales	Fabaceae	<i>Chamaecrista chamaecristoides*</i>	cacahuatillo			
Fabales	Fabaceae	<i>Chloroleucon mangense</i>	palo fierro			
Fabales	Fabaceae	<i>Coulteria platyloba*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)				
Fabales	Fabaceae	<i>Coursetia caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	jícama de conejo			
Fabales	Fabaceae	<i>Crotalaria pumila</i>	chepiles, chipil, chipilín, crotalarias, garbancillo, hierba del cuervo, sonadora, tronador, tronadora			
Fabales	Fabaceae	<i>Crotalaria purdiana</i>				
Fabales	Fabaceae	<i>Desmanthus virgatus</i>	cocoite negro, guaje, guajillo, huizachillo, pegajoso			
Fabales	Fabaceae	<i>Desmodium tortuosum</i>	cadillo, pega ropa, pegajoso, pegarropa			
Fabales	Fabaceae	<i>Diphysa carthagenensis</i>	guachipilin, tsusuk (maya)			
Fabales	Fabaceae	<i>Diphysa paucifoliolata*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	barba de viejo			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Fabales	Fabaceae	<i>Erythrostemon mexicanus</i>	guajillo, hierba del potro, potro, retamilla, tabachín, tabachín de monte			
Fabales	Fabaceae	<i>Erythrostemon yucatanensis</i>	chuum (maya), cocoite			
Fabales	Fabaceae	<i>Gliricidia maculata</i>				
Fabales	Fabaceae	<i>Grona triflora</i>				
Fabales	Fabaceae	<i>Harpalyce rupicola</i>	k'an chan te' (maya)			
Fabales	Fabaceae	<i>Havardia platyloba</i>				
Fabales	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	almendra de guaje, cola de zorro, guachin, guaje, guaje blanco, guaje de castilla, tumbapelo			
Fabales	Fabaceae	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	chaperno, k'an-t'uul (maya)			
Fabales	Fabaceae	<i>Lonchocarpus xuul*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	balché, palo gusano			
Fabales	Fabaceae	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	tsalam, tzalam (maya)			
Fabales	Fabaceae	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	frijol ojo de zanate, frijolillo, gallinitas, gallito, ojo de zanate, pica pica			
Fabales	Fabaceae	<i>Mimosa bahamensis</i>	motita, motita morada			
Fabales	Fabaceae	<i>Mucuna pruriens</i>	frijol terciopelo			
Fabales	Fabaceae	<i>Piscidia piscipula</i>	haabín (maya), jabín			
Fabales	Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	chucúm blanco, guamucho, guamúchil, guamúchil áspero, humo, pinzán			
Fabales	Fabaceae	<i>Pithecellobium keyense</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Fabales	Fabaceae	<i>Pithecellobium unguis-cati</i>	coralillo			
Fabales	Fabaceae	<i>Platymiscium yucatanum*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	granadillo, subinché (maya)			
Fabales	Fabaceae	<i>Senna mollissima</i>				
Fabales	Fabaceae	<i>Senna pallida</i>	abejón			
Fabales	Fabaceae	<i>Senna racemosa</i>				
Fabales	Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	catalog, k'aatal oox (maya)			
Fabales	Fabaceae	<i>Zygia cognata</i>	palo de humo			
Fabales	Polygalaceae	<i>Securidaca diversifolia</i>				
Fabales	Surianaceae	<i>Suriana maritima</i>	tabaquillo			
Gentianales	Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i>	adelfilla, burladora, cancerina, chilillo, chilillo venenoso, cinco llagas, flor de muerto, flor de tigre, hierba María, pablito, pericón, quiebramuelas, salvilla, señorita, venenillo, veneno rojo			
Gentianales	Apocynaceae	<i>Cascabela gaumeri</i>	campanilla, campanillo, campanita de oro, cojón de gato, cojón de toro, venenillo			
Gentianales	Apocynaceae	<i>Cascabela thevetia</i>	cabalonga de huasteca, campanilla, campanilla de oro, codo de fraile, cojón de gato, jarilla, narciso amarillo, ojo de águila, palo de San Antonio, San Pablo, sauce, trompetilla, vainilla			
Gentianales	Apocynaceae	<i>Echites umbellatus</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Gentianales	Apocynaceae	<i>Fernaldia pandurata</i>	loroco			
Gentianales	Apocynaceae	<i>Mateleia belizensis</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)				
Gentianales	Apocynaceae	<i>Metastelma schlechtendalii</i>	sal xiiw			
Gentianales	Apocynaceae	<i>Pentalinon andrieuxii</i>	bejuco guaco, contrayerba			
Gentianales	Apocynaceae	<i>Plumeria obtusa</i>	cojon de toro, flor de mayo			
Gentianales	Apocynaceae	<i>Rauvolfia tetraphylla</i>	ajillo, chilillo, cinco negritos, coralillo, fruta de víbora, hierba de San Pablo, sarna de perro, siete negritos, venenillo, veneno de gusano, veneno del perro			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Chiococca alba</i>	canica, huele de noche, madre selva, oreja de ratón, pegajosa, perilla, perlilla			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Chiococca motleyana</i>				
Gentianales	Rubiaceae	<i>Erithalis fruticosa</i>	ocotillo			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Ernodea littoralis</i>				
Gentianales	Rubiaceae	<i>Exostema caribaeum</i>	copalche, sabac-ché (maya)			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Exostema mexicanum</i>	cáscara amarga, cascarillo, espino, naranjillo, palo de rosa, quina			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>	anisillo, pay luuk' (maya)			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Guettarda elliptica</i>	cascarillo			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Gentianales	Rubiaceae	<i>Hamelia patens</i>	añilillo, aretillo, canela montés, cañutillo, chupamirto, coloradillo, coralillo, cordoncillo, coyolillo, coyolito, cruceta, estafiate, hierba cancerina, hierba del negro, hierba del pasmo, hierba del toro, hierba tinta, huevo de gato, maravilla, nixtamal			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Hintonia octomera</i>				
Gentianales	Rubiaceae	<i>Morinda royoc</i>	bejuco piñoncillo, piña de monte, piñuela			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Oldenlandia corymbosa</i>				
Gentianales	Rubiaceae	<i>Psychotria costivenia</i>	huesillo			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Psychotria nervosa</i>	huesillo, retamo			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Psychotria pubescens</i>	k'aanan (maya), ya'ax			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i>	crucecita, crucero, cruceta, crucetilla blanca, crucetillo, crucetillo de la costa, espino cruz, granadillo, limoncillo, torito			
Gentianales	Rubiaceae	<i>Randia longiloba*</i> (endémica de la península de Yucatán)				
Gentianales	Rubiaceae	<i>Strumpfia maritima</i>	romero falso			
Icacinales	Icacinaceae	<i>Ottoschulzia pallida*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	palo azul			
Lamiales	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	mangle prieto	A		
Lamiales	Acanthaceae	<i>Aphelandra scabra</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Lamiales	Acanthaceae	<i>Bravaisia berlandieriana</i>	julub			
Lamiales	Acanthaceae	<i>Justicia campechiana</i>				
Lamiales	Acanthaceae	<i>Ruellia nudiflora</i>	florequilla morada, lengua de vaca, moradilla			
Lamiales	Acanthaceae	<i>Ruellia simplex</i>				
Lamiales	Acanthaceae	<i>Stenandrium nanum*</i> (endémica de la península de Yucatán)				
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	ahan-ché (maya), amapa, guayacán amarillo	A (Publicado en la Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 como <i>Tabebuia chrysantha</i>)	VU	
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Amphilophium paniculatum</i>	sak-ak (maya), palo de gas			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Bignonia diversifolia</i>	anilkab (maya), bejuco caferita			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Bignonia potosina</i>	ajillo, bejuco tres lomos			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>	árbol de las calabazas, ayale, cirian, cujete, guaje, güiro, gusano, jícara, jicarillo, morro, palo de huacal, tecomate			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Dolichandra unguis-cati</i>	bejuco verde			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Fridericia patellifera</i>	bejuco blanco, bilin aak' (maya)			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Fridericia podopogon</i>	aak' xuux (maya)			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Fridericia pubescens</i>				
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Mansoa verrucifera</i>	chakanikab (maya), peine de mono			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Stizophyllum riparium</i>	bejuco de ajo, xtu' aak'il (maya)			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Tanaecium pyramidatum</i>				
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Tanaecium tetragonolobum</i>	aguijón			
Lamiales	Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	alacrancillo, algodóncillo, ángel, borla de San Pedro, caballito, campanilla amarilla, canario, copal, corneta amarilla, elotito, flor amarilla			
Lamiales	Lamiaceae	<i>Callicarpa acuminata</i>	granadilla, tabaquillo, uvilla			
Lamiales	Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	albaca, albacar, albacar corriente, albacarón, albahaca, albahaca blanca, albahaca morada, albahácar, albahácar arribeño, albahacar morado, romero			
Lamiales	Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	canelillo, carrete, papelillo, xaax nik (maya)			
Lamiales	Scrophulariaceae	<i>Capraria biflora</i>	claudiosa, hierba del burro, hierba del campo, jarilla, lengua de gallina, malvavisco, peludilla, tasajo cólera de novio, coralillo, espina,			
Lamiales	Verbenaceae	<i>Duranta erecta</i>	espina blanca, espino, espino blanco, garbancillo, velo de novia			
Lamiales	Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	alfombrilla hedionda, cinco negritos, confite, confite negro, confiturilla, confiturilla amarilla, flor de San Cayetano, frutilla, frutillo			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Lamiales	Verbenaceae	<i>Lantana involucrata</i>	caca de mono, cinco negritos, confite, confiturilla, confiturilla blanca, duraznillo, manzanita, orégano, orégano de monte, peonía, peonía colorada, sonora			
Lamiales	Verbenaceae	<i>Lippia nodiflora</i>				
Lamiales	Verbenaceae	<i>Petrea volubilis</i>	oop'tsiimim (maya)			
Lamiales	Verbenaceae	<i>Phyla reptans</i>				
Lamiales	Verbenaceae	<i>Priva lappulacea</i>	cadillo, cadillo de bolsa, pega pega, pega ropa, pegajosa, verbena			
Lamiales	Verbenaceae	<i>Priva mexicana</i>	pega ropa, pegajosa			
Lamiales	Verbenaceae	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	cola de mico, verbena, verbena azul			
Liliales	Smilacaceae	<i>Smilax spinosa</i>				
Magnoliales	Annonaceae	<i>Annona glabra</i>	anona, anona silvestre, anonillo, árbol del corcho, corcho, palo de corcho			
Magnoliales	Annonaceae	<i>Mosannonna depressa</i>	chirimoya, vainilla			
Malpighiales	Chrysobalanaceae	<i>Chrysobalanus icaco</i>	ciruela blanca, ciruela de paloma, ciruela morada, ciruela paloma, icaco, margarita, nuez, uva morada			
Malpighiales	Chrysobalanaceae	<i>Hirtella americana</i>	aceituna pelada, aceituno			
Malpighiales	Clusiaceae	<i>Clusia flava</i>	chunup, memelita			
Malpighiales	Clusiaceae	<i>Dichapetalum donnell-smithii</i>	duraznillo			
Malpighiales	Clusiaceae	<i>Garcinia intermedia</i>	jorco			
Malpighiales	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum areolatum</i>	huesito			



ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Malpighiales	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum bequaertii</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	k'an k'as che' (maya)			
Malpighiales	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum confusum</i>	cascarillo			
Malpighiales	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum rotundofoilum</i>				
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia blodgettii</i>				II
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i>	hierba de la araña			II
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	golondrina			II
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia mesembryanthemifolia</i>				II
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia personata</i>				II
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia xbacensis</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)				II
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Acalypha alopecuroidea</i>	cola de gato			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i>	palo blanco			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Acalypha leptopoda</i>	palo blanco			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Bernardia yucatanensis</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	ocotillo			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Cnidocolus souzae</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	chaya cimarrona, chaya silvestre, mala mujer			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Croton arboreus</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	pak che'			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Croton glabellus</i>				
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Croton lucidus</i> * (endémica de la península de Yucatán)				
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Croton niveus</i>	sangregado de montaña			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Croton oerstedianus</i>	k'luxub che' (maya)			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Croton punctatus</i>	sak chuum			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Croton reflexifolius</i>	cascarilla, cascarillo, huesillo prieto, palo santo, quina, quina blanca, solimán prieto, vara blanca			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Dalechampia scandens</i>	garrapatilla, granada de monte, granadilla, hoja de murciélago, huevo de gato, pangola			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cyathophora</i>				
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hypericifolia</i>	golondrina, hierba de la golondrina, lecherillo, lechosa, pata de paloma, pela tripa			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes lucida</i>				
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	chul (maya), piñón			
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Plukenetia penninervia</i>				
Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Sebastiania adenophora</i>	chechem, chechem blanco, chechén blanco			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Malpighiales	Malpighiaceae	<i>Bunchosia swartziana</i>	cojón de fraile, manzanillo			
Malpighiales	Malpighiaceae	<i>Byrsonima bucidifolia</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	grosella, nance agrio, nance blanco, nance de monte, nancén agrio, nanche, nanchi			
Malpighiales	Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	arrayán, nance agrio, nance amarillo, nanche, nanche agrio, nanche amarillo, nanche de perro, nanche del perro, nanche dulce, nanchi, nanci, níspero, zapotillo amarillo			
Malpighiales	Malpighiaceae	<i>Callaeum macropterum</i>				
Malpighiales	Malpighiaceae	<i>Hiraea reclinata</i>				
Malpighiales	Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	béek che' (maya), bejuco prieto, capulincillo			
Malpighiales	Passifloraceae	<i>Passiflora suberosa</i>	granadita de ratón, pasiflora, pata de pollo			
Malpighiales	Passifloraceae	<i>Turnera diffusa</i>	damiana			
Malpighiales	Phyllanthaceae	<i>Astrocasia tremula</i>	pajarito, trompillo, vinagrillo			
Malpighiales	Phyllanthaceae	<i>Margaritaria nobilis</i>	agritos, ciruelillo, garbancillo, grosello cimarrón, mierda de loro, vinagrillo			
Malpighiales	Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus liebmannianus</i>	piix t' oom			
Malpighiales	Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus mocinianus</i>				
Malpighiales	Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i>	huesillo			
Malpighiales	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	mangle rojo	A	NT	
Malpighiales	Salicaceae	<i>Casearia corymbosa</i>	botoncillo			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Malpighiales	Salicaceae	<i>Casearia emarginata</i>				
Malpighiales	Salicaceae	<i>Casearia laetioides</i>	palo volador			
Malpighiales	Salicaceae	<i>Casearia thamnia</i>	zapote amarillo			
Malpighiales	Salicaceae	<i>Samyda yucatanensis*</i> (endémica de la península de Yucatán)	jazmincillo			
Malvales	Malvaceae	<i>Ayenia fasciculata*</i> (endémica de la península de Yucatán)				
Malvales	Malvaceae	<i>Bakeridesia yucatan*</i> (endémica de la península de Yucatán)				
Malvales	Malvaceae	<i>Bastardia viscosa</i>				
Malvales	Malvaceae	<i>Byttneria aculeata</i>				
Malvales	Malvaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	amapola blanca, árbol de algodón, árbol de la vida, ceiba, ceiba de lana, ceibo clavelina, pochote			
Malvales	Malvaceae	<i>Ceiba schottii</i>	ceiba yucateca, cho'ooj (maya)			
Malvales	Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	bellota de cuaulote, capulincillo, cuahulote, cuajilote, cuaulote, cuaulote blanco, guacima, guácima prieta, guacimo, guázumo, hierba del tapón, majagua de toro, palote negro, tapa culo, yaco, yaco de venado			
Malvales	Malvaceae	<i>Hampea trilobata*</i> (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	majagua, majahua, majahua blanca			
Malvales	Malvaceae	<i>Helicteres baruensis</i>	algodoncillo, barrenillo, suput			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Malvales	Malvaceae	<i>Heliocarpus mexicanus</i>	jonote			
Malvales	Malvaceae	<i>Herissantia crispa</i>	hierba del campo, monacillo blanco			
Malvales	Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis**</i>	amapola, amor de un rato, campana, flor de araña, gachupín, lamparilla, mar pacífico, obelisco, rosa china, tulipán, tulipán fino, tulipán moteado, tulipán pinto, tulipán relleno			
Malvales	Malvaceae	<i>Luehea speciosa</i>	algodoncillo, chakats (maya)			
Malvales	Malvaceae	<i>Malvastrum americanum</i>				
Malvales	Malvaceae	<i>Malvastrum corchorifolium</i>				
Malvales	Malvaceae	<i>Malvastrum coromandelianum</i>	escobillo, huinar, malva, malva colorada, malvavisco, malvón			
Malvales	Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	altea, aretera, aretillo, bejuquillo, cadillo, chupamirto, civil, farolito, flor de molinillo, majahuilla, manzanilla, manzanillo, manzanita, manzanita del pollo, mazapán, media noche, molinillo, monacillo, monacillo rojo, monaguillo, obelisco			
Malvales	Malvaceae	<i>Melochia tomentosa</i>	escoba, hierba del venado, malva, malva de los cerros, malva rosa			
Malvales	Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	ceiba, coquito			
Malvales	Malvaceae	<i>Thespesia populnea</i>	bejuquillo, majagua			
Malvales	Malvaceae	<i>Waltheria indica</i>	cadillo, cancerina, escoba, escobilla, hierba del soldado, malva, malva del monte, manrubio, manrubio rojo, tapasereno, yerba del tapaculo			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Malvales	Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	capafincil, capulín, capulín blanco, capulín de mayo, capulín manso, capulín real, capulincillo, cerezo, ciruelas, jonote, majagua, mecate de capulín			
Myrtales	Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	k' oopte' (maya), mangle botoncillo, mangle negro	A		
Myrtales	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	mangle blanco	A		
Myrtales	Combretaceae	<i>Terminalia buceras</i>	pukté			
Myrtales	Combretaceae	<i>Terminalia molinetii</i>	putzmucuy (maya), ucarillo			
Myrtales	Myrtaceae	<i>Calyptranthes pallens</i>				
Myrtales	Myrtaceae	<i>Eugenia biflora</i>				
Myrtales	Myrtaceae	<i>Eugenia foetida</i>				
Myrtales	Myrtaceae	<i>Eugenia gaumeri</i>				
Myrtales	Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	arrayán prieto, capulín de hueso, guayabillo, pimientilla			
Myrtales	Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i>				
Picramniales	Picramniaceae	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	be siinik che' (maya)			
Picramniales	Picramniaceae	<i>Picramnia brachybotryosa</i>				
Piperales	Aristolochiaceae	<i>Aristolochia pentandra</i>	camotillo guaco			
Piperales	Piperaceae	<i>Peperomia angustata</i>				
Piperales	Piperaceae	<i>Piper amalago</i>	cordoncillo, cordoncillo hoja			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Piperales	Piperaceae	<i>Piper yucatanense</i>				
Poales	Bromeliaceae	<i>Aechmea bracteata</i>				
Poales	Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i>	bromelia, ch'om (maya)			
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia fasciculata</i>	bromelia, gallito, gallitos, piña			
Poales	Bromeliaceae	<i>Tillandsia schiedeana</i>	bromelia, cola de gallo, gallito, gallitos, heno			
Poales	Cyperaceae	<i>Cladium jamaicense</i>				
Poales	Cyperaceae	<i>Cyperus lentiginosus</i>				
Poales	Cyperaceae	<i>Cyperus planifolius</i>				
Poales	Cyperaceae	<i>Fimbristylis castanea</i>				
Poales	Cyperaceae	<i>Fimbristylis spadicea</i>	camalote, zacate			
Poales	Cyperaceae	<i>Rhynchospora colorata</i>				
Poales	Cyperaceae	<i>Scleria lithosperma</i>	pata de zopilote			
Poales	Poaceae	<i>Aristida ternipes minor</i>	aceitilla, pija de perro, tres barbas arqueado, zacate araña, zacatón			
Poales	Poaceae	<i>Cenchrus brownii</i>	cabeza de arriero, cadillo, mosote, mozote			
Poales	Poaceae	<i>Cenchrus spinifex</i>				
Poales	Poaceae	<i>Coix lacryma-jobi</i> ***	arrocillo			
Poales	Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> ***	grama, pasto, pasto pata de pollo, pata de cuervo, pata de pollo, zacate egipcio, zacate grama			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Poales	Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>				
Poales	Poaceae	<i>Digitaria insularis</i>	pasto, plumerillo café, zacate, zacate mano punta café, zacate Taiwán			
Poales	Poaceae	<i>Distichlis spicata</i>	huizapol			
Poales	Poaceae	<i>Eragrostis ciliaris</i>				
Poales	Poaceae	<i>Eragrostis excelsa</i>				
Poales	Poaceae	<i>Eustachys petraea</i> **	barbas de indio, zacate			
Poales	Poaceae	<i>Gouinia papillosa</i> * (endémica de la península de Yucatán)				
Poales	Poaceae	<i>Gouinia virgata</i>	bejuco sarnoso, hierba del fuego, zacate colorado			
Poales	Poaceae	<i>Ichnanthus lanceolatus</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	zacate, malva			
Poales	Poaceae	<i>Lasiacis divaricata divaricata</i>	bambú, carricillo, carrizo, carrizo de ratón carricillo			
Poales	Poaceae	<i>Lasiacis grisebachii</i>				
Poales	Poaceae	<i>Lasiacis ruscifolia</i>	carricillo, carrizo, otatillo, pasto, zacate			
Poales	Poaceae	<i>Lasiacis sloanei</i>	otate, pasto			
Poales	Poaceae	<i>Leptochloa virgata</i>	pasto, tripa de pollo, zacate			
Poales	Poaceae	<i>Panicum hirsutum</i>	guínea			
Poales	Poaceae	<i>Paspalum caespitosum</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Poales	Poaceae	<i>Phragmites australis</i>	jalal (maya), carricillo			
Poales	Poaceae	<i>Setaria variifolia*</i> (endémica de la península de Yucatán)				
Poales	Poaceae	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	camalote, carpeta de San Agustín, grama, gramilla de San Agustín, pasto, pasto alfombra, pasto chato, pasto San Agustín, San Agustín, zacate, zacate San Agustín			
Polypodiales	Aspleniaceae	<i>Asplenium hoffmannii</i>	helecho			
Polypodiales	Polypodiaceae	<i>Phlebodium decumanum</i>	helecho azul			
Polypodiales	Pteridaceae	<i>Acrostichum danaeifolium</i>	helecho			
Polypodiales	Pteridaceae	<i>Adiantum tenerum</i>				
Polypodiales	Pteridaceae	<i>Adiantum tricholepis</i>				
Polypodiales	Pteridaceae	<i>Myriopteris fimbriata</i>				
Polypodiales	Tectariaceae	<i>Tectaria heracleifolia</i>	lengua de ciervo			
Ranunculales	Menispermaceae	<i>Cissampelos pareira</i>	barba de viejo, pel-eltum (maya)			
Ranunculales	Menispermaceae	<i>Hyperbaena mexicana</i>	duraznillo, k'eken che' (maya)			
Ranunculales	Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i>	amapola, amapola amarilla, amapolilla, carbasanta, cardo, cardo santo, cardosanto, chicalote, hierba espumosa, hierba santa macho, reina, San Carlos			
Rosales	Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i>	chaparro blanco, espina blanca, garabato, granjeno, granjeno amarillo, iguanero, naranjillo cimarrón, palo de arco, uña de gato			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Rosales	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	k' an oox (maya), ramón			
Rosales	Moraceae	<i>Ficus aurea</i>				
Rosales	Moraceae	<i>Ficus crassinervia</i>	higo			
Rosales	Moraceae	<i>Ficus crocata</i>				
Rosales	Moraceae	<i>Ficus maxima</i>				
Rosales	Moraceae	<i>Ficus pertusa</i>	amantillo, amatillo, amesquite, cabra-higo, caimito, capulín grande, chinito, escobillo, higo, higuillo, higuito, injerto, lechoso, matapalo, palo de coco			
Rosales	Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	mora, mora amarilla, mora de clavo, mora lisa, moradilla, moral, moral amarillo, moral de clavo, moral liso, morita, palo amarillo, palo de mora, palo mora, palo moral			
Rosales	Rhamnaceae	<i>Colubrina arborescens</i>	cascalote, cascarillo, pimienta			
Rosales	Rhamnaceae	<i>Colubrina greggii</i>				
Rosales	Rhamnaceae	<i>Gouania lupuloides</i>				
Rosales	Rhamnaceae	<i>Krugiodendron ferreum</i>	capulincillo, ch'iin took' (maya)			
Rosales	Rhamnaceae	<i>Sarcomphalus yucatanensis*</i> (endémica de la península de Yucatán)				
Rosales	Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i>	guarumbo, trompeta			
Santalales	Loranthaceae	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>	flor de palo, hierba mala, injerto, muérdago			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Santalales	Olcaceae	<i>Ximenia americana</i>	chabalaca, ciruelillo, nanche			
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	culinzís, amargoso	A		
Sapindales	Anacardiaceae	<i>Metopium brownei</i>	chechén negro, chechem negro, chechen, chechem, cheechem negro			
Sapindales	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	chaca, chico huiste, chicohuiste, chocogüite, chocohuite, copalillo, mulato, palo chino, palo colorado, palo jiote, palo jito, palo mulato, palo retinto, papelillo, piocha, quiote			
Sapindales	Burseraceae	<i>Protium copal</i>	aceitillo, poom (maya)			
Sapindales	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	cedro	Pr	CR (Publicado en IUCN Red List 2021-3 como <i>Cedrela dugesii</i>)	II
Sapindales	Meliaceae	<i>Guarea glabra</i> subsp. <i>rovirosae</i>				
Sapindales	Meliaceae	<i>Trichilia americana</i>	coyolillo			
Sapindales	Rutaceae	<i>Amyris elemifera</i>	k'an chan, kanyuk			
Sapindales	Rutaceae	<i>Casimiroa tetrameria</i>	mata abejas, ya'ax yuuy (maya)			
Sapindales	Rutaceae	<i>Esenbeckia berlandieri</i> subsp. <i>yaaxhokob*</i> (endémica de la península de Yucatán)	hueso de tigre, limoncillo			
Sapindales	Rutaceae	<i>Pilocarpus racemosus</i>				
Sapindales	Sapindaceae	<i>Talisia floresii</i>	k'olok (maya)		NT	
Sapindales	Sapindaceae	<i>Allophylus cominia</i>	bicbach, chirimoya			
Sapindales	Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	zapotillo			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Sapindales	Sapindaceae	<i>Cupania glabra</i>	cojote venado, cola de pava, colorado, nogalito, palo de piedra			
Sapindales	Sapindaceae	<i>Exothea diphylla</i>	guayo, kulinché (maya), wayuum (maya)			
Sapindales	Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>				
Sapindales	Sapindaceae	<i>Melicoccus oliviformis</i>	guaya, huaya			
Sapindales	Sapindaceae	<i>Paullinia fuscescens</i>	chilillo			
Sapindales	Sapindaceae	<i>Paullinia pinnata</i>				
Sapindales	Sapindaceae	<i>Serjania caracasana</i>				
Sapindales	Sapindaceae	<i>Serjania rachiptera</i>				
Sapindales	Sapindaceae	<i>Serjania yucatanensis</i>				
Sapindales	Sapindaceae	<i>Thouinia paucidentata</i>	canchunup (maya), hueso de tigre			
Sapindales	Simaroubaceae	<i>Simarouba glauca</i>	palo gusano, pa' sak che' (maya)			
Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea indica</i>	bejuco blanco, campanita, cola de ratón, hiedra, injerto, manto, quiebra plato			
Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	bejuco de mar			
Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea quamoclit</i>	bandera española, bejuco estrella, cundeamor, entendera, espuela de venus, hiedra roja, lágrimas de la virgen, manuelito, trompillo			
Solanales	Convolvulaceae	<i>Ipomoea violacea</i>	manto, riñonina			
Solanales	Convolvulaceae	<i>Merremia dissecta</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Solanales	Solanaceae	<i>Capsicum annum glabriusculum</i>	chile chocolate, chile de monte, chile quipín, pinchile, piquín			
Solanales	Solanaceae	<i>Solanum donianum</i>	berenjena, cornetón del monte, friega plato, lengua de vaca, pajonal, palo de chachalaca, palo de hoja de manteca, sacramanteca, salvadora			
Vitales	Vitaceae	<i>Cissus gossypifolia</i>				

FAUNA

Arácnidos

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Amblypygi	Phrynidae	<i>Paraphrynus chacmool</i>	tendarapo			
Amblypygi	Phrynidae	<i>Phrynus parvulus</i>	tendarapo			
Araneae	Araneidae	<i>Allocyclosa bifurca</i>	tejedora			
Araneae	Araneidae	<i>Argiope argentata</i>	araña plateada de jardín			
Araneae	Araneidae	<i>Gasteracantha cancriformis</i>	araña tejedora espinosa			
Araneae	Araneidae	<i>Micrathena funebris</i>	araña tejedora de seis espinas			
Araneae	Araneidae	<i>Trichonephila clavipes</i>				
Araneae	Salticidae	<i>Menemerus bivittatus</i>	araña saltarina gris de pared			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Araneae	Sicariidae	<i>Loxosceles yucatanana</i>	araña violinista de Yucatán			
Araneae	Tetragnathidae	<i>Leucauge argyra</i>	araña de mandíbula larga			
Opiliones	Cosmetidae	<i>Erginulus roeweri</i>				
Opiliones	Sclerosomatidae	<i>Geaya yucatanana</i>	araña patona yucateca			
Scorpiones	Buthidae	<i>Centruroides gracilis</i>	alacrán café esbelto			
Scorpiones	Buthidae	<i>Centruroides ochraceus*</i>	alacrán yucateco			
Scorpiones	Diplocentridae	<i>Diplocentrus taibeli</i>				

Insectos

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Blattodea	Blattidae	<i>Periplaneta americana**</i>	cucaracha americana			
Coleoptera	Carabidae	<i>Calosoma aurocinctum</i>				
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Aegomorphus circumflexus</i>				
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Callipogon senex</i>				
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Eburia porulosa</i>	escarabajo cuernos largos poroso			
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Cryptocephalus irroratus</i>				

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Euryepepla brevilineata</i>	escarabajo tortuga			
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Pelidnota notata</i>	escarabajo brillante de las hojas			
Hemiptera	Coreidae	<i>Anisoscelis affinis</i>				
Hemiptera	Coreidae	<i>Machtima mexicana</i>				
Hemiptera	Coreidae	<i>Pachylis nervosus</i>	chinche			
Hemiptera	Reduviidae	<i>Triatoma dimidiata</i>	chinche besucona pic			
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	abeja melífera europea			
Hymenoptera	Apidae	<i>Cephalotrigona zexmeniae</i>	tamagá			
Hymenoptera	Apidae	<i>Melipona beecheii</i>	jicote manso			
Hymenoptera	Apidae	<i>Nannotrigona perilampoides</i>	chicopipe			
Hymenoptera	Apidae	<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	soncuán chele			
Hymenoptera	Apidae	<i>Trigona fulviventris</i>	abeja culo de vaca			
Hymenoptera	Apidae	<i>Xylocopa nautlana</i>				
Lepidoptera	Erebidae	<i>Ascalapha odorata</i>	polilla bruja			
Lepidoptera	Erebidae	<i>Composia fidelissima</i>				
Lepidoptera	Erebidae	<i>Cosmosoma cingulatum</i>				
Lepidoptera	Erebidae	<i>Horama oedippus</i>	polilla con botas			
Lepidoptera	Erebidae	<i>Syntomeida epilais</i>	polilla de la adelfa			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Aethilla lavochorea</i>				
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Chioides zilpa</i>	saltarina de cola larga manchada			
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Lerema accius</i>	saltarina nublada			
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Nisoniades ephora</i>				
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Pellicia dimidiata</i>				
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Polites vibex</i>	saltarina remolino			
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Sostrata nordica</i>	saltarina rayada azul			
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Systasea pulverulenta</i>	parda pulverulenta			
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Urbanus proteus</i>	saltarina de cola larga azul			
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Arawacus sito</i>	mariposa sedosa blanca cebra			
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Calycopis isobea</i>	mariposa sedosa de lunas naranjas			
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Echinargus isola</i>	mariposa azul del mezquite			
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Electrostrymon hugon</i>	mariposa sedosa creciente de banda naranja			
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Evenus regalis</i>	mariposa sedosa quetzal			
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Hemiargus ceraunus</i>	mariposa átomo			
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Leptotes cassius</i> subsp. <i>cassidula</i>	mariposa blanquiazul			
Lepidoptera	Lycaenidae	<i>Pseudolycaena damo</i>	mariposa sedosa reina azul			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Anartia fatima</i>	mariposa pavorreal con bandas blancas			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Anartia jatrophae</i>	mariposa pavorreal blanca			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Anthanassa tulcis</i>	mariposa lunita pálida			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Danaus eresimus</i>	mariposa soldado			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Danaus gilippus</i>	mariposa reina			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Danaus plexippus</i>	mariposa monarca	Pr		
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Doxocopa laure</i>	mariposa emperador			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Dryas iulia subsp. moderata</i>	mariposa julia americana			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Eunica monima</i>	mariposa de alas púrpura oscura			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Eunica tatila</i>	mariposa de alas púrpura florida			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Hamadryas februa</i>	mariposa tronadora gris			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Hamadryas glauconome</i>	mariposa tronadora ala blanca			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Hamadryas guatemalena</i>	mariposa tronadora de Guatemala			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Heliconius charithonia subsp. vazquezae</i>	mariposa cebra de alas largas			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Heliconius erato subsp. petiverana</i>	mariposa de bandas carmesí			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Hermeuptychia hermes</i>	mariposa sátira de Hermes			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Libytheana carinenta</i>	mariposa pinocho			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Marpesia chiron</i>	mariposa alas de daga café			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Marpesia petreus</i>	mariposa alas de daga naranja			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Morpho helenor</i>	mariposa morfo azul común			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Nessaea aglaura</i>	mariposa turquesa			
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Siproeta stelenes</i>	mariposa malaquita			
Lepidoptera	Papilionidae	<i>Battus philenor</i>	mariposa cola de golondrina azul			
Lepidoptera	Papilionidae	<i>Parides montezuma</i>	mariposa corazón de Moctezuma			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Anteos clorinde</i>	mariposa azufre gigante blanca			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Anteos maerula</i>	mariposa azufre gigante amarilla			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Ascia monuste</i>	mariposa blanca gigante			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Biblis hyperia</i>	mariposa de borde rojo			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Eurema arbela</i>				
Lepidoptera	Pieridae	<i>Glutophrissa drusilla</i> subsp. <i>tenuis</i>	mariposa blanca gigante florida			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Phoebis agarithe</i>	mariposa azufre gigante			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Phoebis philea</i>	mariposa azufre de bandas naranja			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Phoebis sennae</i> subsp. <i>marcellina</i>	mariposa azufre sin nubes			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Pieriballia viardi</i>	mariposa blanca manchada			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Pyrisitia dina</i> subsp. <i>westwoodii</i>	mariposa amarilla de borde delgado mexicana			
Lepidoptera	Pieridae	<i>Pyrisitia nise</i>	mariposa amarilla mimosa de borde grueso			
Lepidoptera	Riodinidae	<i>Emesis aurimna</i>	topacio de puntas blancas			



ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Lepidoptera	Sphingidae	<i>Agrius cingulata</i>	esfinge de pintas rosadas			
Lepidoptera	Sphingidae	<i>Enyo lugubris</i>				
Lepidoptera	Sphingidae	<i>Erinnyis yucatanana</i>				
Lepidoptera	Sphingidae	<i>Eumorpha vitis</i>	polilla esfinge de las lianas			
Lepidoptera	Sphingidae	<i>Isognathus rimosa</i>				
Lepidoptera	Sphingidae	<i>Pachylia syces</i>	polilla de los amates			
Lepidoptera	Sphingidae	<i>Xylophanes maculator</i>				
Mantodea	Mantidae	<i>Stagmomantis carolina</i>	mantis oriental			
Odonata	Libellulidae	<i>Dythemis sterilis</i>	rayadora vigilante marrón			
Odonata	Libellulidae	<i>Erythemis simplicicollis</i>	rayadora espinosa del este			
Odonata	Libellulidae	<i>Erythrodiplax berenice</i>	rayadora de la costa			
Orthoptera	Gryllidae	<i>Mayagrillus yucatanus</i>				
Orthoptera	Romaleidae	<i>Taeniopoda obscura</i>	saltamonte perezoso de Yucatán			
Orthoptera	Romaleidae	<i>Tropidacris cristata</i>				

Peces

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax aeneus</i>	pepesca			
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bacalarensis</i>	sardinita de Bacalar			
Cichliformes	Cichlidae	<i>Mayaheros urophthalmus</i>	mojarra del sureste			
Cichliformes	Cichlidae	<i>Petenia splendida</i>	tenguayaca			
Cichliformes	Cichlidae	<i>Thorichthys meeki</i>	mojarra boca de fuego			
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Gambusia yucatanana</i>	guayacón yucateco			
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia mexicana</i>	topote del Atlántico			
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia orri</i>	topote de manglar			
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia velífera*</i>	topote aleta grande	A	VU	
Siluriformes	Heptateridae	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	juil descolorido	Pr		

Anfibios

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Anura	Bufonidae	<i>Incilius valliceps</i>	sapo costero			
Anura	Bufonidae	<i>Rhinella horribilis</i>	sapo gigante			
Anura	Craugastoridae	<i>Craugastor yucatanensis</i> * (endémica a la Península de Yucatán)	rana ladrona yucateca	Pr	NT	
Anura	Hylidae	<i>Dendropsophus microcephalus</i>	rana de árbol amarilla			
Anura	Hylidae	<i>Scinax staufferi</i>	rana arborícola trompuda	Pr		
Anura	Hylidae	<i>Smilisca baudinii</i>	rana arborícola mexicana			
Anura	Hylidae	<i>Tlalocohyla loquax</i>	rana arbórea locuaz			
Anura	Hylidae	<i>Trachycephalus vermiculatus</i>	rana arborícola vermiculada			
Anura	Hylidae	<i>Tripurion petasatus</i>	rana cabeza de pala	Pr		
Anura	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	ranita hojarasca			
Anura	Microhylidae	<i>Hypopachus variolosus</i>	rana termitera			
Anura	Ranidae	<i>Lithobates brownorum</i>	rana de Brown	Pr		
Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa yucatanana</i>	salamandra lengua de hongo yucateca	Pr		

Reptiles

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Squamata	Boidae	<i>Boa imperator</i>	mazacuata			
Squamata	Colubridae	<i>Drymobius margaritiferus</i>	culebra corredora de petatillos			
Squamata	Colubridae	<i>Lampropeltis abnorma</i>	falsa coralillo real centroamericana			
Squamata	Colubridae	<i>Leptodeira septentrionalis</i>	escombrera manchada			
Squamata	Colubridae	<i>Leptophis ahaetulla</i>	ranera perico	A		
Squamata	Colubridae	<i>Leptophis mexicanus</i>	culebra perico mexicana	A		
Squamata	Colubridae	<i>Mastigodryas melanolomus</i>	culebra lagartijera común			
Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i>	culebra bejuquilla mexicana			
Squamata	Colubridae	<i>Oxybelis fulgidus</i>	culebra bejuquilla verde			
Squamata	Colubridae	<i>Senticolis triaspis</i>	culebra ratonera			
Squamata	Colubridae	<i>Spilotes pullatus</i>	serpiente tigre			
Squamata	Colubridae	<i>Symphimus mayae</i>	culebra labios blancos maya	Pr		
Squamata	Colubridae	<i>Tantilla moesta</i>	culebra ciempiés de panza negra			
Squamata	Colubridae	<i>Tantillita canula</i>	culebra ciempiés yucateca			
Squamata	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	toloque rayado			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Squamata	Corytophanidae	<i>Laemanctus serratus</i>	lemacto coronado	Pr		
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis lemurinus</i>	anolis fantasma			
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis rodriguezii</i>	anolis liso del sureste			
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis sagrei</i> ***	abaniquillo pardo del Caribe			
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis sericeus</i>	abaniquillo sedoso			
Squamata	Dactyloidae	<i>Anolis ustus</i>	abaniquillo de Yucatán			
Squamata	Dipsadidae	<i>Coniophanes imperialis</i>	culebra rayas negras			
Squamata	Dipsadidae	<i>Coniophanes meridanus</i> * (endémica a la península de Yucatán)	culebra sin rayas peninsular			
Squamata	Dipsadidae	<i>Coniophanes schmidtii</i>	culebra rayada yucateca			
Squamata	Dipsadidae	<i>Conophis lineatus</i>	culebra guardacaminos lineada			
Squamata	Dipsadidae	<i>Dipsas brevifacies</i>	culebra caracolera chata	Pr		
Squamata	Dipsadidae	<i>Geophis sanniolus</i>	culebra caracolera pigmea			
Squamata	Dipsadidae	<i>Geophis sartorii</i>	culebra caracolera de oriente			
Squamata	Dipsadidae	<i>Imantodes tenuissimus</i> * (endémica a la península de Yucatán)	culebra cordelilla yucateca			
Squamata	Eublepharidae	<i>Coleonyx elegans</i>	cuija yucateca	A		
Squamata	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i> ***	besucona asiática			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Squamata	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	iguana negra de cola espinosa, iguana negra	A		II
Squamata	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	iguana verde	Pr		II
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus chrysostictus</i>	lagartija espinosa de puntos amarillos			
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus cozumelae*</i> (endémica a la península de Yucatán)	lagartija escamosa de Cozumel	Pr		
Squamata	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus lundelli</i>	lagartija espinosa yucateca			
Squamata	Phyllodactylidae	<i>Thecadactylus rapicauda</i>	geco	Pr		
Squamata	Scincidae	<i>Mesoscincus schwartzei</i>	eslizón yucateco			
Squamata	Scincidae	<i>Scincella cherriei</i> subsp. <i>ixbaac</i>	eslizón pardo			
Squamata	Sphaerodactylidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	geco enano collajero	Pr		
Squamata	Teiidae	<i>Holcosus gaigeae</i>	lagartija arcoíris			
Squamata	Viperidae	<i>Bothrops asper</i>	nauyaca terciopelo real			
Squamata	Viperidae	<i>Porthidium yucatanicum</i>	nauyaca nariz de cerdo yucateca	Pr		
Testudines	Emydidae	<i>Trachemys venusta</i>	tortuga de Guadalupe			
Testudines	Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	tortuga de monte mojina	A	NT	
Testudines	Kinosternidae	<i>Kinosternon creaseri*</i> (endémica a la península de Yucatán)	tortuga de pantano yucateca			
Testudines	Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	tortuga pecho quebrado labios blancos	Pr		
Testudines	Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	tortuga pecho quebrado escorpión	Pr		

Aves

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo albonotatus</i>	aguililla aura	Pr		II	MI
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	aguililla cola corta			II	R
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	aguililla cola roja			II	MI
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteo plagiatus</i>	aguililla gris			II	R
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	aguililla negra menor	Pr		II	R
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Elanoides forficatus</i>	milano tijereta	Pr		II	T
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Geranospiza caerulescens</i>	gavilán zancón	A		II	R
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Harpagus bidentatus</i>	gavilán bidentado	Pr		II	R
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Leptodon cayanensis</i>	gavilán cabeza gris	Pr		II	R
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	gavilán caracolero	Pr		II	R
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	aguililla caminera			II	R
Accipitriformes	Pandionidae	<i>Pandion haliaetus</i> subsp. <i>ridgwayi</i>	águila pescadora				R
Anseriformes	Anatidae	<i>Spatula discors</i>	cerceta alas azules				MI
Anseriformes	Anatidae	<i>Aythya affinis</i>	pato boludo menor				MI
Anseriformes	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	pijije alas blancas			III	R
Apodiformes	Apodidae	<i>Chaetura pelagica</i>	vencejo de chimenea		VU		T

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Apodiformes	Apodidae	<i>Chaetura vauxi</i>	vencejo de Vaux				R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	colibrí canelo			II	R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>	colibrí cola canela			II	R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis*</i> (cuasiendémica)	colibrí vientre canelo			II	R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Anthracothorax prevostii</i>	colibrí garganta negra			II	R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Archilochus colubris</i>	colibrí garganta rubí			II	MI
Apodiformes	Trochilidae	<i>Chlorestes candida</i>	colibrí cándido			II	R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Cyananthus canivetii</i>	esmeralda tijereta			II	R
Apodiformes	Trochilidae	<i>Pampa curvipennis</i>	fandanguero cola cuña			II	R
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Antrostomus badius*</i> (semiendémica)	tapacaminos yucateco				R
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles acutipennis</i>	chotacabras menor				R
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Chordeiles minor</i>	chotacabras zumbón				T
Cathariformes	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	zopilote aura				R
Cathariformes	Cathartidae	<i>Cathartes burrovianus</i>	zopilote sabanero	Pr			R
Cathariformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	zopilote común				R
Cathariformes	Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>	zopilote rey	P		III	R
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius semipalmatus</i>	chorlo semipalmeado				MI
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius vociferus</i>	chorlo tildío				MI

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius wilsonia</i>	chorlo de pico grueso				R
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	chorlo gris				MI
Charadriiformes	Haematopodidae	<i>Haematopus palliatus</i>	ostrero americano				MI
Charadriiformes	Jacanidae	<i>Jacana spinosa</i>	jacana norteña				R
Charadriiformes	Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	monjita americana				R
Charadriiformes	Recurvirostridae	<i>Recurvirostra americana</i>	avoceta americana				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Actitis macularius</i>	playero alzacolita				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Arenaria interpres</i>	vuelvepiedras rojizo				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris alba</i>	playero blanco				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris himantopus</i>	playero zancón				T
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris minutilla</i>	playero diminuto				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris pusilla</i>	playero semipalmeado		NT		T
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Limnodromus griseus</i>	costurero pico corto				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Limosa fedoa</i>	picopando canelo	A			MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	zarapito trinador				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	patamarilla mayor				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa semipalmata</i>	playero pihuiuí				MI
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa solitaria</i>	playero solitario				MI

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Charadriiformes	Stercorariidae	<i>Stercorarius parasiticus</i>	salteador parásito				T
Ciconiiformes	Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	cigüeña americana	Pr			MI
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i> ***	paloma doméstica				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina passerina</i>	tortolita pico rojo				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	tortolita canela				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Geotrygon montana</i>	paloma canela				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila jamaicensis</i> * (cuasiendémica)	paloma caribeña				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>	paloma arroyera				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas flavirostris</i>	paloma morada				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas cayennensis</i>	paloma colorada				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas leucocephala</i>	paloma corona blanca	A	NT		R
Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas speciosa</i>	paloma escamosa	Pr			R
Columbiformes	Columbidae	<i>Streptopelia decaocto</i> ***	paloma turca de collar				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida asiatica</i>	paloma alas blancas				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida aurita</i>	huilota caribeña				R
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida macroura</i>	huilota común				MI
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	martín pescador verde				R
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megaceryle alcyon</i>	martín pescador norteño				MI

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megaceryle torquata</i>	martín pescador de collar				R
Coraciiformes	Momotidae	<i>Eumomota superciliosa</i>	momoto cejas azules, toh (maya)				R
Coraciiformes	Momotidae	<i>Momotus lessonii</i>	momoto corona negra				R
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Coccyzus minor</i>	cuclillo manglero				R
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	garrapatero pico liso				R
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	garrapatero pijuy				R
Cuculiformes	Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	cuclillo canelo				R
Falconiformes	Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	caracara moñudo				R
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	halcón peregrino	Pr		I	MI
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco ruficularis</i>	halcón murcielaguero			I	R
Falconiformes	Falconidae	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	halcón guaco			II	R
Falconiformes	Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	halcón selvático de collar	Pr		II	R
Galliformes	Cracidae	<i>Crax rubra</i>	hocofaisán	A	VU	III	R
Galliformes	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	chachalaca oriental			III	R
Galliformes	Cracidae	<i>Penelope purpurascens</i>	pava cojolita	A	NT	III	R
Galliformes	Odontophoridae	<i>Colinus nigrogularis*</i> (cuasiendémica)	codorniz yucateca				R
Galliformes	Odontophoridae	<i>Dactylortyx thoracicus</i>	codorniz silbadora	Pr			R
Galliformes	Phasianidae	<i>Meleagris ocellata*</i> (cuasiendémica)	guajolote ocelado	A	NT		R

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides albiventris</i>	rascón nuca canela				R
Gruiformes	Rallidae	<i>Aramides axillaris</i>	rascón cuello rufo	A			R
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica americana</i>	gallareta americana				MI
Gruiformes	Rallidae	<i>Gallinula galeata</i>	gallineta frente roja				MI
Gruiformes	Rallidae	<i>Porphyrio martinicus</i>	gallineta morada				MI
Nyctibiiformes	Nyctibiidae	<i>Nyctibius jamaicensis</i>	pájaro estaca norteño				R
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cardinalis cardinalis</i>	cardenal rojo				R
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Caryothraustes poliogaster</i>	picogordo cara negra				R
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cyanocompsa parellina</i>	colorín azulnegro				R
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Cyanoloxia cyanooides</i>	picogordo azulnegro				R
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Habia fuscicauda</i>	piranga hormiguera garganta roja				R
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Habia rubica</i>	piranga hormiguera corona roja				R
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina caerulea</i>	picogordo azul				MI
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina ciris</i>	colorín sietecolores	Pr			MI
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Passerina cyanea</i>	colorín azul				MI
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	picogordo degollado				MI
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Piranga olivacea</i>	piranga escarlata				T
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Piranga roseogularis*</i> (cuasiendémica)	piranga yucateca				R

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Passeriformes	Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	piranga roja				MI
Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator atriceps</i>	saltador cabeza negra				R
Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator coerulescens</i>	saltador gris				R
Passeriformes	Thraupidae	<i>Coereba flaveola subsp. caboti</i>	reinita mielera				R
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	chara verde				R
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yucatanicus*</i> (cuasiendémica)	chara yucateca				R
Passeriformes	Corvidae	<i>Psilorhinus morio</i>	chara pea				R
Passeriformes	Estrildidae	<i>Lonchura punctulata***</i>	capuchino pecho escamoso				R
Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia affinis</i>	eufonia garganta negra				R
Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia hirundinacea</i>	eufonia garganta amarilla				R
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus psaltria</i>	jilguerito dominico				R
Passeriformes	Furnariidae	<i>Dendrocincla anabatina</i>	trepatroncos sepia	Pr			R
Passeriformes	Furnariidae	<i>Dendrocincla homochroa</i>	trepatroncos canelo				R
Passeriformes	Furnariidae	<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	trepatroncos barrado	Pr			R
Passeriformes	Furnariidae	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	trepatroncos bigotudo				R
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	golondrina tijereta				T
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Petrochelidon fulva</i>	golondrina pueblera				R
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	golondrina risquera				T

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Progne chalybea</i>	golondrina pecho gris				MV
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Progne subis</i>	golondrina azulnegra				T
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Riparia riparia</i>	golondrina ribereña				T
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	golondrina alas aserradas				R
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta albilinea</i>	golondrina manglera				R
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta bicolor</i>	golondrina bicolor				MI
Passeriformes	Icteridae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	tordo sargento				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Amblycercus holosericeus</i>	cacique pico claro				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Cassidix melanicterus*</i> (cuasiendémica)	cacique mexicano				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	tordo cantor				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus auratus*</i> (cuasiendémica)	calandria dorso naranja				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus cucullatus*</i> (semiendémica)	calandria dorso negro menor				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus chrysater</i>	calandria dorso amarillo				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus gularis</i>	calandria dorso negro mayor				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus prosthemelas</i>	calandria caperuza negra				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus galbula</i>	calandria de Baltimore				MI
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus mesomelas</i>	calandria cola amarilla				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Icterus spurius</i>	calandria castaña				MI

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	tordo ojos rojos				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	zanate mexicano				R
Passeriformes	Icteridae	<i>Xanthocephalus xanthocephalus</i>	tordo cabeza amarilla				MI
Passeriformes	Mimidae	<i>Dumetella carolinensis</i>	maullador gris				MI
Passeriformes	Mimidae	<i>Melanoptila glabrirostris*</i> (cuasiendémica)	maullador negro	Pr	NT		R
Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	centzontle tropical				R
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis formosa</i>	chipe patilludo				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis poliocephala</i>	mascarita pico grueso				R
Passeriformes	Parulidae	<i>Geothlypis trichas</i>	mascarita común				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Helmitheros vermivorum</i>	chipe gusanero				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Leiothlypis peregrina</i>	chipe peregrino				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Mniotilta varia</i>	chipe trepador				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Parkesia motacilla</i>	chipe arroyero				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Parkesia noveboracensis</i>	chipe charquero				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Protonotaria citrea</i>	chipe dorado				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Seiurus aurocapilla</i>	chipe suelero				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga americana</i>	chipe pecho manchado				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga caerulescens</i>	chipe azulnegro				MI

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga citrina</i>	chipe encapuchado				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga discolor</i>	chipe de pradera				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga dominica</i>	chipe garganta amarilla				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga fusca</i>	chipe garganta naranja				T
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga magnolia</i>	chipe de magnolias				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga palmarum</i>	chipe playero				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	chipe amarillo				R
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i>	pavito migratorio				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga striata</i>	chipe cabeza negra		NT		T
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga tigrina</i>	chipe atigrado				MI
Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga virens</i>	chipe dorso verde				MI
Passeriformes	Passerellidae	<i>Arremonops chloronotus</i>	rascador dorso verde				R
Passeriformes	Passerellidae	<i>Arremonops rufivirgatus*</i> (cuasiendémica)	rascador oliváceo				R
Passeriformes	Pipridae	<i>Ceratopipra mentalis</i>	saltarín cabeza roja				R
Passeriformes	Poliophtilidae	<i>Poliophtila caerulea</i>	perlita azulgrís				R
Passeriformes	Poliophtilidae	<i>Ramphocaenus melanurus</i>	saltón picudo				R
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tiaris olivaceus</i>	semillero oliváceo				R
Passeriformes	Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i>	semillero brincador				R

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Passeriformes	Tityridae	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	cabezón degollado				R
Passeriformes	Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	titira puerquito				R
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Pheugopedius maculipectus</i>	saltapared moteado				R
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Thryothorus ludovicianus</i>	saltapared de Carolina				R
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	saltapared común				R
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Uropsila leucogastra*</i> (cuasiendémica)	saltapared vientre blanco				R
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus fuscescens</i>	zorzal canelo				T
Passeriformes	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	zorzal de anteojos				T
Passeriformes	Turdidae	<i>Hylocichla mustelina</i>	zorzal moteado				MI
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	mirlo café				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Attila spadiceus</i>	mosquero atila				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus cinereus</i>	papamoscas tropical				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>	papamoscas del este				T
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>	mosquero elenia copetón				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia martinica*</i> (cuasiendémica)	mosquero elenia copetón				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax flaviventris</i>	papamoscas vientre amarillo				MI
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Empidonax minimus</i>	papamoscas chico				MI
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Megarynchus pitangua</i>	luis pico grueso				R

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Mionectes oleagineus</i>	mosquerito ocre				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus crinitus</i>	papamoscas viajero				MI
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	papamoscas triste				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	papamoscas gritón				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus yucatanensis</i> * (cuasiendémica)	papamoscas yucateco				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	papamoscas rayado común				MV
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiodynastes maculatus</i>	papamoscas rayado cheje				MV
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	luisito común				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Oncostoma cinereigulare</i>	mosquerito pico curvo				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	bienteveo común				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	mosquero cardenal				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Rhynchocyclus brevirostris</i>	mosquerito pico plano				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>	mosquerito espatulilla común				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	mosquerito ojos blancos				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus couchii</i>	tirano cuir				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus forficatus</i>	tirano tijereta rosado				MI
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	tirano pirirí				R
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus savana</i>	tirano tijereta gris				R

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus tyrannus</i>	tirano dorso negro				T
Passeriformes	Vireonidae	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	vireón cejas canela				R
Passeriformes	Vireonidae	<i>Pachysylvia decurtata</i>	verdillo gris	Pr			R
Passeriformes	Vireonidae	<i>Tunchiornis ochraceiceps</i>	verdillo ocre	Pr			R
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo flavifrons</i>	vireo garganta amarilla				MI
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo flavoviridis</i>	vireo verdeamarillo				MV
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo griseus</i>	vireo ojos blancos				MI
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo magister*</i> (cuasiendémica)	vireo yucateco				R
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	vireo ojos rojos				T
Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	vireo manglero	Pr			R
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	garza blanca				R
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Ardea herodias</i>	garza morena				MI
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis***</i>	garza ganadera				R
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Butorides virescens</i>	garcita verde				R
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Cochlearius cochlearius</i>	garza cucharón				R
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	garceta azul				MI
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta rufescens</i>	garza rojiza	P	NT		R
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta thula</i>	garza dedos dorados				R

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Egretta tricolor</i>	garza tricolor				MI
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nyctanassa violacea</i>	garza nocturna corona clara				R
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	garza nocturna corona negra				MI
Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	garza tigre mexicana	Pr			R
Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>	pelicano blanco americano				MI
Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	pelicano café				R
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Eudocimus albus</i>	ibis blanco				R
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Platalea ajaja</i>	espátula rosada				MI
Piciformes	Picidae	<i>Campephilus guatemalensis</i>	carpintero pico plata	Pr			R
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rubiginosus</i>	carpintero olivo				R
Piciformes	Picidae	<i>Dryobates fumigatus</i>	carpintero café				R
Piciformes	Picidae	<i>Dryobates scalaris</i>	carpintero mexicano				R
Piciformes	Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	carpintero lineado				R
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes aurifrons</i>	carpintero cheje				R
Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes pygmaeus*</i> (cuasiendémica)	carpintero yucateco				R
Piciformes	Picidae	<i>Sphyrapicus varius</i>	carpintero moteado				MI
Piciformes	Ramphastidae	<i>Pteroglossus torquatus</i>	tucancillo collarejo	Pr			R
Piciformes	Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	tucán pico canoa	A	NT	II	R

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	loro frente blanca	Pr		II	R
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona autumnalis</i>	loro cachete amarillo	A		II	R
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora*</i> (cuasiendémica)	loro yucateco	A		II	R
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	perico pecho sucio	Pr	NT		R
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	búho cornudo			II	R
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	tecolote bajoño			II	R
Strigiformes	Strigidae	<i>Megascops guatemalae</i>	tecolote sapo			II	R
Strigiformes	Strigidae	<i>Ciccaba virgata</i>	búho café			II	R
Suliformes	Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>	aninga americana				R
Suliformes	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	fragata tijereta				R
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax auritus</i>	cormorán orejudo				MI
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	cormorán oliváceo				R
Suliformes	Sulidae	<i>Sula dactylatra</i>	bobo enmascarado				R
Suliformes	Sulidae	<i>Sula leucogaster</i>	bobo café				R
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	tinamú canelo	Pr			R
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>	coa de collar	Pr			R
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon melanocephalus</i>	coa cabeza negra				R
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	loro frente blanca	Pr		II	R

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES	RESIDENCIA
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona autumnalis</i>	loro cachete amarillo	A		II	R
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona xantholora*</i> (cuasiendémica)	loro yucateco	A		II	R
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	perico pecho sucio	Pr	NT		R
Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	búho cornudo			II	R
Strigiformes	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	tecolote bajo			II	R
Strigiformes	Strigidae	<i>Megascops guatemalae</i>	tecolote sapo			II	R
Strigiformes	Strigidae	<i>Ciccaba virgata</i>	búho café			II	R
Suliformes	Anhingidae	<i>Anhinga anhinga</i>	aninga americana				R
Suliformes	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	fragata tijereta				R
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax auritus</i>	cormorán orejudo				MI
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	cormorán oliváceo				R
Suliformes	Sulidae	<i>Sula dactylatra</i>	bobo enmascarado				R
Suliformes	Sulidae	<i>Sula leucogaster</i>	bobo café				R
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	tinamú canelo	Pr			R
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>	coa de collar	Pr			R
Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon melanocephalus</i>	coa cabeza negra				R

Mamíferos

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Artiodactyla	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	venado de cola blanca			
Carnivora	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	zorra gris			
Carnivora	Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	jaguarundi	A		I
Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	ocelote	P		I
Carnivora	Felidae	<i>Panthera onca</i>	balam (maya), jaguar	P	NT	I
Carnivora	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	coatí			III
Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	mapache			
Chiroptera	Emballonuridae	<i>Peropteryx macrotis</i>	murciélago perro menor			
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	murciélago frutero			
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Artibeus lituratus</i>	murciélago frugívoro gigante			
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Chrotopterus auritus</i>	vampiro falso lanudo	A		
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Glossophaga soricina</i>	murciélago lengüetón			
Chiroptera	Phyllostomidae	<i>Micronycteris microtis</i>	murciélago orejón brasileño			
Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Lasiurus ega</i>	murciélago cola peluda amarilla			
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	tlacuache			

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Marmosa mexicana</i>	tlacuache ratón mexicano			
Primates	Atelidae	<i>Alouatta villosa</i>	mono aullador	P	EN	I
Primates	Atelidae	<i>Ateles geoffroyi</i>	mono araña centroamericano, ma'ash (maya)	P	EN	II
Rodentia	Cricetidae	<i>Otonyctomys hattii</i>	rata arborícola yucateca	A		
Rodentia	Cricetidae	<i>Otodylomys phyllotis</i>	rata trepadora orejas grandes			
Rodentia	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	tepezcuintle			III
Rodentia	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	guaqueque			III
Rodentia	Erethizontidae	<i>Coendou mexicanus</i>	puercoespín tropical	A		
Rodentia	Sciuridae	<i>Sciurus yucatanensis</i>	ardilla yucateca			
Soricomorpha	Soricidae	<i>Cryptotis mayensis</i>	musaraña orejillas parda	Pr		

ANEXO 2

En la lista se integran los nombres aceptados y válidos conforme a los sistemas de clasificación y catálogos de autoridades taxonómicas correspondientes.

Categorías de riesgo:

Se presentan conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 con la siguiente simbología: A: amenazada; Pr: sujeta a protección especial; y P: en peligro de extinción.

Se incluyen las categorías de La Lista Roja de UICN conforme a la siguiente abreviatura: EX: Extinto; EW: Extinto en estado silvestre; CR: En peligro crítico; EN: En peligro; VU: Vulnerable; y NT: Casi amenazado.

Categorías CITES:

Se incluyen las categorías de protección conforme a los Apéndices I, II y III establecidos por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

Origen y endemismo:

La validación nomenclatural y biogeográfica (distribución y endemismos) de los taxones, así como el estatus de residencia y origen de las especies se verificó en los siguientes referentes de información especializada: American Ornithological

Society (Chesser *et al.*, 2020), Amphibian Species of the World (Frost, 2021), Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2022), ITIS (2022), Mammal Species of the World (Wilson y Reader, 2005), Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones Universitarias (DGRU, 2022), Ramírez-Pulido *et al.* (2014), Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO, 2022b), Sistema de Información sobre Especies Invasoras (CONABIO, 2020b), The Reptile Database (Uetz, 2022), Tropicos.org Missouri Botanical Garden (Tropicos, 2022) y World Register of Marine Species (WoRMS, 2022). En el caso de las plantas vasculares, para el género *Acacia* se siguen los criterios nomenclaturales de Lourdes Rico Arce.

Se indican con un asterisco (*) las especies endémicas, con dos asteriscos (**) las especies exóticas y con tres asteriscos (***) las especies exóticas invasoras.

Las especies endémicas a la Provincia Biótica península de Yucatán son aquellas cuya distribución comprende los estados mexicanos de Campeche, Quintana Roo y Yucatán y los departamentos al norte de Belice (Belice, Corozal y Orange Walk) y el departamento del Petén de Guatemala (Carnevali *et al.*, 2010).

En el caso de las aves, las categorías de endemismo y de residencia, son las propuestas por Berlanga *et al.* (2019). Se consideran cuasiendémicas a las especies cuya área de distribución se extiende ligeramente fuera de México hacia algún país vecino ($\leq 35\ 000\ \text{km}^2$), debido a la continuidad de los hábitats.



NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
1	Acanthaceae	<i>Avicennia germinans</i>	mangle prieto	A		
2	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	culinzís, amargoso	A		
3	Arecaceae	<i>Coccothrinax readii</i> * (endémica de la península de Yucatán)	cheet (maya), palma nakás, palma nacás, palma	A		
4	Arecaceae	<i>Pseudophoenix sargentii</i>	kuka' (maya), kuká (maya), kukaí (maya), palma bucanero, palma enana, palma kuká, ya'ax jalalche' (maya), yaxhalalché (maya)	A	VU	
5	Arecaceae	<i>Thrinax radiata</i>	palma, palma chit, palma yucateca	A		
6	Asparagaceae	<i>Beaucarnea pliabilis</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)	chit (maya), despeinada	A	VU	II
7	Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	ahan-ché (maya), amapa	A (Publicado en la Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 como <i>Tabebuia chrysantha</i>)	VU	
8	Cactaceae	<i>Deamia testudo</i>	pitahaya de tortuga, pitahayo de tortuga, pitaya de tortuga, pitayita nocturna de tortuga			II (Publicado en CITES 2020 como <i>Selenicereus testudo</i>)
9	Cactaceae	<i>Opuntia inaperta</i> *	nopal zacam			II

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
10	Cactaceae	<i>Opuntia stricta</i>				II
11	Cactaceae	<i>Selenicereus grandiflorus</i>				II
12	Combretaceae	<i>Conocarpus erectus</i>	k' oopte' (maya), mangle botoncillo, mangle negro	A		
13	Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i>	mangle blanco	A		
14	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia blodgettii</i>				II
15	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia dentata</i>	hierba de la araña			II
16	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hyssopifolia</i>	golondrina			II
17	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia mesembryanthemifolia</i>				II
18	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia personata</i>				II
19	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia xbacensis</i> * (endémica de la Provincia Biótica península de Yucatán)				II
20	Fabaceae	<i>Acacia gaumeri</i>	boox káatsim, catzin negro		NT (Publicado en IUCN Red List 2021-3 como <i>Senegalia gaumeri</i>)	
21	Fabaceae	<i>Dalbergia glabra</i>	chacté			II
22	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	cedro	Pr	CR (Publicado en IUCN Red List 2021-3 como <i>Cedrela dugesii</i>)	II
23	Orchidaceae	<i>Brassavola nodosa</i>	barbas de viejo, dama de noche			II
24	Orchidaceae	<i>Myrmecophila christinae</i>				II

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
25	Polygonaceae	<i>Coccoloba ortizii</i> *			EN	
26	Rhizophoraceae	<i>Rhizophora mangle</i>	mangle rojo	A	NT	
27	Sapindaceae	<i>Talisia floresii</i>	k'olok (maya)		NT	

FAUNA

Insectos

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
1	Nymphalidae	<i>Danaus plexippus</i>	mariposa monarca	Pr		

Peces

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
1	Poeciliidae	<i>Poecilia velífera</i> *	topote aleta grande	A	VU	
2	Heptateridae	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	juil descolorido	Pr		

Anfibios

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
1	Craugastoridae	<i>Craugastor yucatanensis*</i> (endémica a la península de Yucatán)	rana ladrona yucateca	Pr	NT	
2	Hylidae	<i>Scinax staufferi</i>	rana arborícola trompuda	Pr		
3	Hylidae	<i>Tripurion petasatus</i>	rana cabeza de pala	Pr		
4	Ranidae	<i>Lithobates brownorum</i>	rana de Brown	Pr		
5	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa yucatanana</i>	salamandra lengua de hongo yucateca	Pr		

Reptiles

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
1	Colubridae	<i>Leptophis ahaetulla</i>	ranera perico	A		
2	Colubridae	<i>Leptophis mexicanus</i>	culebra perico mexicana	A		
3	Colubridae	<i>Symphimus mayae</i>	culebra labios blancos maya	Pr		
4	Corytophanidae	<i>Laemanctus serratus</i>	lemacto coronado	Pr		
5	Dipsadidae	<i>Dipsas brevifacies</i>	culebra caracolera chata	Pr		

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
6	Eublepharidae	<i>Coleonyx elegans</i>	cuija yucateca	A		
7	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	iguana negra de cola espinosa	A		II
8	Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	iguana verde	Pr		II
9	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus cozumelae</i> * (endémica a la península de Yucatán)	lagartija escamosa de Cozumel	Pr		
10	Phyllodactylidae	<i>Thecadactylus rapicauda</i>	geco	Pr		
11	Sphaerodactylidae	<i>Sphaerodactylus glaucus</i>	geco enano collajero	Pr		
12	Viperidae	<i>Porthidium yucatanicum</i>	nauyaca nariz de cerdo yucateca	Pr		
13	Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys areolata</i>	tortuga de monte mojina	A	NT	
14	Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>	tortuga pecho quebrado labios blancos	Pr		
15	Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	tortuga pecho quebrado escorpión	Pr		

Aves

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
1	Accipitridae	<i>Buteo albonotatus</i>	aguililla aura	Pr		II
2	Accipitridae	<i>Buteo brachyurus</i>	aguililla cola corta			II

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
3	Accipitridae	<i>Buteo jamaicensis</i>	aguililla cola roja			II
4	Accipitridae	<i>Buteo plagiatus</i>	aguililla gris			II
5	Accipitridae	<i>Buteogallus anthracinus</i>	aguililla negra menor	Pr		II
6	Accipitridae	<i>Elanoides forficatus</i>	milano tijereta	Pr		II
7	Accipitridae	<i>Geranospiza caerulescens</i>	gavilán zancón	A		II
8	Accipitridae	<i>Harpagus bidentatus</i>	gavilán bidentado	Pr		II
9	Accipitridae	<i>Leptodon cayanensis</i>	gavilán cabeza gris	Pr		II
10	Accipitridae	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	gavilán caracolero	Pr		II
11	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	aguililla caminera			II
12	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	pijije alas blancas			III
13	Apodidae	<i>Chaetura pelagica</i>	vencejo de chimenea		VU	
14	Ardeidae	<i>Egretta rufescens</i>	garza rojiza	P	NT	
15	Ardeidae	<i>Tigrisoma mexicanum</i>	garza tigre mexicana	Pr		
16	Cardinalidae	<i>Passerina ciris</i>	colorín sietecolores	Pr		
17	Cathartidae	<i>Cathartes burrovianus</i>	zopilote sabanero	Pr		
18	Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>	zopilote rey	P		III
19	Ciconiidae	<i>Mycteria americana</i>	cigüeña americana	Pr		
20	Columbidae	<i>Patagioenas leucocephala</i>	paloma corona blanca	A	NT	

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
21	Columbidae	<i>Patagioenas speciosa</i>	paloma escamosa	Pr		
22	Cracidae	<i>Crax rubra</i>	hocofaisán	A	VU	III
23	Cracidae	<i>Ortalis vetula</i>	chachalaca oriental			III
24	Cracidae	<i>Penelope purpurascens</i>	pava cojolita	A	NT	III
25	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	halcón peregrino	Pr		I
26	Falconidae	<i>Falco rufigularis</i>	halcón murcielaguero			I
27	Falconidae	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	halcón guaco			II
28	Falconidae	<i>Micrastur semitorquatus</i>	halcón selvático de collar	Pr		II
29	Furnariidae	<i>Dendrocincla anabatina</i>	trepatroncos sepia	Pr		
30	Furnariidae	<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	trepatroncos barrado	Pr		
31	Mimidae	<i>Melanoptila glabrirostris*</i> (cuasiendémica)	maullador negro	Pr	NT	
32	Odontophoridae	<i>Dactylortyx thoracicus</i>	codorniz silbadora	Pr		
33	Parulidae	<i>Setophaga striata</i>	chipe cabeza negra		NT	
34	Phasianidae	<i>Meleagris ocellata*</i> (cuasiendémica)	guajolote ocelado	A	NT	
35	Picidae	<i>Campephilus guatemalensis</i>	carpintero pico plata	Pr		
36	Psittacidae	<i>Amazona albifrons</i>	loro frente blanca	Pr		II
37	Psittacidae	<i>Amazona autumnalis</i>	loro cachete amarillo	A		II
38	Psittacidae	<i>Amazona xantholora*</i> (cuasiendémica)	loro yucateco	A		II

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
39	Psittacidae	<i>Eupsittula nana</i>	perico pecho sucio	Pr	NT	
40	Rallidae	<i>Aramides axillaris</i>	rascón cuello rufo	A		
41	Ramphastidae	<i>Pteroglossus torquatus</i>	tucancillo collarejo	Pr		
42	Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	tucán pico canoa	A	NT	II
43	Scolopacidae	<i>Calidris pusilla</i>	playero semipalmeado		NT	
44	Scolopacidae	<i>Limosa fedoa</i>	picopando canelo	A		
45	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	búho cornudo			II
46	Strigidae	<i>Ciccaba virgata</i>	búho café			II
47	Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	tecolote bajoño			II
48	Strigidae	<i>Megascops guatemalae</i>	tecolote sapo			II
49	Tinamidae	<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	tinamú canelo	Pr		
50	Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i>	colibrí canelo			II
51	Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>	colibrí cola canela			II
52	Trochilidae	<i>Amazilia yucatanensis*</i> (cuasiendémica)	colibrí vientre canelo			II
53	Trochilidae	<i>Anthracothorax prevostii</i>	colibrí garganta negra			II
54	Trochilidae	<i>Archilochus colubris</i>	colibrí garganta rubí			II
55	Trochilidae	<i>Chlorestes candida</i>	colibrí cándido			II
56	Trochilidae	<i>Cyananthus canivetii</i>	esmeralda tijereta			II

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
57	Trochilidae	<i>Pampa curvipennis</i>	fandanguero cola cuña			II
58	Trogonidae	<i>Trogon collaris</i>	coa de collar	Pr		
59	Vireonidae	<i>Pachysylvia decurtata</i>	verdillo gris	Pr		
60	Vireonidae	<i>Tunchiornis ochraceiceps</i>	verdillo ocre	Pr		
61	Vireonidae	<i>Vireo pallens</i>	vireo manglero	Pr		

Mamíferos

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
1	Atelidae	<i>Alouatta villosa</i>	mono aullador	P	EN (Publicado en IUCN Red List 2021-3 como <i>Alouatta pigra</i>)	I (Publicado en CITES 2020 como <i>Alouatta pigra</i>)
2	Atelidae	<i>Ateles geoffroyi</i>	mono araña centroamericano, ma'ash (maya)	P	EN	II
3	Cricetidae	<i>Otonyctomys hatti</i>	rata arbóricola yucateca	A		
4	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	tepezcuintle			III
5	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	guaqueque			III
6	Erethizontidae	<i>Coendou mexicanus</i>	puercoespín tropical	A		
7	Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	jaguarundi	A		I

NO.	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA DE RIESGO NOM-059-SEMARNAT-2010	CATEGORÍA LISTA ROJA UICN	APÉNDICE CITES
8	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	ocelote	P		I
9	Felidae	<i>Panthera onca</i>	jaguar, balam (maya)	P	NT	I
10	Phyllostomidae	<i>Chrotopterus auritus</i>	vampiro falso lanudo	A		
11	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	coatí			III
12	Soricidae	<i>Cryptotis mayensis</i>	musaraña orejillas parda	Pr		

ANEXO 3

Mediciones de CTD

A continuación, se presentan los registros de temperatura, conductividad y salinidad con el equipo CTD efectuados en cenotes con profundidades mayores a 0.5 metros. Estas mediciones sirvieron también para determinar la profundidad

de los cenotes como apoyo a las mediciones con el perfilador Doppler. En algunos cenotes se efectuaron varios lances, reportándose los datos del lance con mayor profundidad.

1. Cenote Cuatí o Jaguar

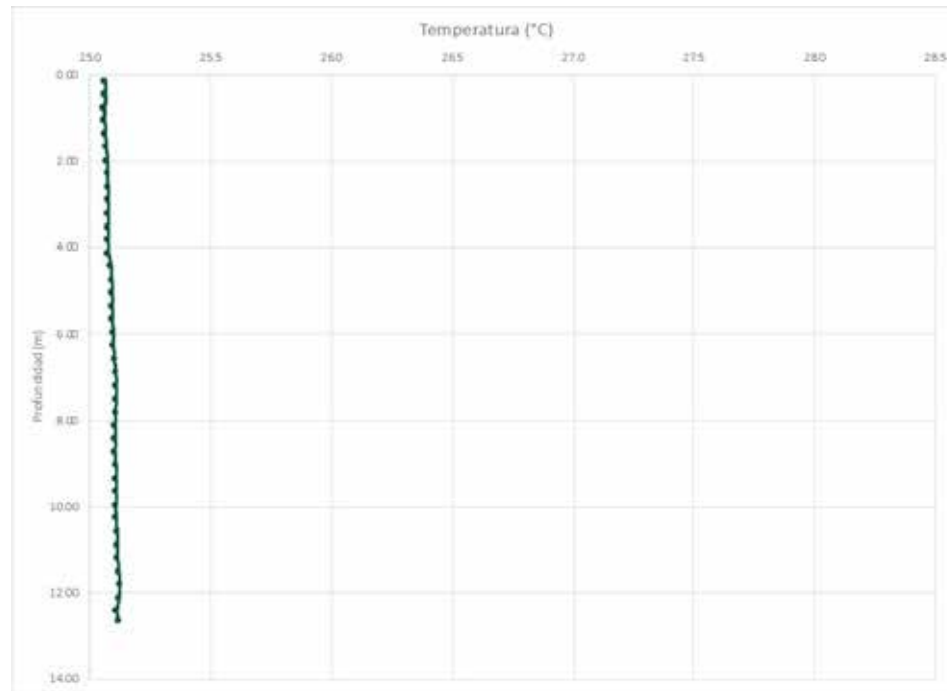


Figura 80. Perfil de temperatura cenote Jaguar.

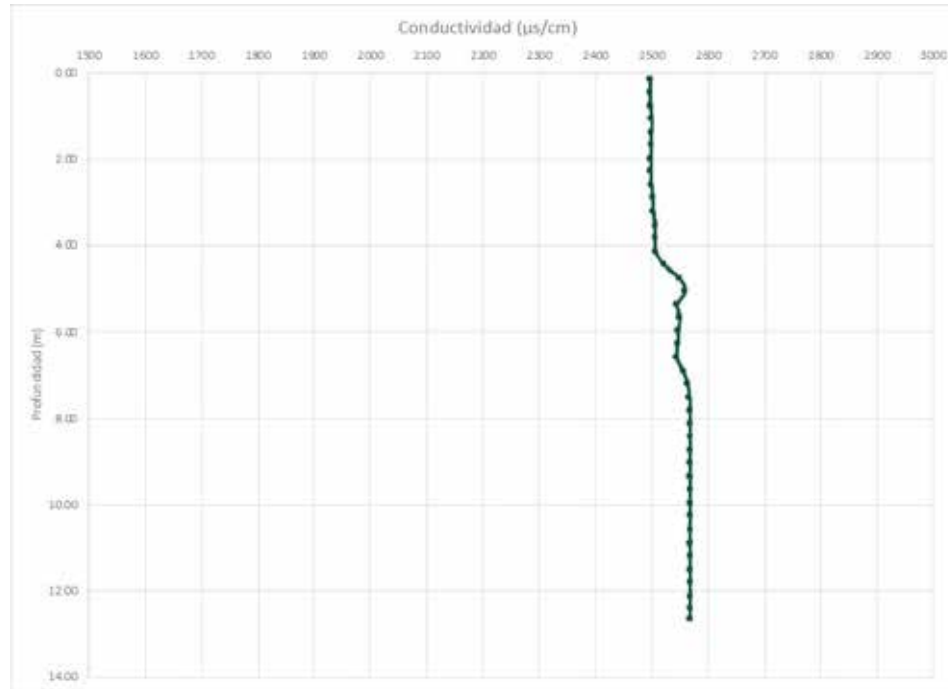


Figura 81. Perfil de conductividad cenote Jaguar.

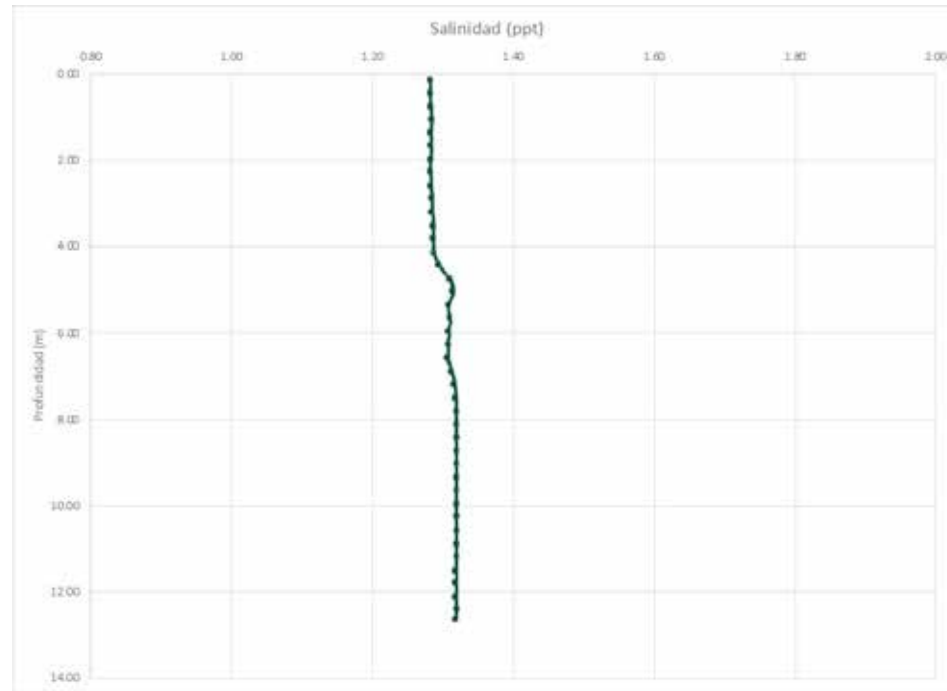


Figura 82. Perfil de salinidad cenote Jaguar.



2. Cenote Chan Pek

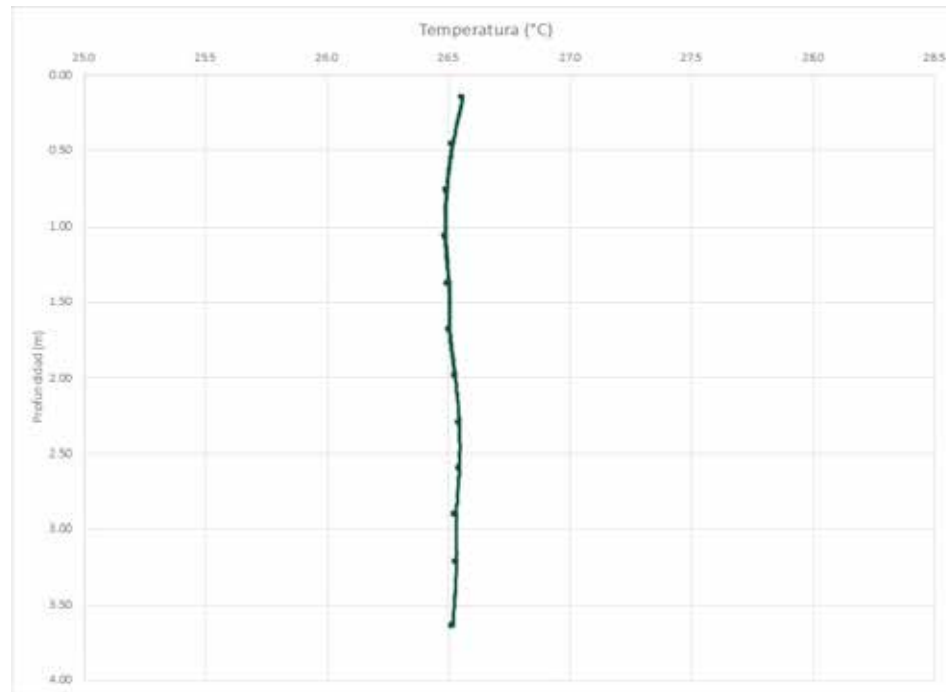


Figura 83. Perfil de temperatura cenote Chan Pek.

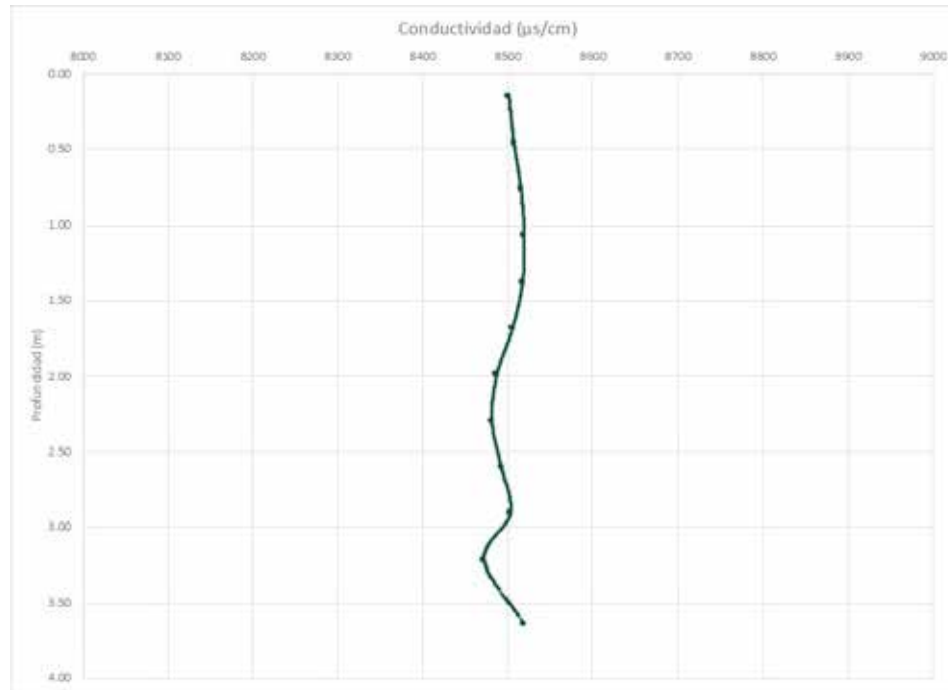


Figura 84. Perfil de conductividad cenote Chan Pek.



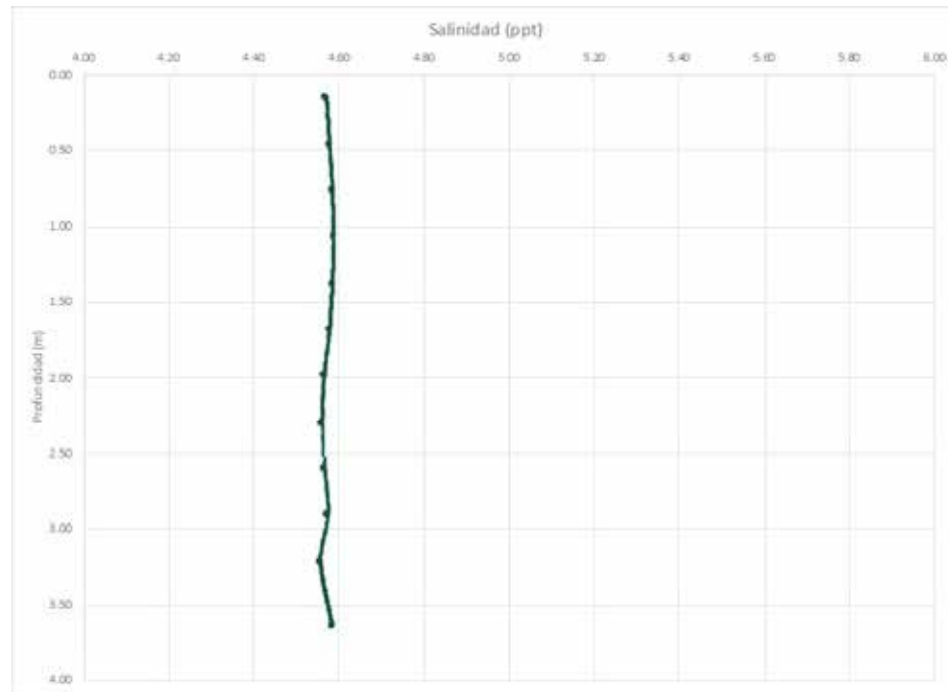


Figura 85. Perfil de salinidad cenote Chan Pek.

3. Cenote Tunich Ha

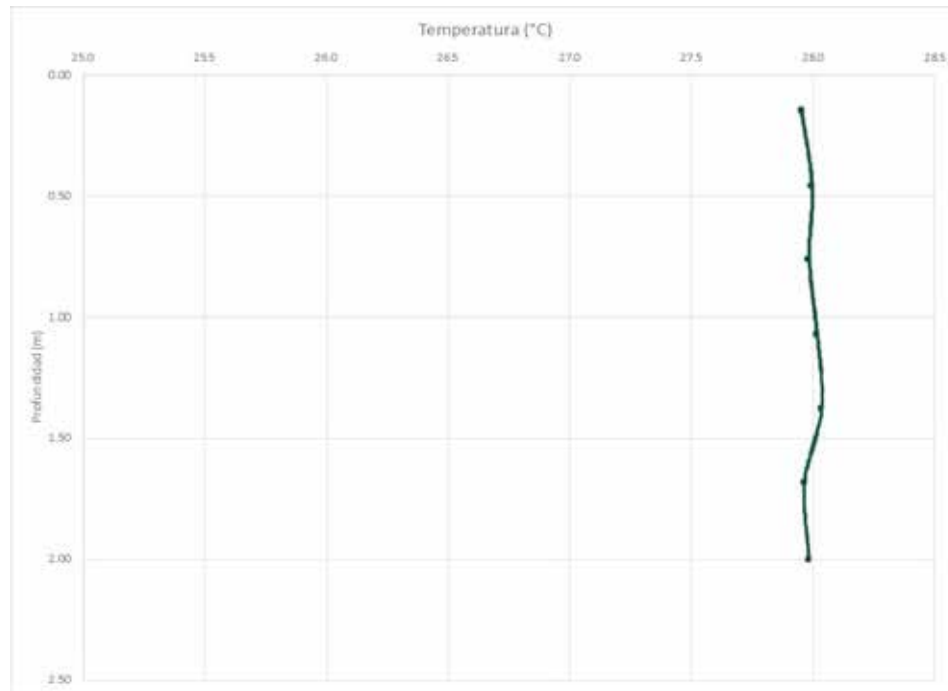


Figura 86. Perfil de temperatura cenote Tunich Ha.



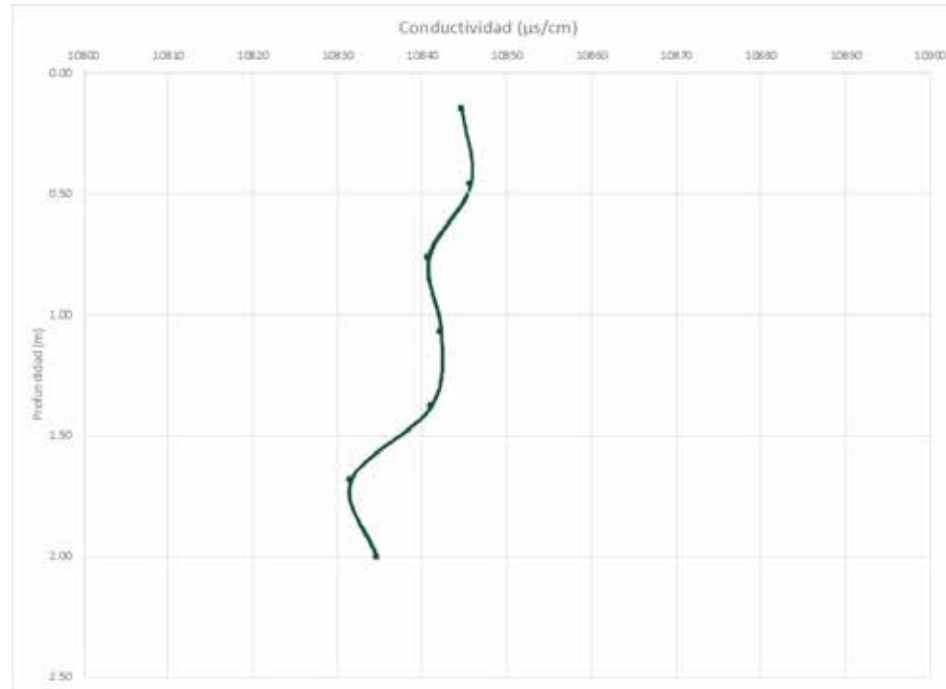


Figura 87. Perfil de conductividad cenote Tunich Ha.

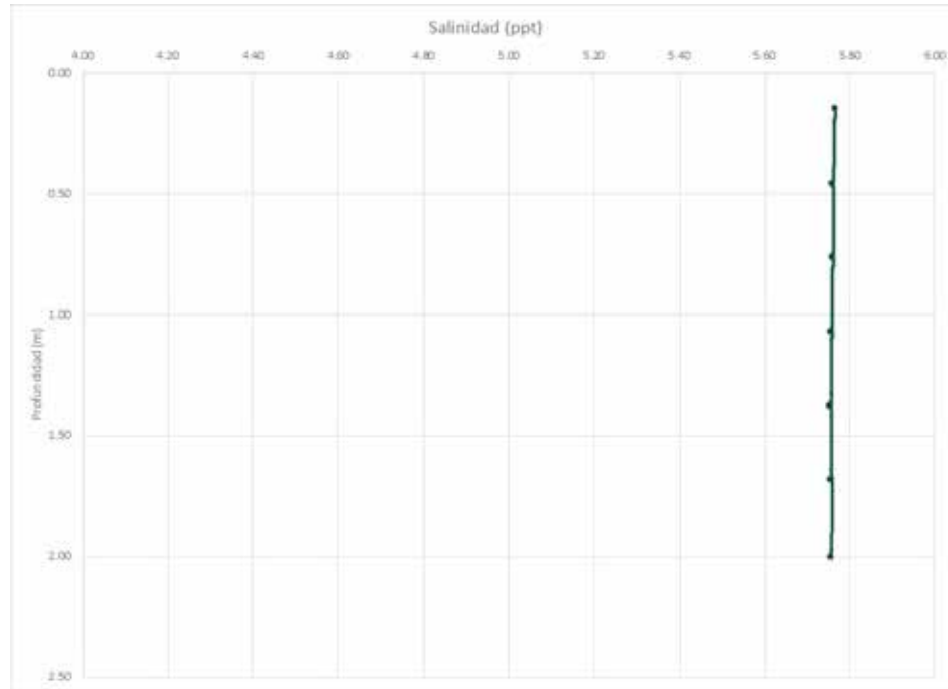


Figura 88. Perfil de salinidad cenote Tunich Ha.



4. Cenote Kraken

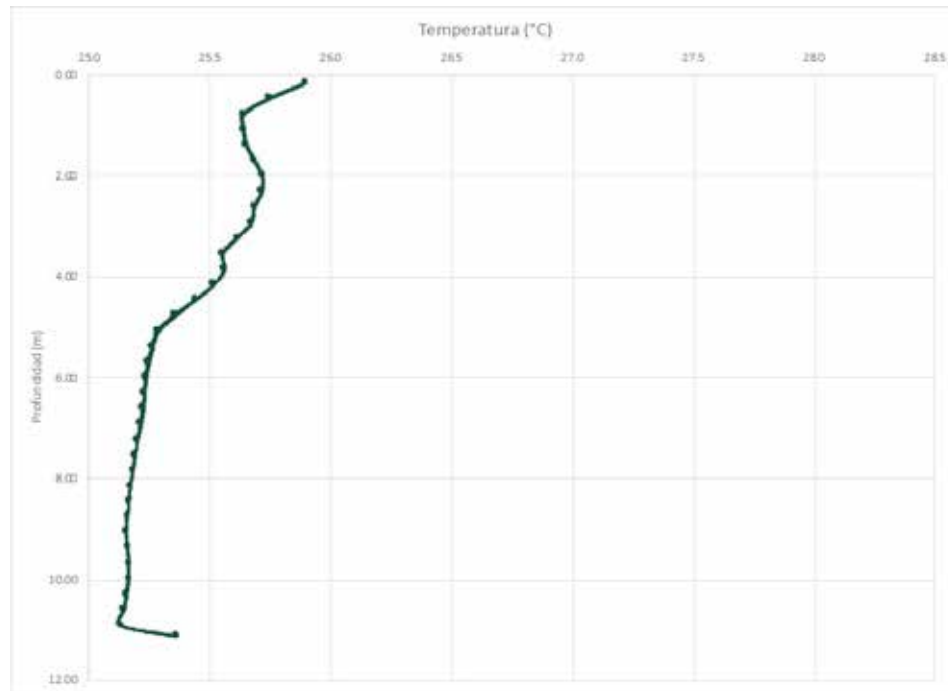


Figura 89. Perfil de temperatura cenote Kraken.

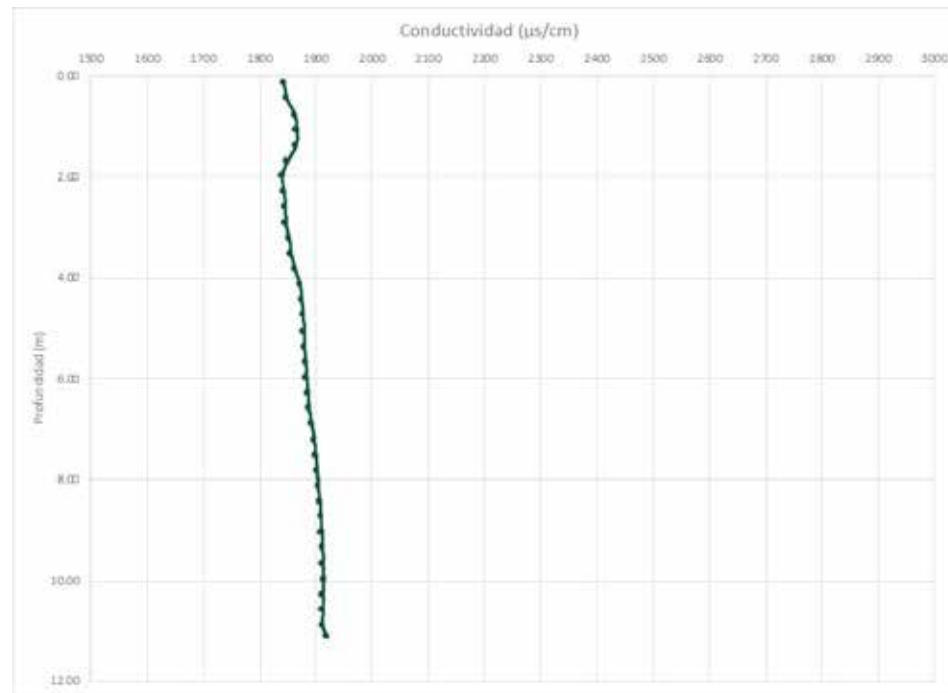


Figura 90. Perfil de conductividad cenote Kraken.

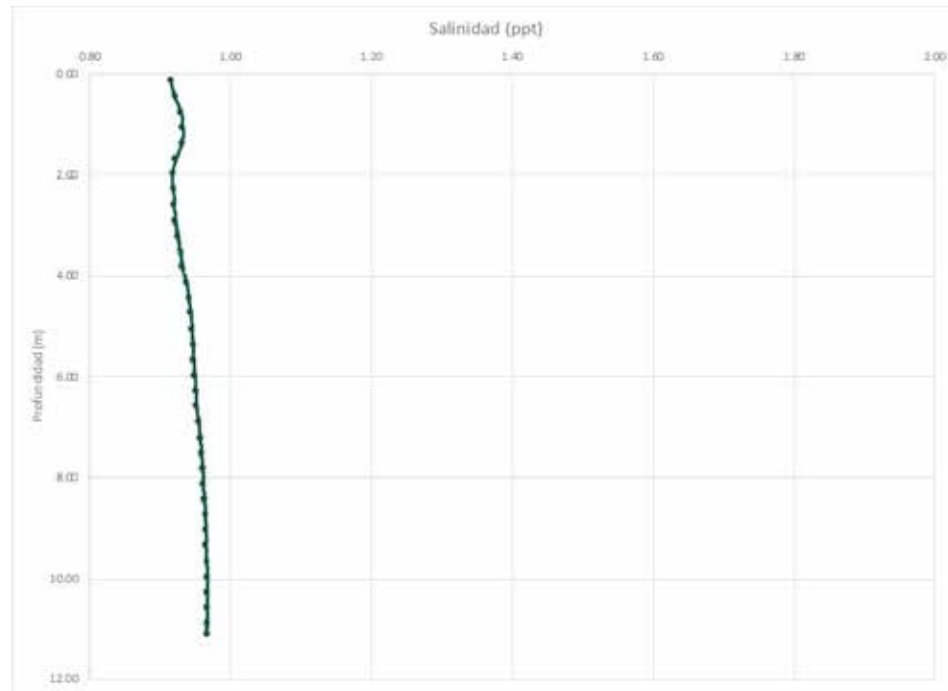


Figura 91. Perfil de salinidad cenote Kraken.

5. Cenote Aktunch Ha

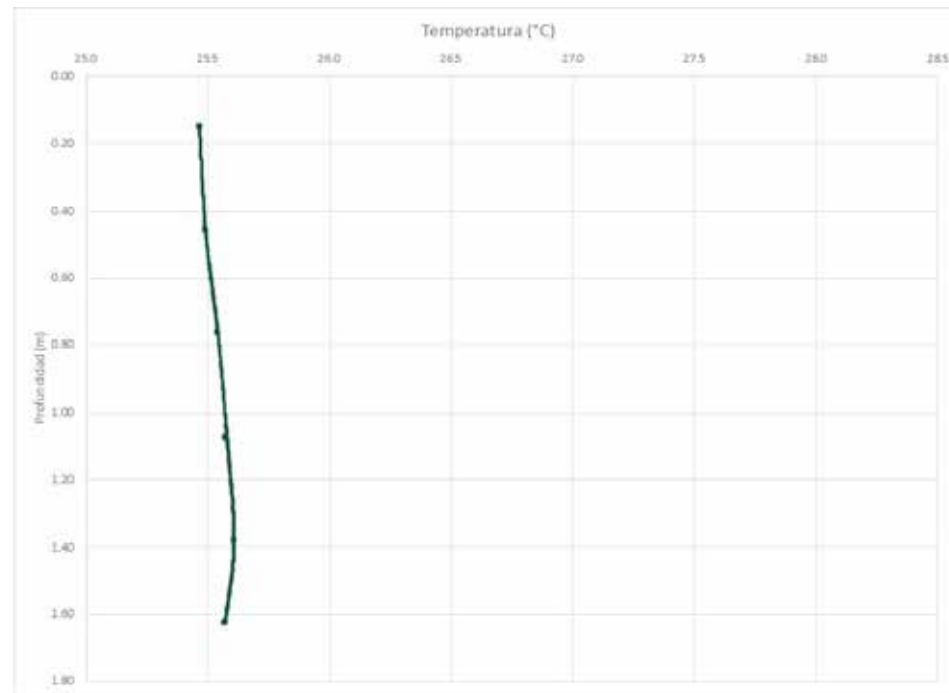


Figura 92. Perfil de temperatura cenote Aktunch Ha.



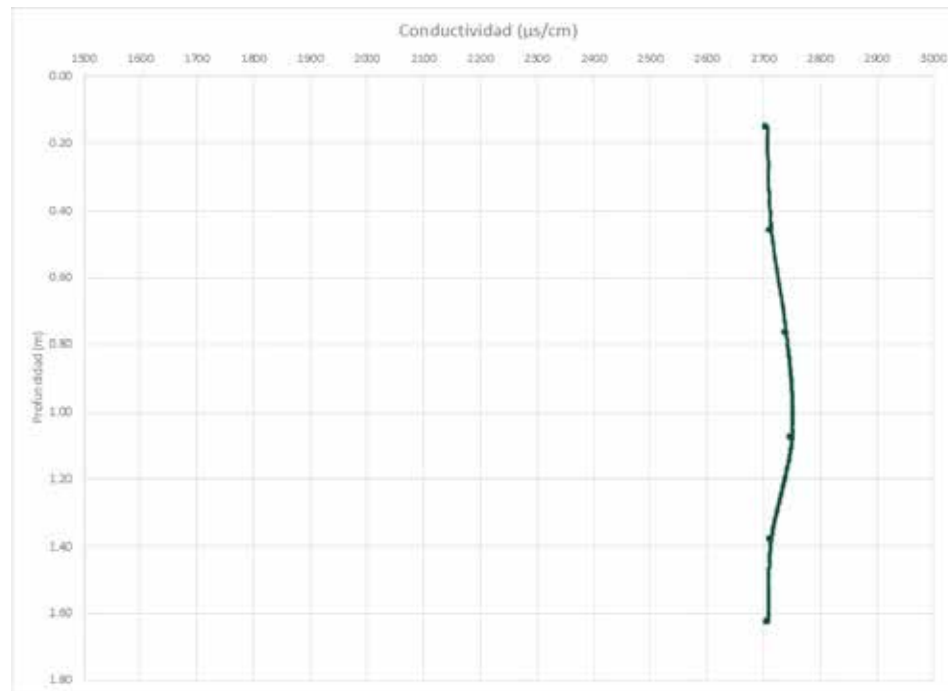


Figura 93. Perfil de conductividad cenote Aktunch Ha.

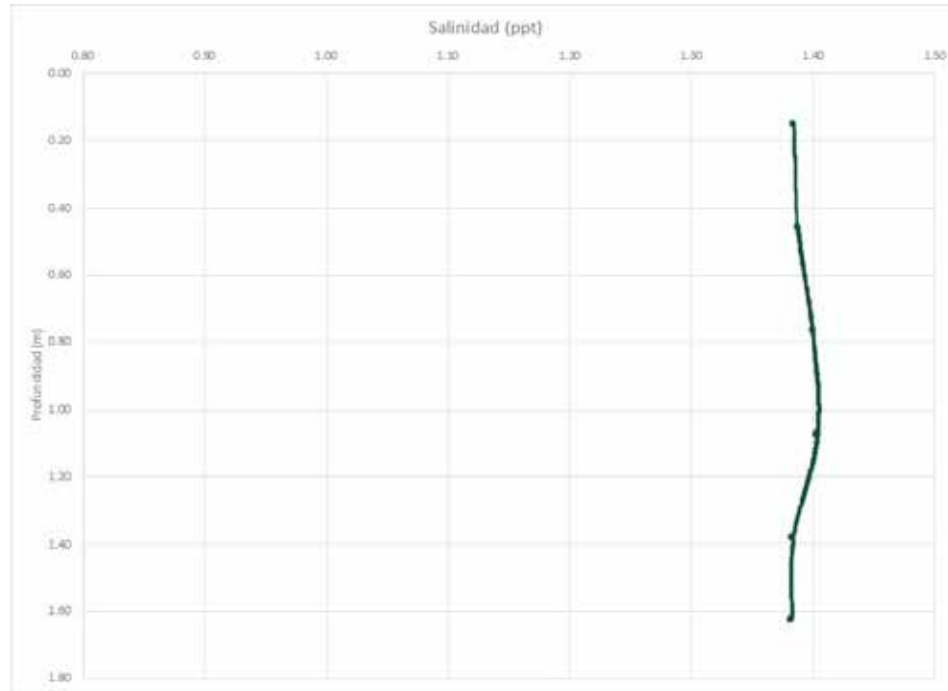


Figura 94. Perfil de salinidad cenote Aktunch Ha.



6. Cenote La Ardilla

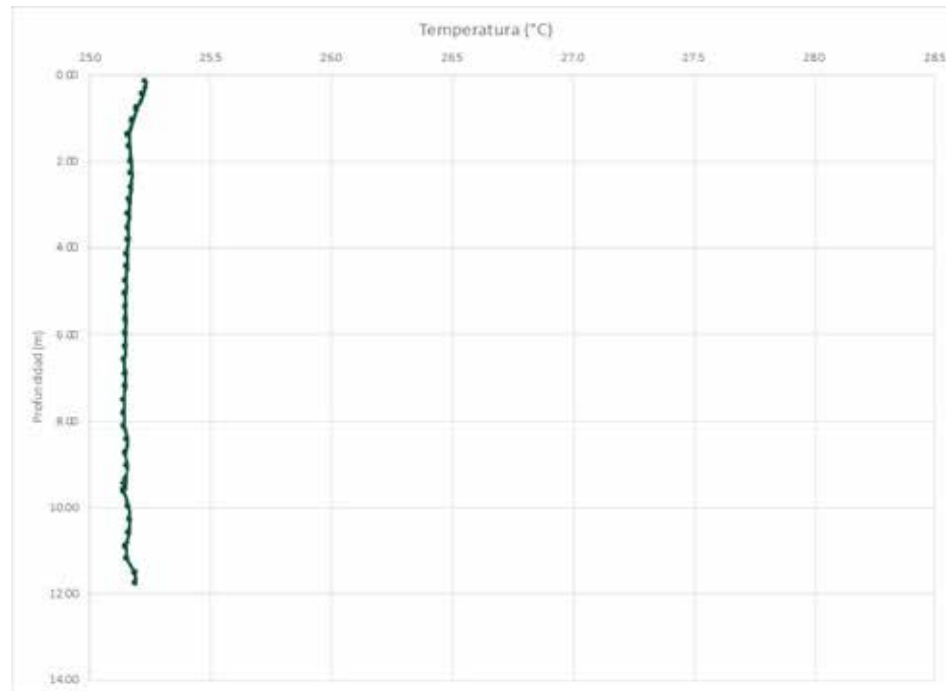


Figura 95. Perfil de temperatura cenote La Ardilla.

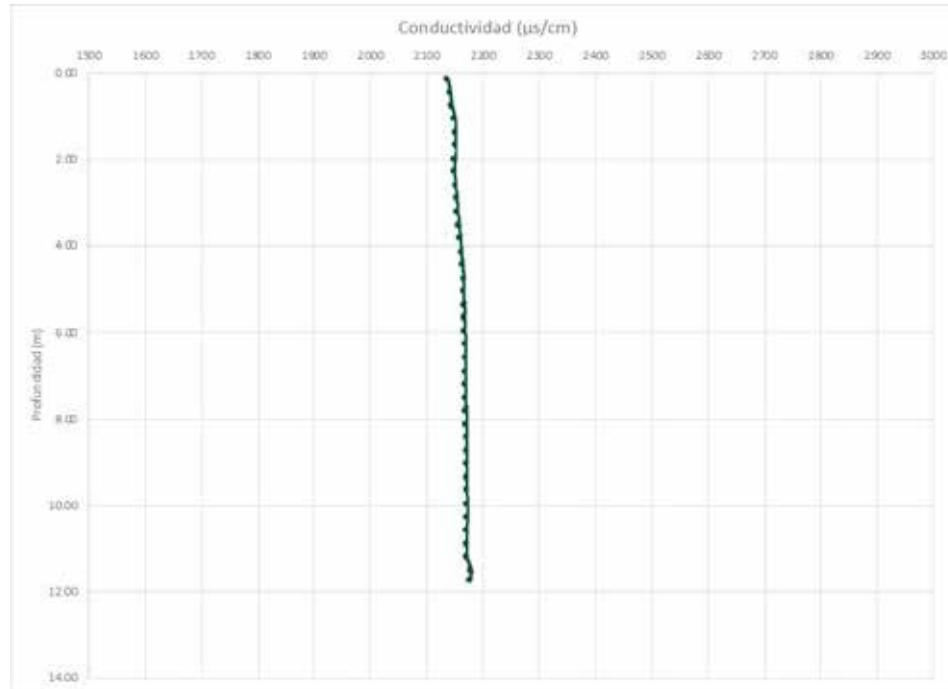


Figura 96. Perfil de conductividad cenote La Ardilla.

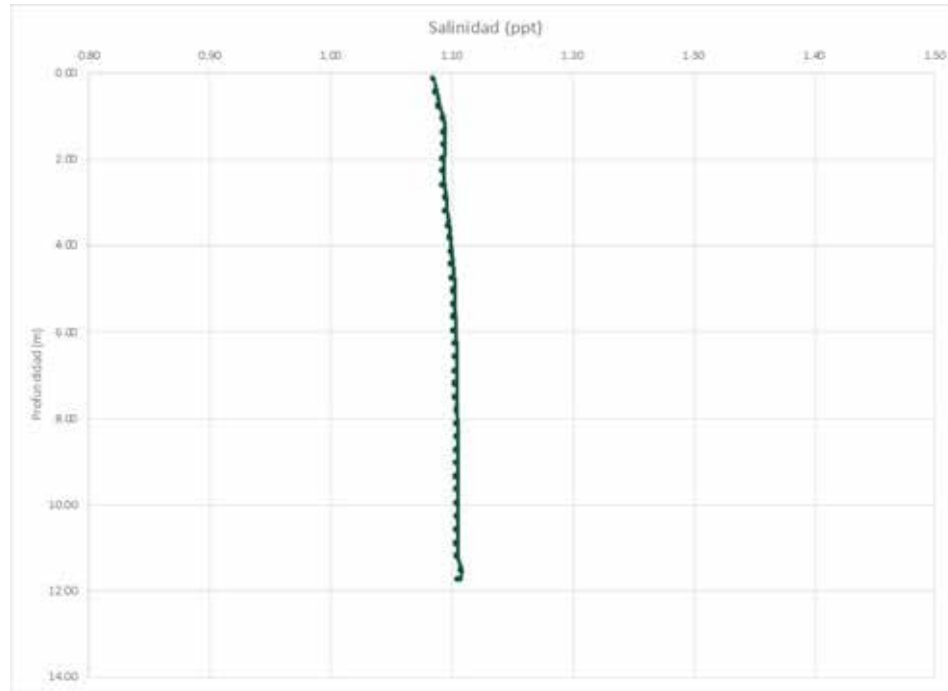


Figura 97. Perfil de salinidad cenote La Ardilla.

7. Cenote Maravillas

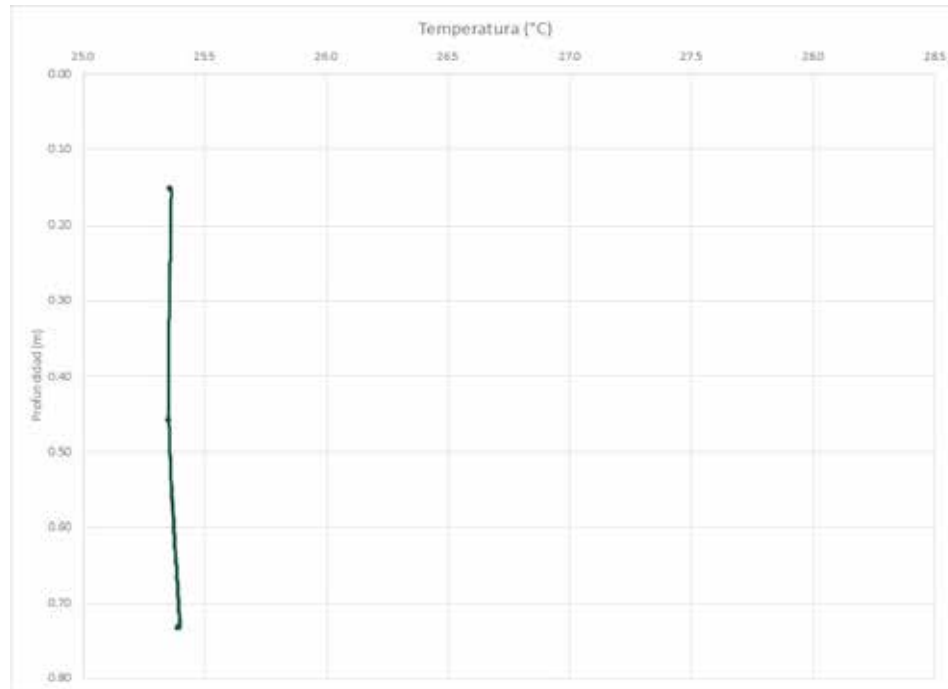


Figura 98. Perfil de temperatura cenote Maravillas.

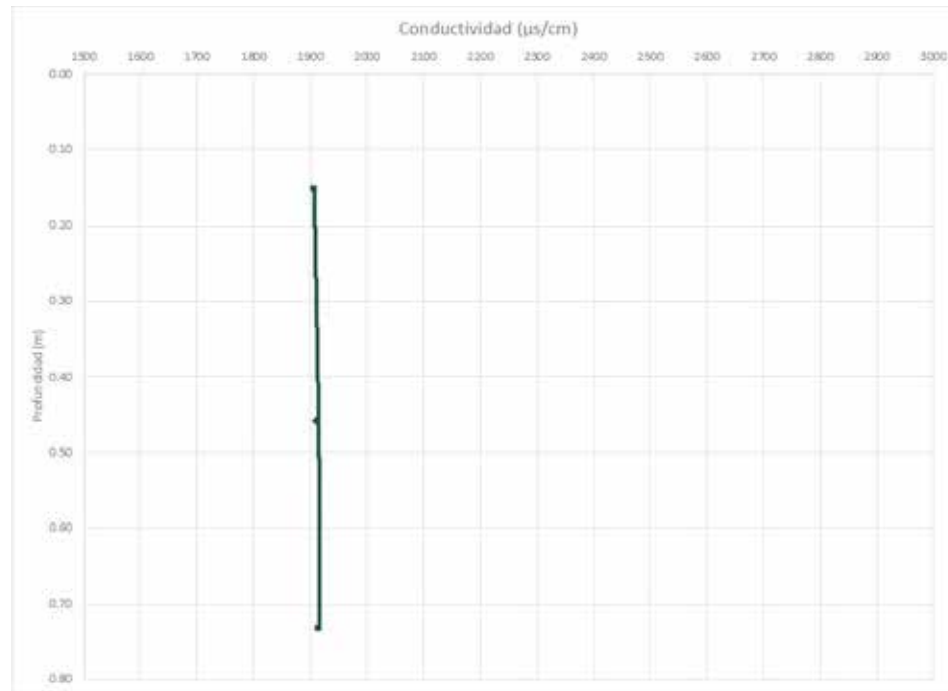


Figura 99. Perfil de conductividad cenote Maravillas.

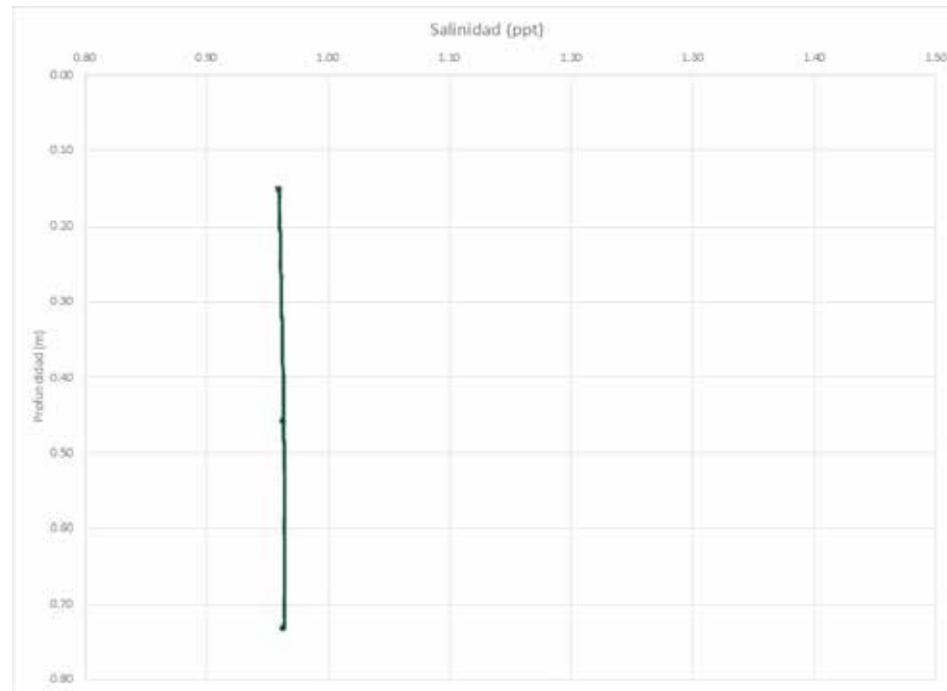


Figura 100. Perfil de salinidad cenote Maravillas.



8. Cenote Sinkhole

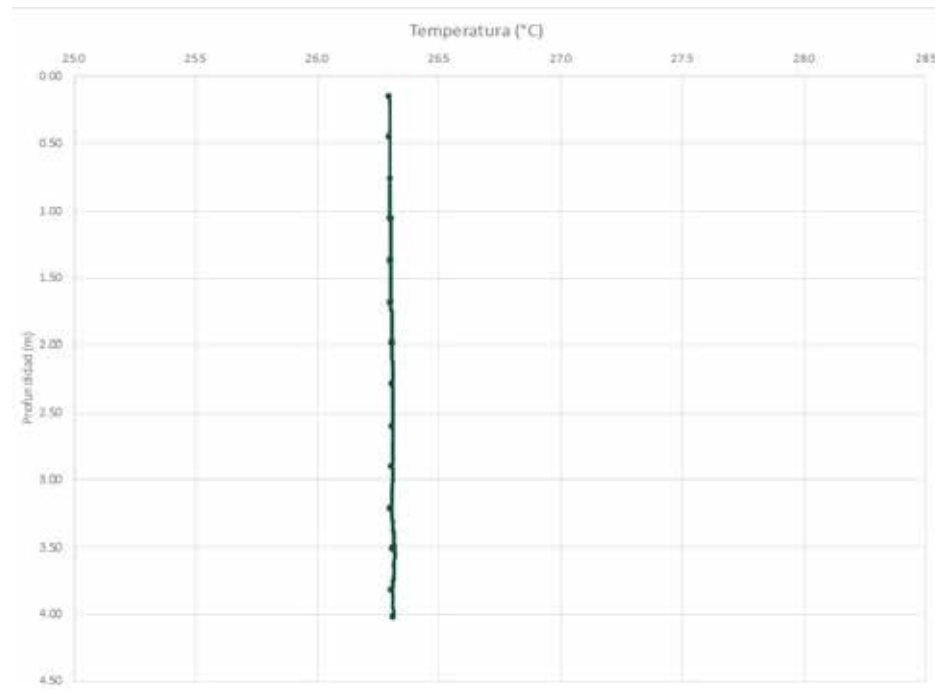


Figura 101. Perfil de temperatura cenote Sinkhole.

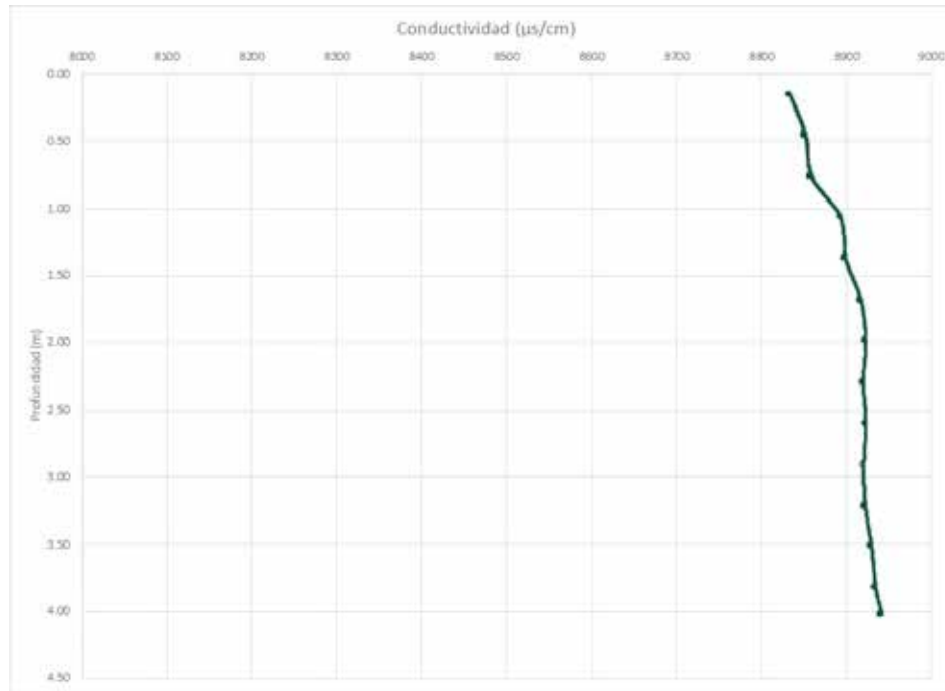


Figura 102. Perfil de conductividad cenote Sinkhole.



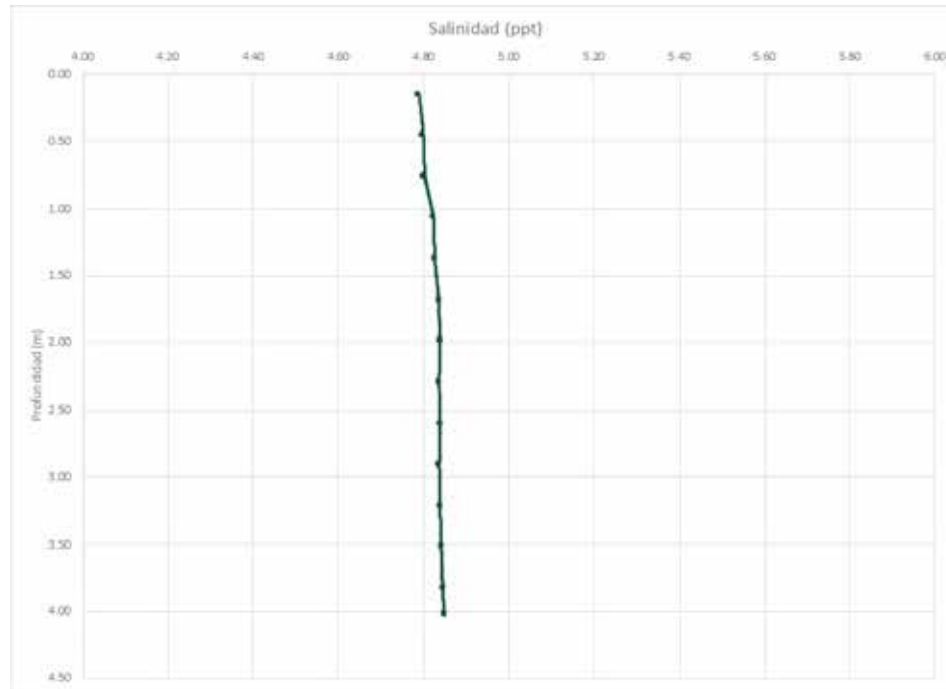


Figura 103. Perfil de salinidad cenote Sinkhole.

9. Cenote Yaakun

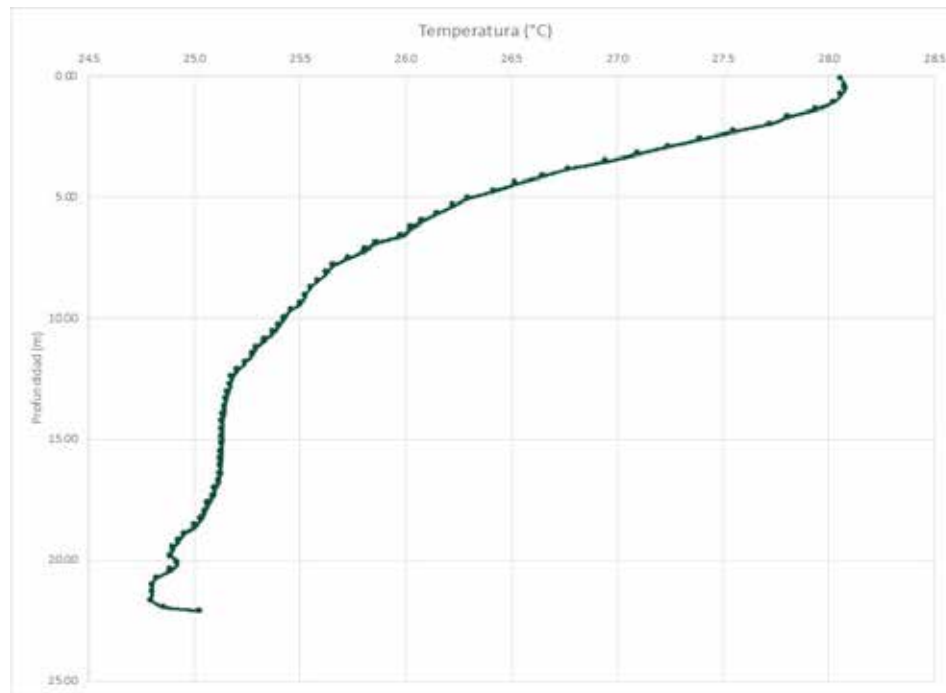


Figura 104. Perfil de temperatura cenote Yaakun.

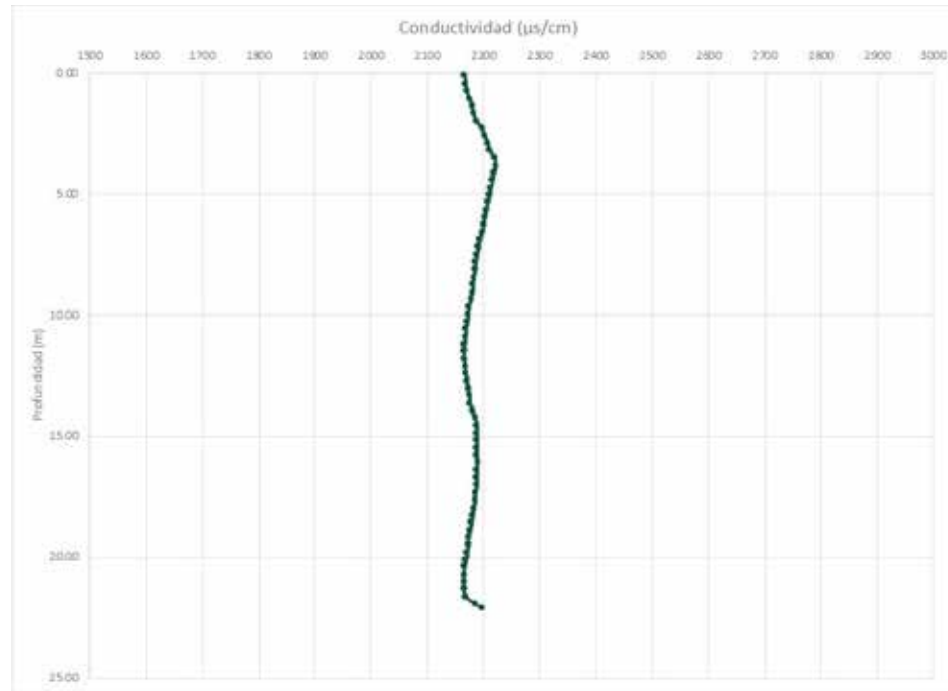


Figura 105. Perfil de conductividad cenote Yaakun.

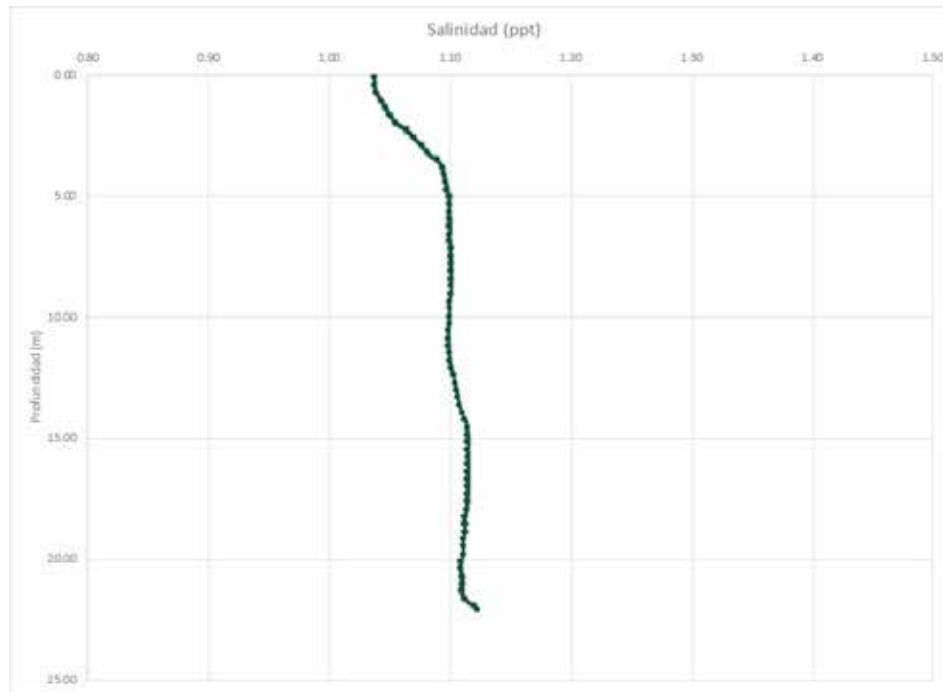


Figura 106. Perfil de salinidad cenote Yaakun.



10. Cenote Serpiente Grande

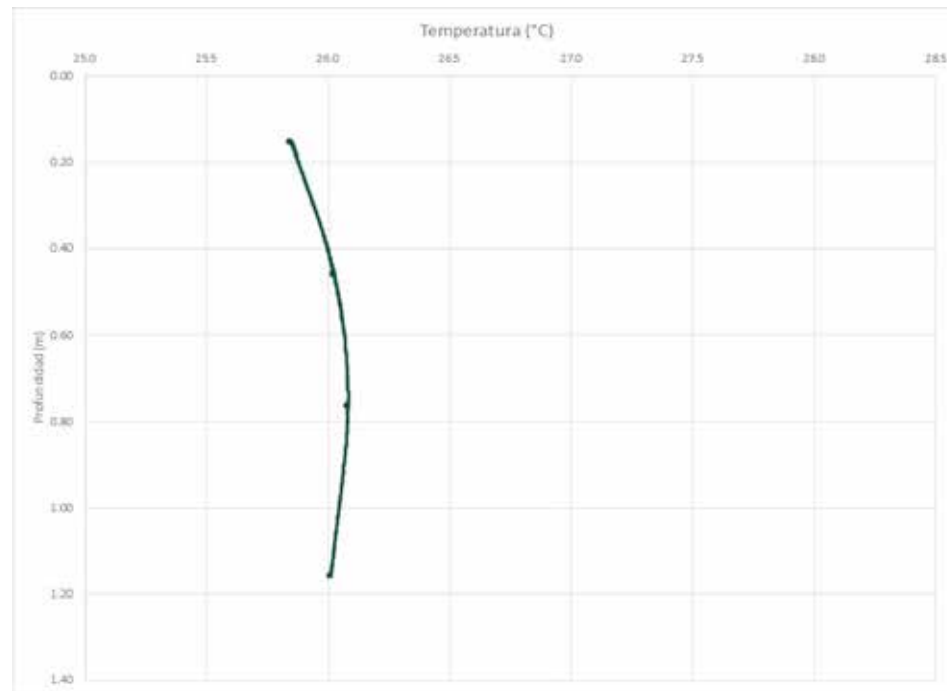


Figura 107. Perfil de temperatura cenote Serpiente Grande.

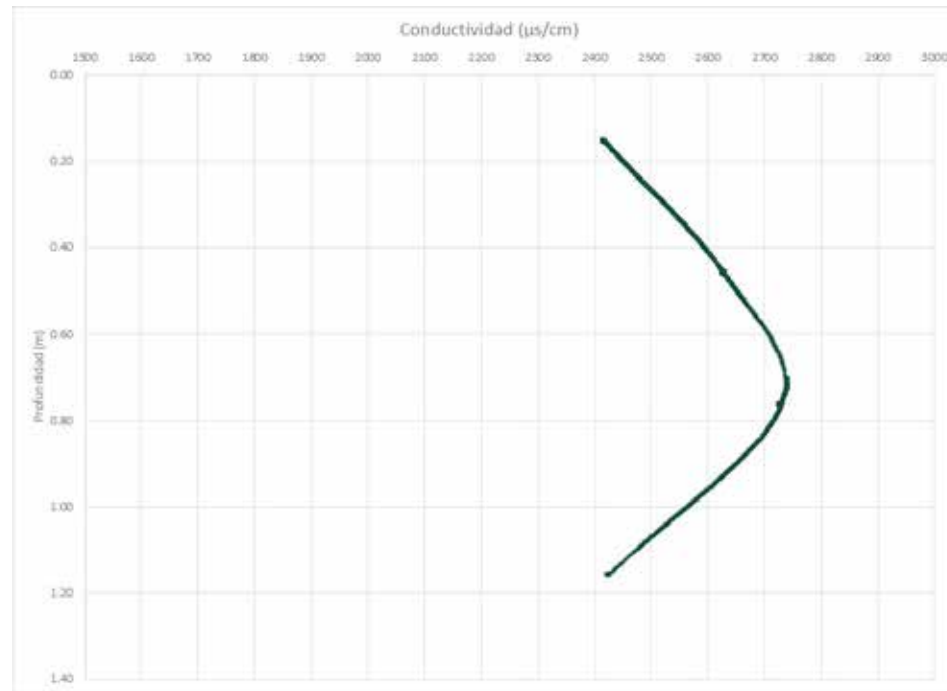


Figura 108. Perfil de conductividad cenote Serpiente Grande.



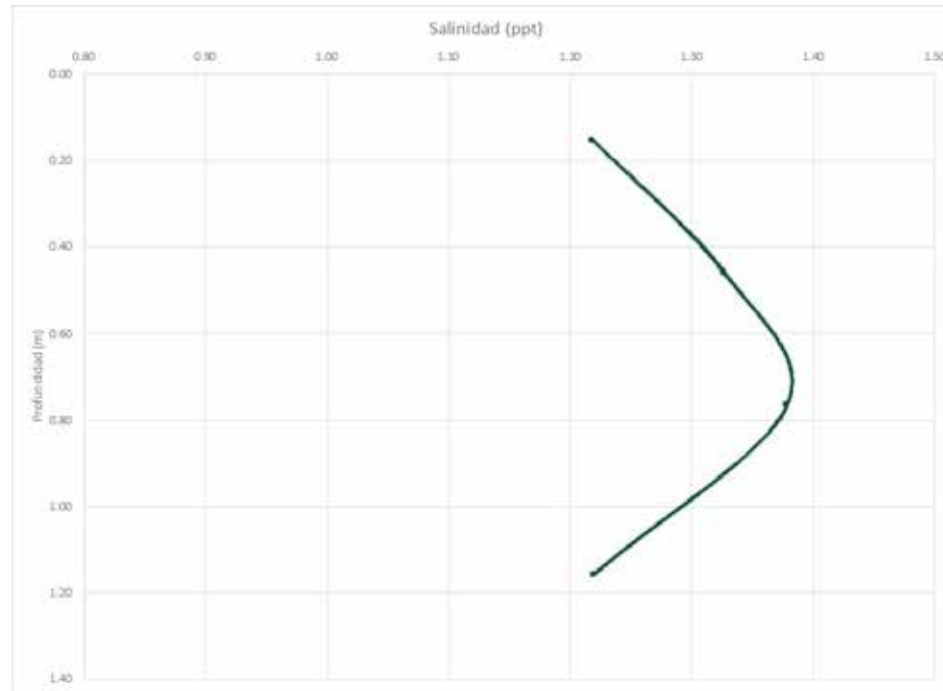


Figura 109. Perfil de salinidad cenote Serpiente Grande.



7. BIBLIOGRAFÍA



- Arce-Ibarra, A. M. y Armijo, C. N. 2011. Uso y manejo de los recursos naturales. En: Pozo, C. (ed). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México. pp. 112-114.
- Barrantes-Vásquez, A., L. Sánchez-Chaves, G. Hernández-Sánchez y W. Montero-Flores. 2018. Principales plantas de importancia alimenticia para la abeja nativa sin aguijón *Trigona fulviventris* (Guérin-Méneville) en Pocosol, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana* Kurú 16(38): 13-23.
- Beck BF, Stephenson JB, Zhou W, Smoot JL, Turpin AM. 1996. Design and evaluation of a cost-effective method to improve the water quality of highway runoff prior to discharge into sinkholes. In: *Proceedings of Florida Environmental Expo'96*. Longwood Environmental Management Inc., pp 155-164.
- Borchardt T S. Burchert, H Hablitzel, L Karbe & R Zeitner. 1988. Trace metal concentration in mussels: Comparison between estuarine, coastal, and offshore regions in the south-eastern North Sea from 1983 to 1986. *Marine Ecology*, 42 (1):17-31.
- Calderón-Mandujano, R. R. y Cedeño-Vázquez, J. R. 2011. Reptiles. En: Pozo, C. (Ed). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México. pp. 247-251.
- Calmé, S. 2011. Uso y manejo de la fauna silvestre. En: Pozo, C. (ed). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México. pp. 165-170.
- Calmus T., Valencia-Moreno M., Del Río-Salas R., Ochoa-Landín L., Mendivil-Quijada H. 2018. A multi-elemental study to establish the natural background and geochemical anomalies in rocks from the Sonora River upper basin, NW Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 35: 158—167.
- Calvo-Irabién, L. M. 2011. Uso de las palmas. En: Pozo, C. (ed). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México. pp. 151-156.
- Carnevali, F.-C. G., J. L. Tapia-Muñoz, R. Duno de Stefano y I. Ramírez, 2010. Flora ilustrada de la península de Yucatán: Listado Florístico. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Mérida.
- Cedeño-Vázquez, J. R. y R. R. Calderón-Mandujano. 2011. Anfibios. En: Pozo, C. (Ed). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México. pp. 242-246
- Chakraborty K. and Sudhakar S. 2014. The expansion and impact of cement manufacturing units and mining areas in Lumshnong, Jaintia hills, Meghalaya. *Current Science*, 106(7): 997-1000.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2017. Precios de productos forestales maderables. Coordinación General de Producción y Productividad. Trimestre III de 2017. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255083/Reporte_Trimestral_III_Julio_Septiembre_2017_SIPRE.pdf. Fecha de consulta: 15 de junio de 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2020. Diversidad natural y cultural. Maderable. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/maderable>. Fecha de consulta: 15 de junio de 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2020. México megadiverso. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html> Fecha de consulta: 16 de junio de 2022.





- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2020. Sistema de Información sobre especies Invasoras. Disponible desde: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras>. Fecha de consulta: 14 de junio de 2022. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2021. Peces. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gfamilia/22654/index> Fecha de consulta: 15 de junio de 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2021. Anfibios. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gfamilia/22654/index> Fecha de consulta: 15 de junio de 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2021. Aves de México. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/aves-de-mexico> Fecha de consulta: 16 de junio de 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2022. Base de Datos Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2022. Polinización. Disponible en: <https://biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesos/polinizacion/> Fecha de consulta: 15 de junio de 2022.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2022. Servicios Ambientales. Biodiversidad Mexicana. México. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/serviciosam> Fecha de consulta: 16 de junio de 2022.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2020. Datos vectoriales de la disponibilidad de cuencas en escala 1:250,000. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). México. Disponible en: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=cuencas>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2022. Normales Climatológicas por Estado-Quintana Roo. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=qroo>, con consulta realizada el 16 de junio de 2022.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2019. ¿Sabes cuánta agua consumes? Disponible en: <https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes>. Fecha de consulta: 22 de junio de 2022.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2022. Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida Área de Protección de Flora y Fauna Jaguar. Quintana Roo, México.
- Conesa, V. 1993. Auditorías Medioambientales: guía metodológica. España: Mundi-Prensa.
- Consortium for International Protected Areas Management (CIPAM) y Forest Service Department of Agriculture (USDA). 2009. Manual Rango de Oportunidades para Visitantes de Áreas Protegidas (ROVAP). International Institute of Tropical Forestry.
- Convention on International Trade in Endangered Species (CITES). 2022. Décimo séptima reunión de la Conferencia de las Partes Colombo (Sri Lanka), 23 de mayo – 3 de junio de 2019. Disponible en: https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/18/prop/020119_d/S-CoP18-Prop_draft-Ctenosaura-spp.pdf. Fecha de consulta: 16 de junio de 2022.
- Correa, S. J. y B. MacKinnon. 2011. Aves. En: Pozo, C. (Ed). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México. pp. 252-266.
- Dirección General de Repositorios Universitarios (DGRU). 2022. Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones Universitarias, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <https://datosabiertos.unam.mx/> Fecha de consulta: 13 de junio de 2022.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2021. ACUERDO número ACDO.AS3. HCT.251121/301.P.DF dictado por el H. Consejo Técnico, en sesión ordinaria de 25 de noviembre de 2021, relativo a la Aprobación de los Costos Unitarios por Nivel de Atención Médica actualizados al año 2022. Disponible



- en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639077&fecha=22/12/2021
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1980. Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 Aguas Residuales. Muestreo.
 - Diario Oficial de la Federación (DOF). 2013. Norma Mexicana NMX-AA-007-SCFI-2013 Análisis de agua – Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales Y residuales tratadas - Método de prueba.
 - Diario Oficial de la Federación (DOF). 2016. Norma Mexicana NMX-AA-008-SCFI-2016 Análisis de agua.- Medición del ph en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.- Método de prueba.
 - Diario Oficial de la Federación (DOF). 2018. Norma Mexicana NMX-AA-093-SCFI-2018, Análisis de agua, medición de la conductividad eléctrica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.-Método de prueba.
 - Diario Oficial de la Federación (DOF). 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSAI-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Fecha de publicación: 02 de marzo de 2007.
 - Diario Oficial de la Federación (DOF). 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. Publicada el 30 de diciembre de 2010.
 - Diario Oficial de la Federación (DOF). 2019. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la 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. Publicada el 30 de diciembre de 2010.
 - Dirzo, R., H.S. Young, M. Galetti, G. Ceballos, N.J.B. Isaac y B. Collen. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345 (6195): 401-406.
 - Duno, de S. R., I. Ramírez, J. L. Tapia-Muñoz, S. Hernández-Aguilar, L. Lorena, W. Cetzal-Ix, N. Méndez-Jinénez, P. Zamora-Crescencio, C. Gutiérrez-Báez y G. Carnevali. 2018. Aspectos generales de la flora vascular de la península de Yucatán Mexicana. *Botanical Sciences* 96(3): 515-532.
 - Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de peces en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S450-S459.
 - Favas PJC, Martino LE, Prasad MNV. 2018. Chapter 1 - Abandoned mine land reclamation—challenges and opportunities (holistic approach). *Bio-geotechnologies for mine site rehabilitation*. Elsevier.
 - Flores-Villela, O. y U. O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S467-S475.
 - FORBES. 2021. Cáncer y tumores alcanzan costo promedio de atención por 2.6 mdp: AMIS. Obtenido de: <https://www.forbes.com.mx/noticias-cancer-y-tumores-costo-promedio-de-atencionpor-2-6-mdp-amis/>
 - Frost, D. R. 2021. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1 (Date of access). American Museum of Natural History, New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001 Disponible en: <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. Fecha de consulta: 13 de junio de 2022.
 - Ganapathi, H., & Phukan, M. 2020. Environmental Hazards of Limestone Mining and Adaptive Practices for Environment Management Plan. En R. M. Singh, P. Shukla, & P. Singh (Eds.), *Environmental Processes and Management* (Vol. 91, pp. 121-134). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38152-3_8
 - García-Salgado, M., Camarena, T., Gold, G., Vásquez, G., Nava, G., Alarcón, G. y Ceja, V. 2006. Baseline of the status of the Mesoamerican Barrier Reef Systems. Results of synoptic monitoring from 2004 and 2005, vol. 1. MBRS Technical Document Núm. 18





- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2022. Disponible en: <https://www.gbif.org/es/>. Fecha de consulta: 14 de junio de 2022. México.
- González Herrera, R. A., Albornoz Euán, B. S. I., Sánchez y Pinto, I. A., & Osorio Rodríguez, J. H. 2018. El acuífero yucateco. Análisis del riesgo de contaminación con apoyo de un sistema de información geográfica. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(4), 667-683.
- Granados-Sánchez, D., F. López-Ríos, M. Hernández-García. 2007. *Ecología y silvicultura en bosques templados*. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v13n1/2007-4018-rcscfa-13-01-67.pdf>. Fecha de consulta: 15 de junio de 2022.
- Gupta S. D., Tiwari B. K. and Tripathi R. S. 2002. Coal Mining in Jaintia Hills, Meghalaya: An Ecological Perspective. In: *Jaintia Hills, a Meghalaya Tribe: Its Environment, Land and People*. (Eds. P. M. Passah and A. S. Sarma), Reliance Publishing House, New Delhi, 121-128.
- Guevara-Sanginés E, Pérez-Rojas D, Nevárez-Sida A, Aceves MA, Barrón-Tapia MT, Abaroa-Cantú FJ, Ancona-Castro C, García-Salazar MR, Hernández-Rodríguez JM, García-Contreras F, Estrada-Aguilar LG. Costo anual de la atención médica de pacientes con dermatitis atópica moderada a grave en México. *Estudio multicéntrico*. *Rev Alerg Mex*. 2020;67(1):9-18
- Hernández-Ramírez, A. M. y S. García-Méndez. 2015. Diversidad, estructura y regeneración de la selva tropical estacionalmente seca de la península de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical* 63 (3): 603-616.
- Hobbs, S. L. & J. Gunn. 1998. The hydrogeological effect of quarrying karstified limestone: Options for prediction and mitigation. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology* 31(2): 147-157. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1998.031.P2.10>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2015. Nota técnica sobre el Análisis Costo Beneficio de las Medidas del Proyecto de Adaptación de Humedales Costeros del Golfo de México - Reforestación de manglar.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2018. Valoración económica de servicios ecosistémicos y propuesta de costo de oportunidad para un Pago por Servicios Ambientales de las cuencas abastecedoras a Puerto Vallarta, Jalisco. México. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428628/Valoraci_n_Puerto_Vallarta-Publicaci_n_final_comprimido.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Instituto de Recursos Mundiales, Fundación Mexicana para el Océano y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e (INECC, WRI, TOF, SEMARNAT). *Adaptación Basada en Ecosistemas Costeros, cuenca baja del municipio de Tuxpan, Veracruz y Celestún, Yucatán*. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/articulos/colaboraciones-con-el-instituto-nacional-de-ecologia-y-cambio-climatico-288437>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2001. Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiografías. Escala. 1:1,000,000. Edición 2001. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Estudio de información integrada del acuífero cárstico península de Yucatán. Disponible en https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_es-truc/702825086886_1.pdf [Junio 2022].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2019. Carta Topográfica F16C69 Playa del Carmen 1: 50,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Censo de población y vivienda 2020. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados>. Fecha de consulta: 15 de junio de 2022.



- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Conjunto de datos espaciales Red Nacional de Caminos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2021. Banco de indicadores. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?t=18&ag=23009#D18> Fecha de consulta: 06 de abril de 2022
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2021. Marco Geoestadístico, diciembre 2021. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#Descargas> Fecha de consulta: 22 de marzo de 2022.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2022. On-line database. Disponible en: www.itis.gov Fecha de consulta: 14 de junio de 2022.
- International Union for Conservation of Nature's (IUCN). 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org> Fecha de consulta: 14 de junio de 2022.
- Jammal, S. E. 1986. The Winter Park sinkhole and Central Florida sinkhole type subsidence. IAHS-AISH publication, (151), 585-594.
- Jara, J., E. Azziz-Baumgartner, T. Leon, K. Luciani, Y. Brizuela, D. Estripeaut, J. Castillo, A. Barahona, M. Corro, R. Cazares, O. Vergara, R. Rauda, R. Rodríguez, D. Franco, M. Widdowson, C. Wilfrido, J. Alvis-Estrada, C. Murray, I. Ortega-Sanchez, F. Dawood. 2019. Costs associated with acute respiratory illness and select virus infections in hospitalized children, El Salvador and Panama, 2012-2013. *Journal of Infection*. 79. 10.1016/j.jinf.2019.05.021.
- Kresic, N., P. Papicy R. Golubovic. 1992. Elements of groundwater protection in a karst environment. *Environmental Geology and Water Sciences* 20(3): 157-164. <https://doi.org/10.1007/BF01706159>
- Lamare R. E. and Singh O. P. 2014. Degradation in water quality due to limestone mining in East Jaintia Hills, Meghalaya, India. *International Research Journal of Environmental Science*, 3(5): 13-20.
- Lamare R. E. and Singh O. P. 2015. Localised effect of artisanal and small-scale mining of limestone mining on water quality in Meghalaya, India. *Pollution Research*, 34(2): 321-329.
- Lamare R. E. and Singh O. P. 2016. Application of CCME Water Quality Index in evaluating the water quality status in limestone mining area of Meghalaya, India. *The Ecoscan*, 10(1&2):149-154.
- Lamare R. E. and Singh O. P. 2016. Seasonal variation in water quality of Lukha River, Meghalaya, India. *Current World Environment*, 11(1): 101-113.
- Lamare, R. E. y P. O. Singh. 2017. Limestone mining and its environmental implications in Meghalaya, India. *Bulletin Himalayan Ecology* 24: 87-100.
- Langer, W. H. 2001. Potential Environmental Impacts of Quarrying Stone in Karst—A Literature Review (Open-File Report) [Open-File Report OF-01-0484].
- Lehigh, H. 2022. Hoja de Datos de Seguridad Caliza. Disponible en: https://www.lehighhanson.com/docs/default-source/safety-data-sheets/sp_limestone_caliza.pdf?sfvrsn=ad698271_4
- Lele N. and Joshi P. K. 2009. Analyzing deforestation rates, spatial forest cover Changes and identifying critical areas of forest cover changes in North-East India during 1972-1999. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156:159-170.
- Manwar, V. D., B. B. Mandal y A. K. Pal. 2016. Environmental Propagation of Noise in Mines and Nearby Villages: A Study Through Noise Mapping. *Noise & Health*, 18(83), 185-193. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.189246>
- Meléndez, R. V., R. Ayala y G. H. Delfín. 2014. Abejas como bioindicadores de perturbaciones en los ecosistemas y el ambiente.





- En: González-Zuarth, C. A., A. Vallarino, J. C. Pérez-Jiménez y A. M. Low-Pfeng (Eds.). Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y El Colegio de la Frontera Sur. México. pp. 349-372.
- Myllemngap B. K. and Ramanujam S. N. 2011. Ichthyodiversity in the Coal Mining and adjacent Non-Coal Mining Drainages of Jaintia Hills, India. *Asian Fisheries Science*, 24: 177-185.
 - NMX-AA-003-1980 AGUAS RESIDUALES.- MUESTREO.
 - NMX-AA-007-SCFI-2013 ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA.
 - NMX-AA-008-SCFI-2016 ANÁLISIS DE AGUA.- MEDICIÓN DEL pH EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.- MÉTODO DE PRUEBA.
 - NMX-AA-093-SCFI-2018, ANÁLISIS DE AGUA, MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS.- MÉTODO DE PRUEBA.
 - Nikon. 2022. Category sport optics laser range finder. 2022, de Nikon Sitio web: https://www.nikon.es/es_ES/products/category_pages/sport_optics/category_sport_optics_laser_range_finder.page.
 - Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S460-S466.
 - Pozo, C., N. Armijo y S. Calmé (Eds.). 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD). México
 - Pulido, S. M. T. y J. Caballero. 2011. Uso de la palma de huano. En: Pozo, C. (ed). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México. pp. 157-160.
 - Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruíz, A. L. Gardner y J. Arroyo-Cabrales. 2014. List of recent land mammals of Mexico. Special Publications. Museum of Texas Tech University. 1-69.
 - SAC-TUN. 2021. SAC-TUN Informe de sustentabilidad 2020. SAC-TUN.
 - Sarma K. and Kushwaha S. P. S. 2005. Coal mining impact on land use/land cover in Jaintia Hills district of Meghalaya, India using Remote Sensing and GIS Technique, 114, (www.itc.nl/library/papers_2005/msc/ereg/sarma.pdf).
 - Sarma K., Kushwaha S. P. S. and Singh K. J. 2010. Impact of coal mining on plant diversity and tree population structure in Jaintia Hills district of Meghalaya, Northeast India. *New York Science Journal*, 3(9): 79-85.
 - Schmitter-Soto, J. J. 2020. La ictiofauna cenotícola (peces de cenote) más relevante de la península de Yucatán. *Bioagrobiología* 13(1): 9-21
 - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México (SADER-SEMARNAT). 2021. Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP).
 - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2021. Servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/servicios-ambientales-o-ecosistemas-esenciales-para-la-vida?idiom=es> Fecha de consulta: 16 de junio de 2022.
 - Secretaría de Turismo (SEDETUR). 2018. Perfil y comportamiento del turista Riviera Maya enero-marzo de 2018. Disponible en: <http://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/pturistas/2018/TURISTA%20PLAYA%20DEL%20CARMEN%20%20ENE-MZO%202018.pdf> Fecha de consulta: 16 de junio de 2022.





- Sharma, A., & Ram, S. 2014. Mining Effects On Forest Area of Mussoorie Division. 2(07), 7.
- Solgi, E., Parmah, J., 2015. Analysis and assessment of nickel and chromium pollution in soils around Baghejar chromite mine of sabzevar Ophiolite belt, Northeastern Iran. T. Nonferr. Metal. Soc. 25 (7), 2380–2387.
- Somendro T. and Singh O. P. 2015. Analysis of land use/land covers dynamics using Remote Sensing and GIS Techniques: a case of Jaintia Hills, Meghalaya. International Journal Current Research, 7(1): 11873-11879.
- Sosa-Escalante, J. E., J. M. Pech-Canché, M. C. MacSwiney y S. Hernández-Betancourt. 2013. Mamíferos terrestres de la península de Yucatán, México: riqueza, endemismo y riesgo. Revista Mexicana de Biodiversidad 84(3): 1-21.
- Srbek-Araujo, A.C., A. Pignaton, L. Jardim y J.J. Roper. 2017. Defaunation as a trigger for the additional loss of plant species in fragmented landscapes: considerations on the state of Espírito Santo, southeastern Brazil. Rodriguésia 68(5): 2001-2017.
- Swer S. and Singh O. P. 2003. Status of Water quality in coal mining areas of Meghalaya, India. In: Proceeding of National Seminar on Environmental Engineering with special reference on Mining Environment, Indian Institute of Mines, Dhanbad 1-9.
- Swer S. and Singh, O. P. 2004. Coal mining impacting water quality and aquatic biodiversity in Jaintia Hills district of Meghalaya. ENVIS Bulletin- Himalayan Ecology, 11(2): 29-36.
- Tropicos v3.3.2. 2022. Missouri Botanical Garden. Disponible en: <https://tropicos.org> Fecha de consulta: 14 junio de 2022.
- Uetz, P., P. Freed y J. Hošek. 2021. The reptile database. Disponible en: www.reptile-database.org. Fecha de consulta: 16 de junio de 2022.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM-DGCS). 2020. Urge reglamentar actividades humanas para proteger recursos naturales de Yucatán. disponible en: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020_617.html
- Valdez-Hernández, M. 2011. Uso y manejo de bejucos. En: Pozo, C. (ed). Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo 2. El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones. México. pp. 161-164.
- Waltham, T., Bell, F. G., Culshaw, M. G., Knez, M., & Slabe, T. 2005. Sinkholes and subsidence: karst and cavernous rocks in engineering and construction (Vol. 382). Berlin: Springer.
- Wilson, D.E. y D.M. Reeder (eds.). 2005. Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed), Johns Hopkins University Press, 2,142 pp.
- World Bank. 2017. IMPLEMENTATION COMPLETION AND RESULTS REPORT (TF-96681). Obtenido de: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/973851493918251343/pdf/ICR-Main-Document-PI00438-2017-04-28-18-45-05012017.pdf>
- WoRMS Editorial Board. 2022. World Register of Marine Species. Disponible en: <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Fecha de consulta: 16 de junio de 2022.
- YSI. (2022). Castaway. 2022, de YSI Incorporated Sitio web: <https://www.ysi.com/castaway-ctd>.
- YSI. (2022). Riversurveyor. 2022, de YSI Incorporated Sitio web: <https://www.ysi.com/riversurveyor-s5-m9>.





MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



CONANP
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS
NATURALES PROTEGIDAS



IMTA
INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA



INECC
INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO