



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Maestría y Doctorado en Geografía

“Delimitación de espacios potenciales para la conformación de geoparques: una estrategia para la conservación del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad, Quintana Roo, México”

Tesis
Que para optar por el grado de
Doctor en Geografía

Presenta:
EDUARDO DOMÍNGUEZ HERRERA

Director de tesis:
DR. DAVID VELÁZQUEZ TORRES
Departamento de Ciencias e Ingeniería
Universidad de Quintana Roo, México

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., agosto de 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi Tutor, Dr. David Velázquez Torres, por tener siempre a la mano un comentario, una idea, un concepto que permitiera continuar adelante con este trabajo. Un gran ejemplo como difusor de nuestra ciencia.

A mis Sinodales, Dr. Lorenzo Vázquez Selem, Dr. José Brilha, Dr. Carlos Canet Miquel, Dra. Mary Frances Teresa Rodríguez Van Gort y Dr. Neftalí García Castro. Gracias por invertir su tiempo en distintas etapas de la elaboración de este manuscrito, cuyas aportaciones puntuales hicieron que las ideas desarrolladas cobraran mayor sentido en esta travesía.

Un agradecimiento especial al Dr. José Luis Palacio Prieto, por animarme y adentrarme al mundo de los geoparques.

A la Mtra. Carmen Sámano Pineda, por su incondicional apoyo, por compartir toda su experiencia y generosidad en momentos que las ideas se estancaban.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), cuyos fondos me permitieron iniciar en su etapa temprana esta investigación.

A todas y todos los integrantes del equipo del Posgrado en Geografía, cuyas acciones cotidianas nos permiten a las y los egresados cosechar enormes frutos académicos. ¡Gracias Mtro. Macario!

A nuestra máxima casa de estudios forjada a lo largo de muchas décadas. Un bastión para el desarrollo de nuestro país. Gracias UNAM por abrirnos tus puertas. Estamos en deuda permanente contigo.

A los amigos de Sian Ka'an, A.C. por su invaluable tarea en pos de la conservación de la naturaleza valorada de Quintana Roo y por compartir su base de datos de cenotes en la Península de Yucatán, insumo indispensable en la construcción de esta tesis.

A mis exalumnos, ahora licenciados y maestros, Casandra, Roberto, Gaby, Felipe y Leo, que con su frescura y capacidad me apoyaron en la organización de los materiales que conforman este trabajo. Que este esfuerzo les motive a seguir creciendo. ¡Gracias a todos ellos!

A mi Padre, ejemplo de bondad y paciencia. A mis hermanos Laura y Gerardo agradezco todo su apoyo en los numerosos viajes realizados a Quintana Roo.

A mi mayor bendición, Laura Luna González, eres el mejor regalo del Señor.

Al mejor maestro:

“El SEÑOR es mi pastor, nada me faltará.

En lugares de verdes pastos me hace descansar; junto a aguas de reposo me conduce.

El restaura mi alma; me guía por senderos de justicia. por amor de su nombre.

Aunque pase por el valle de sombra de muerte, no temeré mal alguno, porque tú estás conmigo.”

Salmo 23: 1-4 (Santa Biblia, versión Dios Habla Hoy)

Índice general

| | |
|---------------------|----------|
| Resumen | 1 |
| Abstract | 2 |
| Resumo | 3 |
| Introducción | 4 |

Índice de capítulos

| | | |
|--------------------|--|------------|
| Capítulo 1. | Un acercamiento contextual y conceptual al proyecto internacional de los geoparques mundiales de la UNESCO. | 8 |
| 1.1 | Antecedentes de los Geoparques Mundiales de la UNESCO. | 8 |
| 1.1.1 | Las redes regionales de los geoparques mundiales. | 11 |
| 1.1.2 | Requisitos de la UNESCO para la designación de geoparques mundiales. | 14 |
| 1.2 | Conceptos generales para comprender el proyecto de los geoparques globales. | 21 |
| 1.2.1 | Geodiversidad. | 22 |
| 1.2.2 | Geositio y sitios de geodiversidad. | 25 |
| 1.2.3 | Patrimonio geológico. | 26 |
| 1.2.4 | Geoconservación. | 28 |
| 1.2.5 | Geoturismo: un modelo de turismo alternativo. | 29 |
| Capítulo 2. | Quintana Roo como territorio potencial para la conformación de geoparques. | 36 |
| 2.1 | Caracterización general del estado de Quintana Roo. | 37 |
| 2.2 | Riqueza natural, socioambiental y cultural. | 44 |
| 2.2.1 | Riqueza biótica. | 44 |
| 2.2.2 | Riqueza abiótica. | 57 |
| 2.2.3 | Presencia de cenotes, sistemas de cuevas y estromatolitos en Quintana Roo | 66 |
| 2.2.4 | Dinámica económica. | 78 |
| 2.2.5 | Riqueza cultural: tangible e intangible. | 88 |
| 2.3 | De la dinámica social al deterioro ambiental del patrimonio natural. | 97 |
| 2.3.1 | Características territoriales y sociales. | 98 |
| 2.3.2 | Deterioro ambiental del patrimonio natural. | 100 |
| Capítulo 3. | Geodiversidad de Quintana Roo. Primer paso para la conformación de Geoparques. | 116 |
| 3.1 | Geodiversidad ponderada: una propuesta conceptual. | 117 |
| 3.2 | Metodología para la obtención de la Geodiversidad Ponderada de la zona de estudio. | 119 |
| 3.3 | Resultados: Clasificación de la geodiversidad de Quintana Roo. | 126 |
| Capítulo 4. | Patrimonio geológico de Quintana Roo. | 135 |
| 4.1 | Evaluación cuantitativa y cualitativa de geositios potenciales | 135 |
| 4.2 | Metodología para identificar el patrimonio geológico de Quintana Roo. | 141 |
| 4.3 | Resultados: Inventario del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad del estado de Quintana Roo. | 146 |
| Capítulo 5. | Geoparques en Quintana Roo: una alternativa para la integración del patrimonio geológico, natural y cultural. | 156 |
| 5.1 | Modelo conceptual. | 156 |
| 5.2 | Metodología para delimitar sitios potenciales para conformar geoparques. | 158 |
| 5.3 | Resultados: Geoparques propuestos en Quintana Roo. | 170 |
| | Conclusiones | 174 |
| | Fuentes de consulta | 180 |
| | Anexos | 189 |

Índice de esquemas

- Esquema 1.1. Principales conceptos para entender los Geoparques Mundiales de la UNESCO.
- Esquema 1.2. Clasificación del turismo de naturaleza.
- Esquema 1.3. El geoturismo en el ámbito del turismo alternativo.
- Esquema 3.1. Metodología para la determinación de los límites de un geoparque mediante el análisis geográfico.
- Esquema 3.2. Estructura jerárquica de componentes y subcomponentes de la geodiversidad de Quintana Roo.
- Esquema 4.1. Consideración de elementos para elaborar un inventario de geositios y sitios de geodiversidad.
- Esquema 5.1. Elementos considerados para delimitar un geoparque.
- Esquema 5.2. Estructura jerárquica de criterios, subcriterios y alternativas de un geoparque en Quintana Roo.

Índice de gráficas

- Gráfica 1.1. Porcentaje de distribución de los geoparques globales a nivel continental.
- Gráfica 1.2. Países con mayor número de geoparques a nivel mundial.
- Gráfica 2.1. Afluencia histórica de turistas en el Caribe Mexicano.
- Gráfica 2.2. Valor productivo en millones de pesos por sector económico en Quintana Roo.
- Gráfica 2.3. Participación porcentual de las actividades económicas de Quintana Roo.
- Gráfica 2.4. Porcentaje de las actividades del sector terciario en el periodo de 2003-2020.
- Gráfica 2.5. PIB de Quintana Roo en millones de pesos (2003-2020).
- Gráfica 2.6. Censos de población de Quintana Roo 1900-2020.
- Gráfica 2.7. Inversión FONATUR al desarrollo de infraestructura turística en México 1994-2015 (millones de pesos).
- Gráfica 2.8. Población en los municipios de Quintana Roo, 1970 y 2015 (porcentaje).
- Gráfica 4.1. Sitios potenciales priorizados por uso científico y educativo.

Índice de figuras

- Figura: 3.1. Matriz para comparación por pares.
- Figura: 3.2. Mapas originales (primera columna) y mapas clasificados (segunda columna).
- Figura: 3.3. Resultado de la integración de mapas clasificados (sin clasificar y clasificado).
- Figura 3.4. Leyenda del mapa 2 de la Fig. 3.3. Resultados de la clasificación de la Geodiversidad Ponderada de Quintana Roo.
- Figura 4.1. Ficha informativa del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad de QR.
- Figura 4.2. Sitio 12.
- Figura 5.1. Matriz para comparación por pares.

Índice de tablas

| | |
|-------------|--|
| Tabla 1.1. | Total de Geoparques Globales incorporados a la GGN desde 2004. |
| Tabla 1.2. | Trabajadores permanentes en geoparques europeos. |
| Tabla 1.3. | Requerimientos para elaborar un expediente para aspirar al reconocimiento de un GGN. |
| Tabla 1.4. | Algunas definiciones de geodiversidad. |
| Tabla 1.5. | Valores de la geodiversidad. |
| Tabla 2.1. | Tipos de vegetación en lengua maya y su nombre científico. |
| Tabla 2.2. | Principales cavernas inundadas de Quintana Roo. |
| Tabla 2.3. | Principales cuevas secas. |
| Tabla 2.4. | Unidades fisiográficas y paisaje geomorfológico de Quintana Roo. |
| Tabla 2.5. | Recomendaciones para la mitigación del deterioro en Laguna Bacalar. |
| Tabla 2.6. | Movimiento de pasajeros en aeropuertos de Quintana Roo (enero-diciembre 2020 vs 2021). |
| Tabla 2.7. | Sitios arqueológicos en Quintana Roo. |
| Tabla 2.8. | Distribución de la población de Quintana Roo por municipio. |
| Tabla 2.9. | Población en municipios de Quintana Roo 1970-2016. |
| Tabla 2.10. | Población en los municipios de Quintana Roo (1970-2020). |
| Tabla 2.11. | Presencia de hidrocarburos en los puntos de muestreo en la temporada “Alta”. |
| Tabla 2.12. | Compuestos determinados en agua de cavernas de la Riviera Maya. |
| Tabla 2.13. | Causas y consecuencias del deterioro ambiental en los cenotes y cuevas de la Península de Yucatán: |
| Tabla 2.14. | Amenazas a la riqueza natural de Quintana Roo debidas al desarrollo agropecuario, forestal y pesquero. |
| Tabla 3.1. | Componentes y subcomponentes de la geodiversidad e información cartográfica recopilada. |
| Tabla 3.2. | Escala fundamental para comparaciones por pares. |
| Tabla 3.3. | Matriz de comparación y enunciado para establecer prioridades de los componentes. |
| Tabla 3.4. | Valores de la matriz de comparación. |
| Tabla 3.5. | Matrices de comparación por pares, de normalización y vector del peso relativo de cada componente. |
| Tabla 3.6. | Índice aleatorio RI. |
| Tabla 3.7. | Porcentajes máximos de la relación de consistencia CR. |
| Tabla 3.8. | Análisis de Consistencia. |
| Tabla 3.9. | Valores ponderados resultantes de la comparación pareada (ranking global). |
| Tabla 3.10. | Funciones de SIG aplicadas. |
| Tabla 4.1. | Criterios, indicadores y valores del uso científico y educativo de geositios y sitios de geodiversidad. |
| Tabla 4.2. | Criterios, indicadores y valores del uso geoturísticos de geositios y sitios de geodiversidad. |
| Tabla 4.3. | Uso científico y educativo. |
| Tabla 4.4. | Uso geoturístico. |
| Tabla 4.5. | Inventario del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad. |
| Tabla 4.6. | Datos generales, categorías de análisis y dimensión espacial del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad. |
| Tabla 4.7. | Matriz de resultados de la valoración del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad de Quintana Roo. |
| Tabla 4.8. | Normalización de datos de acuerdo con criterios-indicadores para el uso científico educativo. |
| Tabla 4.9. | Normalización de datos de acuerdo con criterios-indicadores para el uso geoturístico. |
| Tabla 4.10. | Sitios potenciales priorizados por uso geoturístico. |
| Tabla 4.11. | Valoración final del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad de QR. |

| | |
|-------------|--|
| Tabla 5.1. | Matriz de la valoración del enunciado para establecer prioridades de los criterios, |
| Tabla 5.2. | Llenado de los valores de la matriz de comparación. |
| Tabla 5.3. | Matriz de comparación por pares, matriz de normalización y vector del peso de cada componente. |
| Tabla 5.4. | Valores ponderados resultantes de la comparación pareada (ranking global). |
| Tabla 5.5. | Consistencia Aleatoria. |
| Tabla 5.6. | Análisis de consistencia. |
| Tabla 5.7. | Evaluación del Patrimonio Natural Geológico. |
| Tabla 5.8. | Evaluación de Actores sociales. |
| Tabla 5.9. | Evaluación de Infraestructura pública. |
| Tabla 5.10. | Evaluación de Infraestructura turística. |
| Tabla 5.11. | Evaluación de Patrimonio Cultural. |
| Tabla 5.12. | Evaluación de Patrimonio natural biológico (ANP). |
| Tabla 5.13. | Integración de pesos (weight) por municipio y criterio/subcriterio. |
| Tabla 5.14. | Lista de municipios potenciales para geoparque. |
| Tabla 5.15. | Lista de municipios para conformar un geoparque. |
| Tabla 5.16. | Valoración final: municipios potenciales para el establecimiento de geoparques. |

Índice de mapas

| | |
|------------|---|
| Mapa 2.1. | Provincias fisiográficas. |
| Mapa 2.2. | Áreas Naturales Protegidas y Sitios RAMSAR en Quintana Roo. |
| Mapa 2.3. | Hidrología subterránea- Unidades geohidrológicas. |
| Mapa 2.4. | Hidrología- Red hidrográfica. |
| Mapa 2.5. | Geología- Estructuras lineales (tectónica y erosivas). |
| Mapa 2.6. | Geología- Litología y suelos. |
| Mapa 2.7. | Geomorfología- Unidades de paisaje. |
| Mapa 2.8. | Geomorfología- Cenotes. |
| Mapa 2.9. | Subprovincias fisiográficas. |
| Mapa 2.10. | Infraestructura y servicios para la actividad turística de Quintana Roo. |
| Mapa 2.11. | Distribución de servicios de hospedaje (categorizados) en Quintana Roo. |
| Mapa 2.12. | Expansión urbana derivada de la actividad turística en Quintana Roo. |
| Mapa 2.13. | Elementos culturales y naturales relacionados con la actividad turística de Q. Roo. |
| Mapa 3.1. | Distribución de la geodiversidad de Quintana Roo. |
| Mapa 4.1. | Registro de 2,530 cenotes en Quintana Roo. |
| Mapa 4.2. | Registro de 391 cenotes en Quintana Roo. |
| Mapa 4.3. | Registro de 83 cenotes en Quintana Roo. |
| Mapa 4.4. | Sitios potenciales para su denominación de geositios o sitios de geodiversidad. |
| Mapa 5.1. | Mapa resultante. Municipios potenciales para el establecimiento de geoparques. |

Anexos

| | |
|----------|---|
| Anexo 1. | Compendio de palabras mayas. |
| Anexo 2. | Recetas de platillos tradicionales de Quintana Roo. |
| Anexo 3. | Sitios potenciales a ser considerados geositios a partir de parámetros establecidos. |
| Anexo 4. | Obtención del Ranking Global de los componentes y subcomponentes de la geodiversidad de Quintana Roo. |
| Anexo 5. | Fichas informativas de los geositios y sitios de geodiversidad en Quintana Roo. |
| Anexo 6. | Mapa 3.1 Distribución de la geodiversidad de Quintana Roo. |
| Anexo 7. | Mapa 5.1 Municipios potenciales para el establecimiento de geoparques. |

Resumen

En las últimas dos décadas, la creación de geoparques ha beneficiado en gran medida a personas que viven en zonas que poseen un patrimonio geológico valioso. Los geoparques tienen por objeto lograr la conservación del patrimonio geológico, favorecer su conocimiento científico y la educación en este tema, así como promover el desarrollo económico sostenible a través de la práctica del geoturismo.

Actualmente, a través de esta iniciativa mundial se han establecido más de un centenar de ellos, que se encuentran localizados principalmente en Europa y China, mientras que en América existen geoparques sólo en ocho países: Canadá con cinco, Brasil con tres, México con dos, y Uruguay, Ecuador, Nicaragua y Perú con uno.

Este trabajo propone al estado de Quintana Roo (QR) como una región potencial para el establecimiento de geoparques, puesto que cuenta con un patrimonio geológico significativo, además de otros elementos naturales, históricos y culturales, que le permiten cumplir con los requisitos esenciales para la creación de geoparques desde el enfoque de la UNESCO. A esto, debe sumarse la robusta industria turística que se ha desarrollado a lo largo de cuatro décadas.

Con respecto a la geodiversidad del área de estudio, se diseñó un método para calcularla y obtener una clasificación. Este procedimiento se denominó Geodiversidad Ponderada (GdP) e integra métodos numéricos y análisis geográfico. Se compiló principalmente información cartográfica a escala de 1:250.000. Se utilizaron algunos elementos específicos del método de análisis multicriterio del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), así como técnicas de análisis geográfico dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el fin de ponderar, priorizar e integrar las características de la geodiversidad del área de interés y representarlas en un documento cartográfico. El resultado es un mapa a escala 1:800.000 con cinco clases (muy alta, alta, media, baja y muy baja) de geodiversidad del área de estudio.

Por otro lado, para obtener la delimitación de los espacios potenciales para geoparques, también se utilizaron métodos numéricos (AHP) en conjunto con técnicas de análisis geográfico con el apoyo de un SIG. Como resultado se obtuvieron dos espacios que incluyen porciones de varios municipios de Quintana Roo, el de mayor importancia se ubica en Tulum-Solidaridad-Puerto Morelos, y el segundo, incluye parte de los municipios Othón P. Blanco-Bacalar. Los elementos de información contenidos en el análisis incluyen: patrimonio geológico (geositios/sitios de geodiversidad), actores sociales (pueblos originarios, turistas, operadores turísticos), infraestructura pública (vías de transporte terrestre, aéreo y marítimo), infraestructura turística (servicios de alojamiento y gastronómicos), patrimonio cultural (tradiciones/arte/gastronomía y ruinas/museos), y patrimonio biológico (áreas naturales protegidas).

Abstract

Over the past two decades, the creation of geoparks has greatly benefited people living in areas that possess valuable geological heritage. Geoparks aim to achieve conservation, foster scientific knowledge and education, as well as promote sustainable economic development through the practice of geotourism.

Currently, through this global initiative, more than a hundred of them have been established, which are located mainly in Europe and China, while in America there are geoparks only in eight countries: Canada with five, Brazil with three, Mexico with two, and Uruguay, Ecuador, Nicaragua, and Peru with one.

This work proposes the State of Quintana Roo (QR) as a potential region for the establishment of geoparks, since it has a significant geological heritage, in addition to other natural, historical and cultural elements, which allow it to meet the essential requirements for the creation of geoparks. To this, we must add the robust tourism industry that has been generated over four decades.

Regarding the geodiversity of the study area, a method was designed to calculate it and obtain a classification. This procedure was called Weighted Geodiversity (GdP) and integrates numerical methods and geographic analysis. It mainly compiled cartographic information at a scale of 1:250,000. Some specific elements of the multicriteria analysis method of the Hierarchical Analytical Process (AHP) were used, as well as geographic analysis techniques within a Geographic Information System (GIS) to weight, prioritize and integrate the characteristics of the geodiversity of the area of interest and represent them in a cartographic document. The result is a 1:800,000 scale map with five classes (very high, high, medium, low, and very low) of geodiversity of the study area.

On the other hand, to obtain the delimitation of potential spaces for geoparks, numerical methods (AHP) were also used in conjunction with geographic analysis techniques with the support of a GIS. As a result, two spaces were obtained that include portions of several municipalities of Quintana Roo, the most important is in Tulum-Solidaridad-Puerto Morelos, and the second includes part of the municipalities Othón P. Blanco-Bacalar. The information elements contained in the analysis includes geological heritage (geosites/geodiversity sites), social actors (indigenous peoples, tourists, tour operators), public infrastructure (land, air, and sea transport routes), tourism infrastructure (accommodation and gastronomic services), cultural heritage (traditions/art/gastronomy and ruins/museums), and biological heritage (protected natural areas).

Resumo

Nas últimas duas décadas, a criação de geoparques beneficiou muito as pessoas que vivem em áreas que possuem valioso patrimônio geológico. Os geoparques visam alcançar a conservação, fomentar o conhecimento científico e a educação, bem como promover o desenvolvimento econômico sustentável através da prática do geoturismo.

Atualmente, através desta iniciativa global, mais de uma centena deles foram estabelecidos, que estão localizados principalmente na Europa e na China, enquanto na América existem geoparques apenas em oito países: Canadá com 5, Brasil com 3, México com 2 e Uruguai, Equador, Nicarágua e Peru com 1.

Este trabalho propõe o Estado de Quintana Roo (QR) como uma região potencial para o estabelecimento de geoparques, uma vez que possui um patrimônio geológico significativo, além de outros elementos naturais, históricos e culturais, que lhe permitem atender aos requisitos essenciais para a criação de geoparques. A isso, devemos adicionar a robusta indústria do turismo que foi gerada ao longo de quatro décadas.

No que diz respeito à geodiversidade da área de estudo, foi desenhado um método para calculá-la e obter uma classificação. Este procedimento foi denominado Geodiversidade Ponderada (GdP) e integra métodos numéricos e análise geográfica. Compilou principalmente informação cartográfica a uma escala de 1:250.000. Foram utilizados alguns elementos específicos do método de análise segundo critérios múltiplos do Processo Analítico Hierárquico (AHP), bem como técnicas de análise geográfica dentro de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) com o objetivo de ponderar, priorizar e integrar as características da geodiversidade da área de interesse e representá-las num documento cartográfico. O resultado é um mapa à escala 1:800.000 com cinco classes (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa) de geodiversidade da área de estudo.

Por outro lado, para obter a delimitação de espaços potenciais para geoparques, foram também utilizados métodos numéricos (AHP) em conjunta com técnicas de análise geográfica com o apoio de um SIG. Como resultado, foram obtidos dois espaços que incluem porções de vários municípios de Quintana Roo, o mais importante está localizado em Tulum-Solidaridad-Puerto Morelos, e o segundo inclui parte dos municípios Othón P. Blanco-Bacalar. Os elementos de informação contidos na análise incluem: patrimônio geológico (geossítios/sítios de geodiversidade), atores sociais (povos indígenas, turistas, operadores turísticos), infraestruturas públicas (vias de transporte terrestre, aéreo e marítimo), infraestruturas turísticas (alojamento e serviços gastronômicos), patrimônio cultural (tradições/arte/gastronomia e ruínas/museus) e patrimônio biológico (áreas naturais protegidas).

Introducción

En México, existen una variedad de planes y programas gubernamentales a favor de la conservación y preservación de la biosfera del país ante el reconocimiento de su importancia para la sociedad. Sin embargo, los programas gubernamentales especializados en los elementos geológicos poco se enfocan en la conservación y preservación de este elemento que bien podría considerarse como sustento de la misma biosfera, pues antes bien, “promueven su mejor aplicación para coadyuvar a la inversión y la competitividad en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales” (Secretaría de Economía, 2016).

Ante esta exigüidad, resulta oportuno considerar uno de los proyectos de carácter mundial que atiende no solamente a la conservación de los elementos geológicos como tema central manteniendo una relación entre protección, educación y desarrollo sustentable, sino que integra en dicho proyecto a las comunidades locales rurales promoviendo su desarrollo socioeconómico. Este es el proyecto de *Geoparques Mundiales de la UNESCO* del cual existen dos casos con éxito en el territorio mexicano, estos son: *La Comarca Minera* en Hidalgo y *La Mixteca Alta* en Oaxaca.

A partir de esta consideración y debido al interés específico de esta investigación por la conservación del patrimonio geológico del estado de Quintana Roo (QR), que además cuenta con espacios potenciales para dicha asignación) la tesis que a continuación se defiende busca argumentar que la consignación de *Geoparques* en este territorio resulta pertinente como estrategia de conservación de su patrimonio geológico.

Si bien, la investigación aquí referida se enfoca en un objetivo a corto plazo, esto es, la delimitación de espacios potenciales en QR para la conformación de *Geoparques* como política para el mantenimiento del patrimonio geológico, dicho trabajo aporta a un posterior programa de desarrollo sostenible con la comunidad local (esto es por el carácter mismo del programa de los geoparques), que puede brindar una alternativa operativa ante las consecuencias del deterioro ambiental que ha sufrido este patrimonio, debido principalmente al turismo convencional.

Antecedentes

En QR existen numerosas dolinas, localmente conocidas como “cenotes”, y sistemas de cavernas inundadas que se han formado a lo largo de vastos periodos de tiempo geológico, los cuales, al poseer valor natural, cultural y científico, pueden convertirse en patrimonio geológico. Sin embargo, estas geoformas han estado sometidas a un continuo deterioro ambiental a lo largo de las últimas tres décadas. A continuación, se listan las principales causas y consecuencias de este conjunto de problemas.

Causas

- Crecimiento urbano desordenado asociado al turismo convencional que demanda servicios como el acceso al agua potable proveniente de los sistemas hidrológicos subterráneos.
- Legislación parcial enfocada en la protección solo de la biodiversidad (elementos bióticos), y que no considera a la geodiversidad (elementos abióticos).
- Falta de regulación y normatividad en la explotación turística comercial de los cenotes

Consecuencias

- Contaminación de los mantos freáticos que constituyen la única reserva de agua dulce de la región.
- Alteración de los cenotes como uno de los patrimonios culturales más antiguos de la cultura maya.
- Limitación presente y futura para que el público en general valore de estas maravillas naturales.
- Deterioro de la economía familiar que depende de explotación turística de los cenotes y cavernas.

Justificación

Este trabajo permitirá aprovechar la existencia de elementos geológicos y geomorfológicos kársticos de QR, representados por la amplia variedad de sus elementos bióticos y abióticos (zonas selváticas, costas de humedales, manglares, pastizales, sabanas, cuevas, ríos subterráneos, manantiales, lagunas, caletas, arrecifes, cenotes, ríos subterráneos, entre otros), así como de otros elementos culturales, como son sus ruinas arqueológicas, para integrarlos en un geoparque. Por otro lado, propondrá un modelo metodológico que sirva de base para identificar en otros estados de la República geoparques y con ello coadyuvar al desarrollo socioeconómico de las localidades del país.

Pregunta de investigación

¿Con base en qué información y de qué manera es posible delimitar un geoparque tal y como lo plantea la UNESCO con la finalidad de conservar el patrimonio geológico de QR, México?

Objetivo general

Definir la información indispensable y construir un procedimiento para delimitar espacios potenciales para geoparques que atienda los requerimientos de la UNESCO con la finalidad de conservar el patrimonio geológico de QR, México.

Objetivos específicos

- Revisar el marco conceptual de los geoparques mundiales de la UNESCO, antecedentes, redes regionales, requisitos para la conformación de geoparques, así como los conceptos de geodiversidad, geositios y sitios de geodiversidad, patrimonio geológico, geoconservación y geoturismo.
- Recopilar y valorar información de las condiciones físicas, ambientales, sociales y culturales de QR para considerarlo como territorio para establecer geoparques UNESCO.
- Construir un procedimiento para obtener de manera cuantitativa la geodiversidad de QR.
- Elaborar un inventario de geositios y sitios de geodiversidad de QR.
- Seleccionar los municipios de QR que cumplan con los requisitos de la UNESCO para la conformación de geoparques en QR.

Metodología

Para recopilar la información del trabajo se procesaron distintas fuentes de información bibliográfica y cartográficas. Entre el 2014 y 2019 se realizaron diversas visitas a la zona de estudio. En el capítulo tres se aplicó un nuevo método que denominamos Geodiversidad Ponderada (GdP), que se apoya en una definición específica de geodiversidad e integra métodos numéricos y análisis geográfico. Se compiló información cartográfica principalmente a escala 1:250,000, se utilizaron algunos elementos del método de análisis multicriterio Proceso Analítico Jerárquico (AHP), así como técnicas de análisis cartográfico en un sistema de información geográfica (SIG) con el fin de ponderar, priorizar e integrar la información. En el capítulo cuatro se retomaron trabajos relacionados con el inventario y evaluación cualitativa y cuantitativa de los geositios y sitios de geodiversidad. En el capítulo cinco se retomaron elementos del capítulo cuatro, en especial el método de análisis multicriterio Proceso Analítico Jerárquico

Estructura de la investigación

La primera parte de esta investigación se centra en dos aspectos fundamentales, el primero, descrito en el capítulo 1, se enfoca en el contexto general de la creación de los *Geoparques Mundiales* a partir de la explicación de sus antecedentes y objetivos, así como de las redes regionales que se han conformado para su gestión seguido de la descripción general de los requisitos para la asignación y continuidad de los geoparques. Esta información es necesaria y relevante como marco referencial para las dos propuestas de geoparques en QR que aquí se desarrollarán, dando las pautas para su pertinente consideración.

En el segundo aspecto se describen los principales conceptos que permiten comprender la funcionalidad de los geoparques en tanto que son proyectos enfocados en el reconocimiento del patrimonio

geológico-natural y cultural. Dichos conceptos toman relevancia para comprender lo que constituye el proyecto de *Geoparques Mundiales*, en donde el prefijo *geo* en otros conceptos funciona como énfasis de dicha asignación.

Una vez expuestos dichos argumentos, se busca avanzar en la segunda parte de la investigación a partir del segundo capítulo, mediante la determinación de las características generales que hacen de QR un espacio potencialmente viable para la conformación de geoparques. Para ello, se puntualiza sobre la localización, historia, y características generales (naturales, sociales, económicas y culturales) de QR. Este interés por evidenciar dichas características no se centra únicamente en realizar una descripción para su incorporación en el proyecto de *Geoparques Mundiales*, sino también busca reconocer que existe una grave problemática respecto al deterioro ambiental generado principalmente por las dinámicas turísticas (principal actividad económica del estado), que afecta al patrimonio geológico-natural y a las comunidades locales más vulnerables.

Por lo anterior, en esta segunda parte se presenta un panorama general que permite argumentar el potencial con el que cuenta QR a fin de identificar en la tercera parte de esta investigación la delimitación de geoparques; además, se realiza un análisis sobre deterioro ambiental que podría mitigarse mediante la concreción de esta propuesta (los *geoparques*) que considera el turismo alternativo una opción para la conservación de la riqueza geológica-natural y un medio para el desarrollo socioeconómico de la población local.

Por último, la tercera parte se enfoca en determinar los sitios potenciales a partir de la geodiversidad ponderada del territorio de QR, los cuales se precisaron mediante la metodología de la GdP (Geodiversidad Ponderada) de la zona de estudio y se representaron en el mapa final correspondiente, que bien podría considerarse el aporte más significativo y original de esta investigación.

Dichos resultados permiten identificar con precisión la riqueza del patrimonio geológico de QR, lo que lleva a cumplir con el primer requisito que solicita el proyecto de *Geoparques Mundiales de la UNESCO*. Además, se describe en la última parte una propuesta sobre la distribución de las áreas consideradas para delimitar los geoparques en el estado de QR, sumando a ello una representación cartográfica de las actividades geoturísticas que se podrían desarrollar mediante este proyecto.

Capítulo 1. Un acercamiento contextual y conceptual al proyecto internacional de los geoparques mundiales de la UNESCO

1.1 Antecedentes de los Geoparques Mundiales de la UNESCO

A pesar de la importancia que ha tenido y tiene el patrimonio geológico para el progreso de la humanidad, fue hasta fines del siglo XX y los años transcurridos del siglo XXI que se propiciaron diferentes medidas para preservarlo y conservarlo; para tal fin, se delimitaron espacios para su resguardo. Estos se conocen como *Geoparques Mundiales de la UNESCO*.

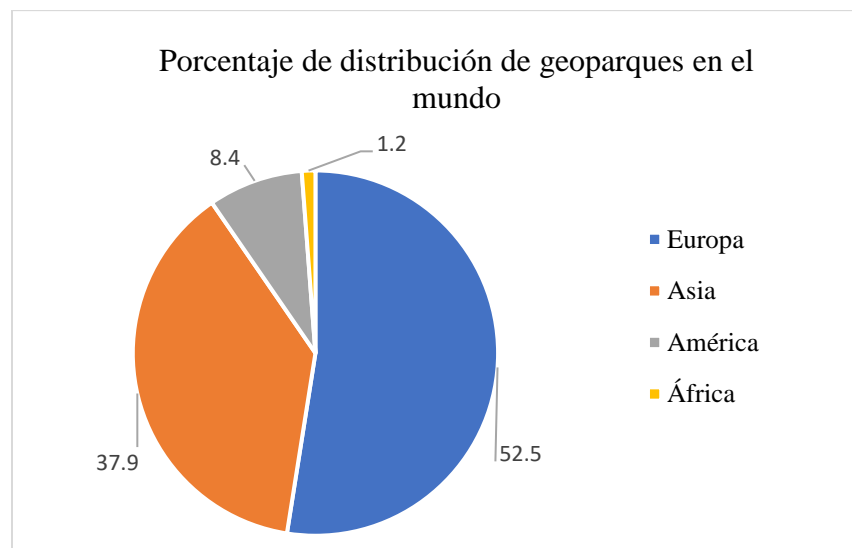
La propuesta inicial para la creación de geoparques se remonta a 1996, en el *XXX Congreso Geológico Internacional* realizado en Beijing, China. Ahí se discutieron y aprobaron las estrategias orientadas para proteger el patrimonio geológico mundial a fin de promover el desarrollo sustentable en los espacios potenciales más propicios para albergar áreas en donde se ubicasen estos recursos a partir del nacimiento de los geoparques (Zouros, 2004). Dicha propuesta se definió por la UNESCO de la siguiente manera:

“Los geoparques mundiales de la UNESCO (GMUs) son áreas geográficas únicas y unificadas en las que los sitios y paisajes de importancia geológica internacional se gestionan con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible. Un geoparque mundial de la UNESCO utiliza su patrimonio geológico en conexión con todos los demás aspectos del patrimonio natural y cultural de la zona, para mejorar la concientización y la comprensión de cuestiones claves a las que se enfrenta la sociedad, como el uso sostenible de los recursos naturales, la mitigación de los efectos del cambio climático y la reducción de los riesgos relacionados con los desastres” (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], (2022). Esta definición permite comprender la trascendencia de la conservación *per se* del elemento geológico por lo cual, llama la atención que este proyecto busque la integración de los elementos naturales y culturales de las zonas con promoción de las comunidades locales, lo cual podría explicar el crecimiento variable pero constante de estos Geoparques Mundiales.

Ante esto, a inicios del siglo XXI el proyecto de geoparques avanzó mediante la creación de una Red Mundial de Geoparques promovida por la UNESCO que ha ido creciendo durante de los años. Ésta, actualmente está formada por 177 geoparques de 46 naciones, de los cuales 4 son binacionales. Estos son: Austria (2), Austria-Slovenia (1), Bélgica (1), Brasil (3), Canadá (5), Chile (1), China (41), Croacia (2), Chipre (1), Chequia (1), Corea del Sur (4) Dinamarca (2), Ecuador (1), Finlandia (4), República Checa (1), Francia (7), Alemania (6), Alemania-Polonia (1), Grecia (7), Hungría (1), Hungría-Eslovaquia (1), Islandia

(2), Indonesia (6), Irlanda y Reino Unido (1), Irán (1), Irlanda(2), Italia (11), Japón (9), Luxemburgo (1), Malasia (1), Marruecos (1), México (2), Holanda (1), Nicaragua (1), Noruega (3), Perú (1), Polonia (1), Portugal (5), Rumania (2), Rusia (1), Serbia (1), Eslovenia (1), , España (15), Suecia (1) Tanzania (1), Tailandia (1), Turquía (1), Reino Unido (7), Uruguay (1), Vietnam (3) (Global Geopark Network [GGN], 2022a).

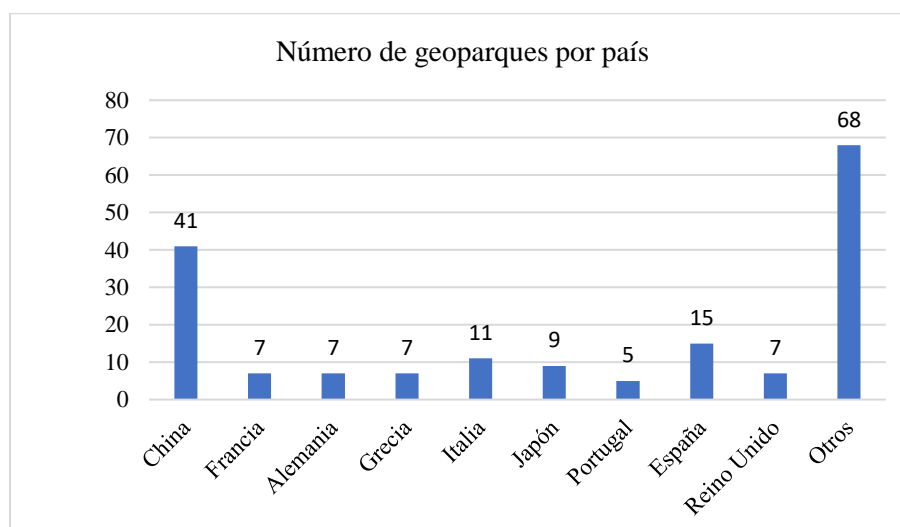
De acuerdo con estos datos, se puede mencionar que, a nivel mundial, el continente europeo alberga el mayor porcentaje de geoparques (52.5%), seguido del continente asiático (37.8%), por detrás se ubica América (8.4%) donde se contabilizan quince geoparques, cinco en Canadá, dos en México, tres en Brasil, uno en Chile, Ecuador, Nicaragua, Perú y Uruguay, y finalmente África (1.1%) (Gráfica 1.1).



Gráfica 1.1. Porcentaje de distribución de los geoparques globales a nivel continental.

Nota: El 100% equivale a los 177 geoparques. Fuente: Elaboración propia con base en GGN, 2022^a.

A nivel nacional sobresale China que alberga a un 23.1% de los geoparques del planeta. Los casos de España, Italia, Japón, Alemania, Reino Unido, Francia, Grecia y Portugal representan un 38.4% de los geoparques del mundo. Tan sólo los anteriores países europeos, sumados a China, equivalen a un 61.5% de todos los continentes. Estas cifras permiten deducir que las políticas en materia de conservación ambiental en dichas regiones han aumentado y generado en los distintos territorios estas zonas de protección para los recursos naturales que ofrece la relación GEO (Geodiversidad) y BIO (Biodiversidad). De acuerdo con la base de datos de la GGN se puede visualizar un incremento variable pero constante de los geoparques:



Gráfica 1.2. Países con mayor número de geoparques a nivel mundial.

Nota: El 100% equivale a 177 geoparques.

Fuente: Elaboración propia con base en GGN, 2022a.

| Año | Geoparques incorporados | Número total de geoparques | Porcentaje de incremento |
|------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 2004 | 20 | 20 | 0 |
| 2005 | 11 | 31 | 55 |
| 2006 | 12 | 43 | 38.7 |
| 2007 | 3 | 46 | 6.9 |
| 2008 | 4 | 50 | 8.6 |
| 2009 | 9 | 59 | 18 |
| 2010 | 13 | 72 | 22 |
| 2011 | 10 | 82 | 13.8 |
| 2012 | 5 | 87 | 6 |
| 2013 | 10 | 97 | 11.4 |
| 2014 | 11 | 108 | 11.3 |
| 2015 | 9 | 117 | 8.3 |
| 2017 | 8 | 125 | 6.8 |
| 2018 | 13 | 138 | 10.4 |
| 2019 | 8 | 146 | 5.7 |
| 2020 | 15 | 161 | 10.2 |
| 2021 | 8 | 169 | 4.9 |
| 2022 | 8 | 177 | 4.7 |

Tabla 1.1. Total de Geoparques Globales incorporados a la GGN desde 2004

Elaboración propia partiendo de la base de datos de la GGN, 2022^a

Los datos anteriores (Gráfica 1.2 y Tabla 1.1) muestran un incremento variable en el número de destinos geoturísticos a nivel mundial, sin embargo, es importante mencionar que no todos los espacios que se han designado como *Geoparques* han permanecido con dicha categoría, pues ya se han retirado dos asignaciones: el de Australia y el de Reino Unido, puesto que, la UNESCO como institución controladora del proyecto evalúa cada dos años los *Geoparques* a fin de reconsiderar el nombramiento de acuerdo con las funciones que éstos deben de tener, por lo que de no cumplirlas, la asignación les es retirada.

1.1.1 Las redes regionales de los Geoparques Mundiales

Como se puede observar, este proyecto ha alcanzado una importante distribución mundial a causa de la resignificación que en estos se hace sobre patrimonio geológico, natural y cultural a fin de conservarlo, vinculándolo como un medio para la promoción de la educación con relación al desarrollo sostenible, generando así un proyecto holístico vinculado a las comunidades locales. Por ello, a partir de esta distribución, se generó una Red Global de Geoparques establecida en 2014 bajo la legislación francesa. Esta red es la organización colaboradora oficial de la UNESCO para la gestión y funcionamiento de los *Geoparques* (GGN, 2022b). De acuerdo con los datos del sitio web oficial, inicialmente fue creada en 2004 como una asociación internacional con el fin de “elaborar modelos de buenas prácticas y establecer normas de calidad para los territorios que integran la protección y la preservación de los espacios que son patrimonio de la Tierra en una estrategia regional de desarrollo sostenible”.

Lo significativo de la red es que funciona como una plataforma de cooperación entre: *Geoparques*, agencias gubernamentales, ONG, científicos y comunidades de acuerdo con las regulaciones de la UNESCO, con la misión de promover la conservación, la integridad y la diversidad de la naturaleza abiótica y biótica en una estrategia que dé valor al patrimonio único y la identidad del territorio en su conjunto (GGN, 2022b). Por ello se reconocen cuatro redes regionales de geoparques, que buscan apoyar a sus países miembros para el seguimiento del desarrollo territorial sostenible en este proyecto, estas son:

- La Red Europea de Geoparques (EGN): aceptada oficialmente el 5 de junio de 2000 en la isla griega de Lesbos, cuyos objetivos se encuentran en la Carta de la EGN. Dicha red cuenta con 94 geoparques.
- La Red de Geoparques de América Latina y el Caribe: fundada en 2017 por los cuatro Geoparques mundiales de la UNESCO que existían entonces en ese territorio. Actualmente cuenta con 9 geoparques.
- La Red de Geoparques de Asia Pacífico: fue propuesta en 2007 en el marco del primer Simposio de Geoparques de Asia-Pacífico. Entró formalmente en el órgano de gobierno de la GGN en el 2013 y la Red Mundial la aprobó en 2018 como red regional.

- La Red de Geoparques Africanos: En noviembre de 2019, los geoparques mundiales UNESCO de M'Goun (Marruecos) y Ngorongoro-Lenfgai (Tanzania) firmaron la Declaración Fundacional para la creación de la Red de Geoparques Mundiales de la UNESCO en África (GeoParc, 2022).

Sobre el tema de las redes regionales, llama la atención que, al referirse a América, enfatizan en que el continente norteamericano actualmente no tiene una red regional, sin embargo, se reconoce que Canadá es el país con una mejor organización con sus 5 miembros y con un comité nacional para coordinar las relaciones con la UNESCO. Si bien, los geoparques mundiales pueden reconocerse como un proyecto de reciente creación, comparados con otros de carácter similar, resulta significativa la organización a nivel mundial que se ha generado al respecto, sobre todo por los impactos ambientales y sociales a nivel local y regional que buscan proyectar.

A propósito, Farsani, Coelho y Costa (2011) mencionan que el surgimiento de geoparques mundiales ha impactado positivamente en los territorios donde hoy día son una realidad. Entre los beneficios encuentran que:

- Los geoparques emplean a personas locales en su estructura de manejo.
- Son promotores de negocios locales como el geoturismo y productos de la localidad.
- Crean a diferencia de los Parques Nacionales oportunidades para el progreso local gracias a las conexiones con la vida cultural y social de la comunidad.
- Los geoparques al estar localizados en áreas rurales y promovidos mediante el geoturismo son oportunidades para el progreso local y la preservación de los recursos naturales.
- Las autoridades de los geoparques están involucradas en actividades de geoconservación, el 83 % de los entrevistados considera que estas actividades favorecen la economía local.
- Los geoparques alientan a la población local a participar en actividades turísticas. El 80% considera que cuando los negocios locales se involucran en el sector turístico de tours es la mejor forma de promover la economía local.
- El 68% de los geoparques buscar ligar sus actividades con otras actividades turísticas como navegar, observación de aves, actividades culturales.
- Los GP tratan de apoyar productos y servicios locales o la venta directa de productos regionales (36%).
- El 48% de los GP están creando un segundo empleo estacional para la población local.

Esto permite reconocer la trascendencia que existe en el proyecto de Geoparques al conjuntar la conservación y preservación del patrimonio geológico de los diversos lugares del mundo con la integración de las comunidades rurales de dichos espacios para su desarrollo local. Por otro lado, la consideración de *Geoparques* en México no resulta ser extraña ya que es un país reconocido mundialmente por su amplia diversidad geológica, natural y cultural. Si bien, éste ya cuenta con dos asignaciones a *Geoparques Mundiales de la UNESCO*, los cuales son: la Comarca Minera de Hidalgo y la Mixteca Alta de Oaxaca, se

han generado también otros proyectos de investigación, como el presente, que dan cuenta de los lugares potenciales en el territorio mexicano para considerarlos como *Geoparques*.

Es así, que esta investigación aporta a la identificación y delimitación de otros espacios en Quintana Roo que podrían añadirse a esta categorización integrando tanto la riqueza geológica-natural con la que cuenta, como las dinámicas socioeconómicas de carácter local en un entorno de sostenibilidad. Esto resulta más significativo al reconocer que la actividad turística de Quintana Roo es primordial para su economía estatal por lo que podría ofrecerse una alternativa turística que potencialice dicha condición bajo los términos de sustentabilidad y desarrollo económico local que guían las directrices de los geoparques, reduciendo en cierta medida el desempleo y la migración que existen en esa región.

Al respecto, Farsani *et al.* (2011) ha recopilado datos estadísticos relacionados con el número de trabajadores que se emplean permanentemente en un geoparque. Esta información sirve para valorar los aspectos positivos que han traído a las comunidades la creación de estos espacios de resguardo del patrimonio geológico (Tabla 1.2).

| Geoparque | País | Trabajadores |
|---------------------|-----------------|---------------------|
| Psiloritis | Grecia | 120/ 83 |
| Adamello Brenta | Italia | 72 |
| Terra Vita | Alemania | 54 |
| Marble Arch Caves | Irlanda | 43 |
| Viulkaneifel | Alemania | 28 |

Tabla 1.2. Trabajadores permanentes en geoparques europeos

Fuente: Elaboración propia con base en Farsani *et al.* (2011).

Esta nueva visión de geoparques con el geoturismo está creando nuevos productos (geomenús), nuevos trabajos (geotours, geopanaderías, hoteles rurales), nuevas actividades recreacionales (geosports, geomonuments) para las comunidades locales. Vale la pena mencionar que estas actividades conectadas al prefijo *geo* tienen una razón de ser al estar relacionadas con la topografía y la geología, y pueden considerarse como herramientas educativas para los geoturistas quienes quieren conocer más acerca del planeta en el que viven.

Por otra parte, los geoparques tienen una estrecha cooperación con escuelas, universidades, museos, compañías de tours al aire libre, artistas locales, hoteles rurales que promueven la venta del turismo sustentable. Si los trabajos relacionados con la conformación de geoparques, la geoconservación, y el desarrollo del geoturismo, a nivel mundial son muy recientes, para el caso de México, son todavía escasos, a pesar de que la República Mexicana, por su situación geográfica, posee un mosaico geológico muy rico, gran diversidad biogeográfica y sitios de interés cultural (arqueológico, etnográfico), cualidades que lo convierten un territorio propicio para la conformación de geoparques como un esfuerzo necesario para la conservación de sus patrimonios natural y cultural, y sobre todo, la creación y el desarrollo económico de comunidades rurales.

Los expertos interesados en el tema han unido esfuerzos para elaborar proyectos que sienten las bases para la conformación de geoparques; los han presentado a las instancias gubernamentales correspondientes, pero la respuesta a esas propuestas ha sido, por decir lo menos, tibia. Vale la pena mencionar, la propuesta hecha al gobierno del estado de Michoacán en 2004, por parte de un grupo de académicos de la UNAM, sin éxito hasta el momento. Los autores del proyecto son Garrido A., J.L. Palacio y J. Fuentes Junco quienes presentaron su propuesta acerca de “La importancia geocientífica del Pico de Tancítaro y su potencialidad para ser reconocido en la Red Global de Geoparques de la UNESCO” en la *VII Reunión Internacional de Geomorfología* en el año de 2007, en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA) en Morelia, Michoacán, México (Garrido, Palacio y Fuentes, 2007).

En los últimos tiempos se han planteado planes nuevos para crear 5 geoparques en el Estado de Chiapas, destacando el Volcán Chichonal y el Cañón del Sumidero (Domínguez, 2019). No obstante, al igual que en el caso anterior, no se ha consolidado tampoco una oferta formal de los gobiernos federal y estatal para la génesis de esos geoparques. Después de largos esfuerzos, una fecha que vale la pena destacar es:

El 24 y 25 de septiembre de 2016 en la Ciudad de Torquay, Inglaterra, el Consejo de Geoparques Globales de la UNESCO recomendó al Consejo Ejecutivo de ese organismo reconocer a dos territorios mexicanos como Geoparques Mundiales. En su 201ª sesión, celebrada el 5 de mayo de 2017, este Consejo Ejecutivo ratificó dicha recomendación y designó a los territorios de la Mixteca Alta, en Oaxaca, y a la Comarca Minera, en Hidalgo, como Geoparques Mundiales UNESCO. Se trata de los dos primeros Geoparques Mundiales mexicanos y dos de los cuatro que actualmente existen en América Latina¹ (Palacio, Rosado, y Martínez 2018).

Al momento actual, también hay buenas posibilidades para conformar un geoparque en territorios específicos de Baja California Sur (Loreto), Michoacán-Estado de México (El Oro-Tlapujahua), Michoacán (Paricutín) y San Luis Potosí (la Huasteca Potosina). Desde este panorama surge la necesidad de buscar otras estrategias para su conformación, tal es el caso de Quintana Roo como un territorio potencial.

1.1.2. Requisitos de la UNESCO para la asignación de Geoparques Mundiales

Ante la identificación de una gran cantidad de espacios potenciales en México para formar parte de los Geoparques Mundiales, y en este caso del interés por las posibilidades del territorio de Quintana Roo, resulta necesario ampliar en los requisitos que solicita la UNESCO para tal objetivo, razón por la cual

¹ Aunque a la fecha ya se cuenta con 9 geoparques en dicha región.

seguidamente se extenúan dichos argumentos, comenzando por los nombres de los programas y las características generales de los organismos que regulan este proyecto, estos son **Nuevo Programa Internacional de Geociencias y Geoparques (UNESCO, 2010)**, cuyos estatutos se ejecutan mediante dos actividades:

- Programa Internacional de Ciencias de la Tierra en cooperación con la Unión de Ciencias de la Tierra (UICG)
- Geoparques mundiales de la UNESCO

Los participantes de ambas actividades se relacionan mediante una Secretaría Conjunta de la UNESCO para celebrar reuniones periódicas, cuando así lo ameriten los temas a tratar. En la sección B, que se compone de seis artículos, se considera importante destacar algunos de sus apartados en los párrafos siguientes, sobre la formación del Consejo (artículo dos):

- Los requisitos que deberán cubrir los candidatos a formar parte de éste como miembros ordinarios (12) serán: ser expertos de alto nivel designados por su experiencia demostrada y cualificaciones científicas y/o profesionales en disciplinas pertinentes; al ser designados se tomará en cuenta la equidad en cuanto a distribución geográfica e igualdad de género.

Las funciones del Consejo son:

- Orientar al director general de la UNESCO para la estrategia, planificación y realización de los geoparques mundiales de la UNESCO (apartado 2.6).
- Valorar las candidaturas a geoparque mundial de la UNESCO, tanto las revalidadas como las nuevas (apartado 2.7).
- Decidir sobre el ingreso o revalidación de un geoparque mundial, esto será inapelable (apartado 2.9).

Por otro lado, a causa de la trascendencia de las “Directrices operativas de los geoparques mundiales” redactadas en este mismo documento, se parafrasean sus aspectos fundamentales, a fin de no caer en algún error u omisión. Estas son las siguientes:

- Un geoparque mundial debe responder a la urgencia de conservar y poner en valor zonas de importancia geológica en la historia de nuestro planeta, siendo los paisajes y formaciones geológicas testigos insustituibles de esa evolución y elementos del desarrollo sostenible venidero.
- Su enfoque es el impulso de la comunidad, “de abajo hacia arriba”, para la conservación y fomento de la importancia geológica de una zona determinada, para la ciencia, la instrucción y la cultura.
- La importancia geológica de la zona elegida para la conformación de un geoparque mundial coadyuva al desarrollo económico sostenible, mediante un turismo responsable.
- El geoparque con geología de importancia internacional será evaluado por científicos profesionales de las Ciencias de la Tierra.
- Los geoparques mundiales de la UNESCO son paisajes vivientes y activos en los cuales la ciencia y la población local se benefician recíprocamente.

- Tanto investigadores como los pobladores de las comunidades autóctonas deben tener claro que la educación es el núcleo de la noción de geoparque mundial, al despertar la conciencia de que la historia del globo se puede leer en las piedras, el paisaje y los procesos geológicos en marcha.
- Los geoparques mundiales de la UNESCO fomentan los vínculos entre el patrimonio geológico y el acervo natural y cultural de la región.
- La vinculación entre los patrimonios geológico, natural y cultural demuestra que la diversidad geológica está en la base de todos los ecosistemas y es el fundamento de la interacción de las personas con el paisaje.
- Las contribuciones que otorga la conformación de un geoparque mundial de la UNESCO en la zona elegida para su emplazamiento cumplen con el mandato de la UNESCO de fomentar la educación, la cultura y la comunicación.

Por lo cual, para declarar un territorio como un Geoparque Mundial de la UNESCO, retomando lo señalado por la UNESCO (2010) y de Carcavilla, Díaz-Martínez, Erikstad y García-Cortés (2013), se han de cumplir tres condiciones:

- La existencia de patrimonio geológico destacado con valor internacional.
- La implementación de estrategias de geoconservación, educación y divulgación.
- El desarrollo de un proyecto socioeconómico a escala local referido al patrimonio geológico.

Ahora bien, si una zona tiene voluntad de convertirse en geoparque y ser reconocida por parte de la Red Global de la UNESCO (GGN) debe de cumplir con un proceso de evaluación predeterminado, compuesto de las siguientes etapas (UNESCO, 2010, p. 16-19):

- El proceso arranca con la composición de un dossier que describe elementos geográficos administrativos, geológicos, de geoconservación, de infraestructura turística y del ámbito socioeconómico de la zona. Asimismo, se ha de cumplimentar un cuestionario de autoevaluación que permite identificar los puntos fuertes y débiles del proyecto. Los dos documentos se mandan a la sede del comité de coordinación dentro del plazo determinado para la recepción de nuevas candidaturas.
- El Comité Asesor recibe los documentos y los valora, con hasta dos propuestas por país, elegidas por orden de llegada. Los proyectos que sean considerados válidos serán visitados por dos evaluadores (originarios de países diferentes al que presenta el proyecto) que evaluarán *in situ* la propuesta y verifican las valoraciones del cuestionario de autoevaluación.
- Los resultados de la evaluación se muestran al Comité de Coordinación, el cual, mediante votación, decide los proyectos que serán aceptados y los que no. Esta votación se realiza anualmente y el proceso de evaluación se demora durante alrededor de un año. Los proyectos aceptados entran en la Red Global de Geoparques.
- Tras conseguir el certificado de Geoparque, éste no vale indefinidamente. Los geoparques son evaluados para verificar que siguen comprometidos con la geoconservación, educación y desarrollo y la colaboración entre los miembros de la Red. Los geoparques que vulneren alguna de las normas o que no consigan estar al nivel exigido en lo tocante a objetivos serán amonestados, y tendrán dos años para reparar las deficiencias. Si no lo hacen serán expulsados de la Red, aunque tendrán la puerta abierta a volver a ser admitidos si posteriormente

remedian a los problemas detectados. No es inusual que algunos geoparques sean expulsados de la Red, y la exigencia de un nivel de compromiso alto funciona como garantía de calidad de un programa global, no como unos meros requisitos para entrar en un selecto club.

Además de estos requisitos, los territorios candidatos deben aplicar y mostrar que cumplen con este conjunto de requisitos más un inventario de su Patrimonio Geológico, un activo clave de cualquier geoparque. Cualquier *geoparque* de la GGN debe probar que la geodiversidad de su territorio está representada por geositios (sitios de geodiversidad) de relevancia internacional. Para lograr este requisito, deben tener un inventario sólido de éstos en el territorio, destacando el valor científico de los elementos de la geodiversidad. El inventario y la gestión de los geositios es importante para todos los geoparques

Con respecto a esto, Brilha (2016) señala, que, para preparar un territorio y su conversión en un geoparque, habrá que considerar:

- Descripción general de la geodiversidad con una explicación del marco geológico y geomorfológico del territorio.
- Elaborar un inventario y evaluación cuantitativa de geositios, con base a su valor científico y a su riesgo de degradación.
- Evaluación cuantitativa del potencial educativo y turístico de sus geositios.
- Elaborar un inventario de los sitios de geodiversidad.
- Evaluación cuantitativa del potencial educativo y turístico de los sitios de geodiversidad, junto con la evaluación de riesgo.

Finalmente, con base en los resultados de los puntos anteriores se puede reconocer la importancia de preparar un plan de acción de geoconservación de geositios y sitios de conservación del geoparque, como herramienta fundamental para promover el geoparque e identificar cuáles se utilizarán como centros educativos y cuales para el fomento de recursos turísticos del territorio. Como se ha visto hasta este punto, llevar un geoparque a su aprobación frente a la UNESCO es una tarea ardua, que resulta de la participación de distintos actores sociales, principalmente; la sociedad civil, organizaciones gubernamentales, prestadoras de servicios e instituciones académicas dentro de la cual se inscribe esta investigación. En resumen, el procedimiento de incorporación de un geoparque a la GGN se puede sintetizar en metas a corto, mediano y largo plazo, los cuales se explicarán a continuación:

Corto plazo: Preparar el territorio

- Obtener la geodiversidad de QR
- Elaborar el inventario de geositios y sitios de geodiversidad
- Establecer los límites de los geoparques

Mediano Plazo: Implementación del geoparque a escala local

- Proponer actividades geoturísticas a desarrollar en el o los geoparques propuestos
- Organización administrativa con los actores sociales

- Puesta en marcha del geoparque
- Reconocimiento social del geoparque

Largo Plazo

- Elaboración del dossier
- Propuesta Formal a la UNESCO
- Incorporación de geoparque a la Red Mundial de la UNESCO

A este respecto cabe señalar que los propósitos este trabajo académico, enfocado en el territorio de Quintan Roo se centran exclusivamente en los objetivos para el futuro inmediato, siendo la base para futuras metas. Para sintetizar los requerimientos que hasta aquí se han descrito, se comparten los apartados que describe el formato e instrucciones para elaborar el expediente para aspirar al reconocimiento de Geoparque Global UNESCO descrito en Palacio et al. (2018) que sirven parcialmente como guía para la meta de esta tesis (Tabla 1.3):

| Apartado | Descripción |
|--|---|
| A. Información general | 1. Nombre de la aUGGp propuesta (indique claramente el nombre que desea usar para documentos oficiales, logotipo y web de la UNESCO, UNESCO y Red de Geoparques Global.) 2. Ubicación 3. Superficie (km ²) 4. Características breves de la geografía física y humana 5. Organización a cargo y estructura de gestión 6. Persona de contacto (nombre, cargo, teléfono, e-mail) 7. Sitio web (indique la URL) 8. Redes sociales (proporcione una lista de la totalidad de canales utilizados) |
| B. Lista de verificación de documentos | <ul style="list-style-type: none"> • Expresión de interés (enviar solicitud antes del 1° de julio) • Expediente de solicitud • Formulario de autoevaluación • Anexos al expediente de solicitud: Anexo 1: Documento de autoevaluación Anexo 2: Copia adicional y separada del apartado E 1.1 Anexo 3: Respaldo explícito de cualquier autoridad local y regional pertinente y una carta de respaldo de la Comisión Nacional para la UNESCO o el organismo gubernamental a cargo de las relaciones con la UNESCO. Anexo 4: Un mapa a gran escala de la aUGGp Anexo 5: Resumen geológico y geográfico de una página Anexo 6: Bibliografía completa de la zona en Ciencias de la Tierra en la que se resalten las publicaciones internacionales. |
| C. Ubicación del área | Además del mapa solicitado como anexo 4, proporcione información de las coordenadas geográficas utilizando el formato de latitud/longitud y datos de archivo de forma en la zona. El sistema de referencia de coordenadas que normalmente se utiliza para los datos GIS en la UNESCO es (Latitud/Longitud) WGS84 (EPSG: 4326). se para la ubicación geográfica general en su archivo de solicitud el estándar, mapas geográficos de la ONU (disponible en línea). |
| D. Destacado geológico principal y otros elementos | ¿Cuál considera que es el punto geológico más importante y otro elemento, sitio, actividad de su aUGGp? ¿Por qué la gente debería visitar su Geoparque? |
| E. Verificación de los criterios mundiales de geoparque de la UNESCO | E. 1. Territorio E.1.1 Patrimonio geológico y conservación E.1.2 Límites E.1.3 Visibilidad E.1.4 Instalaciones e infraestructura E.1.5 Información, educación e investigación |

| | |
|---|--|
| | E.2 Otro patrimonio E.2.1 Patrimonio natural E.2.2 Patrimonio cultura E.2.3 Patrimonio intangible E.2.4 Participación en temas relacionados con el cambio climático y peligros naturales. E.3. Administración E.4. Superposición E.5. Actividades educacionales E.6 Geoturismo E.7 Desarrollo sostenible y alianzas E.7.1 Política de desarrollo sostenible E.7.2 Asociaciones E.7.3 Participación plena y efectiva de las comunidades locales. E.8. Redes E.9. Venta de material geológico (a fin de confirmar que la aUGGp no está involucrada en la venta de material geológico). |
| F. Interés/argumentos para convertirse en geoparque mundial | Presente brevemente los argumentos por los que desea convertirse en un Geoparque Mundial de la UNESCO, con respecto a su propio territorio y para la Red Global de Geoparques. |

Tabla 1.3. Requerimientos para elaborar un expediente para aspirar al reconocimiento de un GGN

Elaboración propia a partir de la información Palacio et al.,2018, p 67-71.

Este trabajo de investigación cuenta con gran parte de los requerimientos indicados en la tabla anterior para generar el expediente de aspiración de reconocimiento de un GGN en Quintana Roo, sin embargo, debe tenerse en cuenta que este trabajo se centra únicamente en los objetivos a corto plazo.

Para concluir con esta primera parte del capítulo 1, resulta necesario tener presentes los pilares centrales que sustentan el proyecto de *Geoparques* y que amplían el argumento de la importancia de esta investigación. Estos son:

- **Desarrollo sostenible:** Aunque una zona tenga patrimonio geológico excepcional, de fama mundial, de valor universal excepcional, no puede ser un Geoparque Global de la UNESCO a menos que el área también tenga un programa para el desarrollo sostenible de la población local. Esto puede concretizarse como turismo sostenible a través de, por ejemplo, la creación de caminos para caminar o ir en bicicleta, capacitación de los lugareños para actuar como guías, fomentar el turismo y proveedores de hospedaje para seguir las mejores prácticas internacionales en sostenibilidad ambiental. A su vez, se trata de generar vínculos con la gente de la zona y respetar su forma de vida tradicional de una manera que los empodere y así respetar sus derechos humanos y dignidad. Es por ello que, a menos que un Geoparque Global de la UNESCO tenga el apoyo de la gente local, éste tendrá mayores posibilidades de tener éxito. El estado del Geoparque Mundial de la UNESCO no supone restricciones en cualquier actividad económica en el interior de un Geoparque Global de la UNESCO donde esa actividad respete lo indígena, legislación local, regional y / o nacional.
- **Ciencia e investigación:** Los geoparques mundiales de la UNESCO son zonas especiales en las que el patrimonio geológico, o geodiversidad, es de importancia internacional. Los geoparques globales de la UNESCO son alentados a colaborar con académicos e instituciones para tomar parte en la investigación científica activa en las Ciencias de la Tierra, y otras disciplinas como apropiado, para avanzar nuestro conocimiento sobre la Tierra y sus procesos. Un geoparque mundial de la UNESCO no es un museo, es un laboratorio vivo en que la gente puede involucrarse en la ciencia desde el nivel más alto de investigación

académica al nivel del visitante curioso. Un geoparque global de la UNESCO debe tomar gran cuidado para no alienar al público de la ciencia y absolutamente debe evitar el uso de técnicas científicas a través de la divulgación de la ciencia mediante el lenguaje adecuado en paneles de información, carteles, folletos, mapas y libros dirigidos al público en general.

- **Cultura:** El lema de los geoparques globales de la UNESCO es "**Celebrar el Patrimonio de la Tierra, Sosteniendo las Comunidades Locales**".
- Los geoparques mundiales de la UNESCO son fundamentalmente sobre personas y sobre explorar y ensalzar los enlaces entre nuestras comunidades y la Tierra. Nuestro planeta ha dado forma a lo que somos: ha dado forma a nuestra agricultura prácticas, los materiales de construcción y los métodos que hemos utilizado para nuestros hogares, incluso nuestra mitología, el folclore y tradiciones populares.
- Por lo tanto, los geoparques mundiales de la UNESCO participan en una serie de actividades para celebrar estos enlaces, generando fuertes vínculos con las comunidades artísticas donde la sinergia lanzada al traer la ciencia y las artes en conjunto puede arrojar resultados sorprendentes.
- **Igualdad de género:** Los geoparques mundiales de la UNESCO tienen un fuerte énfasis en **empoderar a las mujeres** ya sea a través de enfoques programas de educación o mediante el desarrollo de cooperativas de mujeres. En algunos geoparques globales de la UNESCO, las cooperativas de mujeres también brindan una oportunidad para que ellas puedan obtener ingresos adicionales en su propia área y en sus propios términos.
- **Conocimiento local e indígena:** Los geoparques mundiales de la UNESCO buscan implicar de modo activo a los **pueblos locales** e indígenas, al tiempo que se preserva y se celebra su cultura. Al implicar a las comunidades locales e indígenas, los geoparques globales de la UNESCO reconocen el valor de estas comunidades, su cultura y el vínculo entre estas comunidades y su tierra. Eso es uno de los criterios de los geoparques globales de la UNESCO que el conocimiento, la práctica y el conocimiento local e indígena los sistemas de gestión, además de la ciencia, se incluyen en la planificación y gestión del área.
- **Riesgos geológicos:** Muchos geoparques globales de la UNESCO promueven la conciencia de los riesgos geológicos, tales como los volcanes, terremotos y tsunamis, y muchos colaboran en la preparación de estrategias de mitigación de desastres entre las comunidades locales.
- Mediante las actividades educativas para la población local y visitantes, muchos geoparques globales de la UNESCO informan acerca de la fuente de riesgos geológicos y las formas de minimizar su efecto, incluido el desastre estrategias de respuesta. Estos esfuerzos desarrollan una capacidad importante y colaboran a la construcción de una mayor capacidad de recuperación comunidades que tienen el conocimiento y las destrezas para responder eficazmente a posibles peligros geológicos. Dicho así, el proyecto también puede sumar a la gestión integral de los riesgos de desastres en estas comunidades.
- **Cambio climático:** Los geoparques mundiales de la UNESCO mantienen registros del cambio climático pasado y educan sobre el clima actual para cambiar y adoptar un enfoque de mejores prácticas para emplear la energía renovable y poner en marcha unos estándares óptimos de "turismo verde". Mientras que algunos geoparques globales de la UNESCO fomentan el crecimiento verde en la zona a través de proyectos innovadores, otros funcionan como museos al aire libre sobre el impacto del cambio de clima actual lo que brinda la oportunidad de enseñar a los visitantes la manera en que el cambio climático puede afectar nuestro entorno. Tales actividades y proyectos comunitarios y educativos son cruciales para crear conciencia sobre el

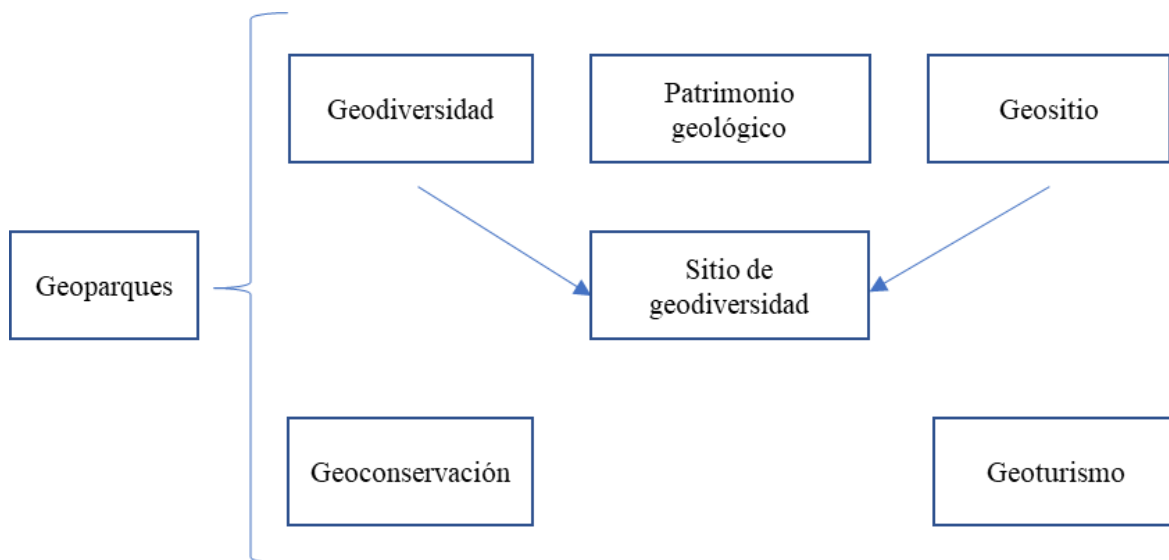
efecto del calentamiento global en la zona, y para proporcionar a las comunidades locales el conocimiento para reducir y adaptarse a los efectos potenciales del cambio climático.

Estos argumentos amplían la justificación del tema de esta investigación. Para avanzar en la propuesta de esta tesis se presentan a continuación los conceptos claves necesarios para comprender el proyecto de los geoparques, necesarios para entender la propuesta en Quintana Roo.

1.2 Conceptos generales para comprender el proyecto de los geoparques globales

Con respecto a la cuestión conceptual del proyecto, se tiene que es hasta los años noventa del siglo XX cuando, principalmente, geólogos y geomorfólogos se dieron a la tarea de postular conceptos que permitieran dar identidad y sistematización de los conocimientos que se venían dando décadas atrás, encaminados a dar sentido a la protección de la estructura física del planeta. En el caso del campo de la geoconservación y los geoparques destacan geodiversidad, geoconservación, geositios y patrimonio geológico, entre otros.

Estos pueden comprenderse de manera jerárquica de acuerdo con su uso y escala de análisis, para tal propósito se añade el siguiente esquema (Esquema 1.1):



Esquema 1.1. Principales conceptos para entender los Geoparques Mundiales de la UNESCO.

Fuente: Elaboración propia.

La construcción y desarrollo de dichos conceptos se desarrolla a continuación.

1.2.1 Geodiversidad

Respecto a este concepto, considerado como principal, se tiene la referencia a la variedad que tienen los elementos abióticos de la Naturaleza, como: la roca madre, las formas del relieve, los suelos, etc.

| Autor | Definiciones |
|----------------------------------|--|
| Sharples, 1995 | El rango (o diversidad) del geológica (roca madre), geomorfológica (relieve) y del suelo características, ensamblajes, sistemas y procesos. |
| Eberhard, 1997 | El área de distribución natural (diversidad) del geológica (roca madre), geomorfológica (relieve) y del suelo características, ensamblajes, sistemas y procesos. Geodiversidad incluye pruebas para la historia de la tierra (evidencia de vida pasada, los ecosistemas y entornos) y una serie de procesos (biológicos, hidrológicos y atmosféricos) Actualmente actúa sobre rocas, formas de relieve y los suelos. |
| Nieto, 2001 | Es el número y variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, materiales geológicos, minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato de una región, sobre las que se asienta la actividad orgánica, incluida la antrópica. |
| Gray, 2004 | El área de distribución natural (diversidad) de geológicos (rocas, minerales, fósiles), (forma de la tierra, los procesos) geomorfológica y las características del suelo. Incluye sus ensamblajes, relaciones, propiedades, interpretaciones y sistemas. |
| Carcavilla, López, y Durán, 2007 | Consideramos que se puede entender por geodiversidad la diversidad geológica de un territorio, entendida como la variedad de rasgos geológicos presentes en un lugar, identificados tras considerar su frecuencia, distribución y cómo éstos ilustran la evolución geológica del mismo. |
| Serrano y Ruiz, 2007 | La variabilidad de la naturaleza abiótica, incluidos los elementos litológicos, tectónicos, geomorfológicos, edáficos, hidrológicos, topográficos y los procesos físicos sobre la superficie terrestre, los mares y océanos, junto a sistemas generados por procesos naturales, endógenos, exógenos, y antrópicos, que comprende la diversidad de partículas, elementos y lugares”. |
| Urresty, et al. (2015) | [...] en general, todos los autores coinciden en que el concepto se refiere al conjunto de aspectos relacionados con el medio abiótico, el cual incluye las características litológicas, estratigráficas, mineralógicas y tectónicas de un área, además de sus rasgos geomorfológicos, pedológicos y paleontológicos (Silva et al., 2014 citada en Urresty et al 2015, p. 392) |
| Fernández et al. (2015) | [...] la geodiversidad incluye todos los componentes del medio físico abiótico, no solo los geológicos (p.19) |
| Núñez et al. (2017) | “Materiales relevantes comprenden los minerales, las rocas, los sedimentos, los fósiles, los suelos y el agua. Las formas comprenden los plegamientos, fallas, masas de tierra y otras expresiones de morfología o relaciones entre unidades de materiales terrestres. Todo proceso natural que continúa actuando, manteniendo o modificando sea los materiales o las formas (por ejemplo, tectónica, transporte de sedimentos, pedogénesis) representa otro aspecto de la geodiversidad”. |
| Carrión et al (2018) | “La geodiversidad abarca conceptos de patrimonio Geológico patrimonio minero, que se utilizan en foros geológicos-mineros para reconocer la figura de elementos singulares de la naturaleza que sirven para la educación, el desarrollo científico y con fines geoturísticos. Siempre entendiendo que todos ellos constituyen elementos de un patrimonio natural, y que a su vez este es una parte significativa de la naturaleza” (p. 38). |
| Hederich (2021) | “En general, hay consenso de que la geodiversidad está constituida por todos los elementos abióticos de la naturaleza, principalmente la geología, la geomorfología y los suelos (dos Santos et al. 2020 citado en...) pues estos tres actores son los que interactúan de forma más estrecha con los elementos bióticos del sistema terrestre (Zakharovsky y Németh, 2021 citado en Hederich 2021, p. 3) [...la geodiversidad sí está estrechamente relacionada con la humanidad y su desarrollo (Chakravorty y Gray, 2020 citado en Hederich, 2021) pues nuestra sociedad no podría existir sin la utilización de los recursos geológicos de la Tierra (Gray, 2019). |

Tabla 1.4 Algunas definiciones de geodiversidad

Fuente: Elaboración propia en referencia a los autores mencionados

Las definiciones que se han planteado sobre este término son numerosas. En particular, destacan las de Sharples (1995), Eberhard (1997), Nieto (2001), Gray (2004), Carcavilla, López, y Durán (2007) y Serrano y Ruiz (2007). Para ello se pueden consultar las definiciones de la (Tabla 1.4).

A pesar del número de definiciones existentes sobre geodiversidad, hasta el momento no hay un consenso entre los especialistas en torno a su definición. Paralelamente Soledad et al. (2021) señalan que este término ha sido abordado por múltiples autores desde hace casi treinta años; sin embargo, la apropiación del concepto es aún débil en la comunidad académica local. No obstante, existen componentes esenciales en su conceptualización. Entre ellos destacan los siguientes elementos naturales abióticos: litológicos, estratigráficos, tectónicos, mineralógicos, paleontológicos, geomorfológicos y edafológicos. En casi todas las definiciones se consideran los procesos de formación de las rocas, geoformas, suelos, minerales, fósiles; es decir, toman en cuenta la dinámica de formación y modelado de los elementos abióticos. Otros aspectos incluidos son: tiempo geológico, variedad, tipos, distribución y escala de los elementos abióticos.

Sumando a estas definiciones se retoma la siguiente: la geodiversidad es un componente fundamental del Patrimonio Natural² de un espacio. Su estudio contribuye a la comprensión de la historia geológica de los procesos que han conformado al planeta. Es en las rocas y en los fósiles dónde se encuentra el registro de su evolución. La geodiversidad tiene concordancia con la biodiversidad, ya que la complementa y la sustenta. Por ejemplo, el crecimiento de las plantas depende, en cierta medida, de los elementos abióticos litológicos y edafológicos de un lugar (Carcavilla et al. 2007).

Es así como se puede concluir que para caracterizar la geodiversidad de un lugar es recomendable considerar los siguientes aspectos:

- Identificación de la variedad y/o tipos de rocas, minerales, fósiles, paisajes y suelos.
- Distinguir los procesos constructores (tectonismo y vulcanismo) y modeladores del relieve (intemperismo y erosión).
- Realizar la interpretación de la historia geológica con base a la edad de las rocas y su estratigrafía.
- Establecer la relación e interacción entre los componentes.

La importancia de la geodiversidad radica en que históricamente, la geodiversidad ha sido y sigue siendo, proveedora de múltiples y variados recursos naturales para el desarrollo social (Gray, 2004). De hecho, existe una relación directa entre el uso de ciertos minerales y distintos periodos de la historia humana. Por ejemplo, la edad de los metales está asociada al cobre y al hierro; la revolución industrial se vincula con la explotación del carbón; en la actualidad, el petróleo es la principal fuente de energía del planeta; y qué decir del coltán mineral, utilizado para fabricar componentes esenciales de los dispositivos electrónicos móviles.

² Conjunto de bienes y recursos de la naturaleza, fuente de diversidad biológica y geológica, que tienen un valor relevante ambiental, paisajístico, científico o cultural. (Diccionario panhispánico del español jurídico en línea, <https://dpej.rae.es/lema/uso-sostenible-del-patrimonio-natural>)

Los elementos de la geodiversidad han sido el sostén del desarrollo de la sociedad a todo lo largo de su historia. Asimismo, es el escenario donde se gestan los peligros y los riesgos naturales que afectan al hombre.

Es por las razones anteriores que la geodiversidad desempeña un papel fundamental en el desarrollo de los grupos humanos, de ahí la necesidad de su conservación y el manejo adecuado de sus elementos. En este orden de ideas, Murray Gray (2004) propone una clasificación de valores para la geodiversidad que es necesario considerar para su análisis. Entre estos, destacan los siguientes: intrínseco, cultural, estético, económico, funcional, científico y educativo (Tabla 1.5).

| Valores | Características |
|------------------------|--|
| Intrínseco | Valor que tiene por sí misma la naturaleza, independientemente del que le otorga la sociedad |
| Cultural | Valor que le confiere la sociedad a la naturaleza cuando se presenta una relación entre la geodiversidad y elementos socioculturales de un grupo humano |
| Estético | Valor desde una perspectiva subjetiva que se le otorga a la belleza de un escenario natural |
| Económico | Valor económico otorgado a los componentes materiales de la geodiversidad, especialmente a minerales y rocas útiles para satisfacer necesidades humanas |
| Funcional | Valor que tienen los elementos de la geodiversidad como suelos, sedimentos, rocas, paisajes en los sistemas físicos y naturales, como soporte de vida y de las actividades humanas |
| Científico y educativo | Valor de la geodiversidad como un laboratorio para investigar, aprender, y probar teorías con respecto al origen y evolución del planeta |

Tabla 1.5. Valores de la geodiversidad

Fuente: Elaboración propia con base en Gray (2004).

A pesar de que la geodiversidad aporta tantos beneficios a la sociedad, estos no son reconocidos y valorados socialmente por lo que constantemente son amenazados por las actividades antrópicas. Entre las actividades sociales más comunes que afectan dicha riqueza se pueden mencionar: la extracción de recursos geológicos, el desarrollo de infraestructura hidráulica, la deforestación, el desarrollo agrícola, las actividades militares, las actividades recreativas y turísticas, la colección de muestras minerales para fines no científicos, la ignorancia cultural, entre otras (Brilha, 2005).

Ante este contexto surge la pregunta: ¿se puede proteger toda la geodiversidad del planeta? Desafortunadamente todavía no existen ni los recursos ni la visión a futuro suficiente para enfrentar este reto. No obstante, esta limitante, vale la pena distinguir qué parte de la geodiversidad se debe de proteger, en qué extensión territorial y, sobre todo, qué estrategias implementar para su conservación. Varios autores (Brilha, 2005), (Carcavilla et al. 2007 y Carcavilla, 2014), han enfrentado estos cuestionamientos y conceptualmente han aportado pistas para dilucidar esta cuestión. Desde la perspectiva de esta investigación se reconocen tres conceptos que abordan el planteamiento descrito en el párrafo anterior: sitios de interés geológico, lugares de interés geológico y *geositios*.

El proyecto argentino *Sitios de Interés Geológico* considera así a aquellos sitios que proporcionan información fundamental para el conocimiento de la historia de la evolución de nuestro planeta y la vida que aquí se desarrolló. Su objetivo principal es satisfacer una necesidad cada vez más creciente de la población en general acerca del cómo, cuándo y porqué del paisaje que se contempla³. Los *Lugares de Interés Geológico* (LIG) se definen como áreas de interés científico, didáctico o turístico que, por ser únicas o poseer un carácter representativo, son imprescindibles para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos, comprendiendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica⁴. Por ahora, corresponde avanzar en la definición de uno de los conceptos más sustanciales para identificar un espacio potencial para ser un geoparque.

1.2.2 Geositio y sitios de geodiversidad

Sobre el término geositio se han revisado varias definiciones, pero para los fines de esta investigación se eligió la enunciada por Brilha, (2016). Para este autor un geositio se define como la ocurrencia (expresión) de uno o más elementos aflorantes de la geodiversidad (ya sea como resultado de la acción de procesos naturales o por la intervención humana), bien delimitado geológicamente y que posee valor excepcional desde el punto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico u otro.

Estos tres conceptos: “*sitios de interés geológico, lugares de interés geológico y geositios*” son un referente en el estudio de esta línea de investigación. Para los fines de este trabajo se empleará la definición del Dr. Brilha referida a los *geositios*, debido a que hace una conexión con el tratamiento de la geodiversidad y el desarrollo futuro de los conceptos de patrimonio geológico y geoconservación (concepto en el que se profundizará más adelante). Se tiene así que los *geositios* se pueden considerar como sitios privilegiados de una zona, ya que es ahí donde mejor se pueden contemplar y analizar los registros o los procesos geológicos que enriquecen nuestro conocimiento del origen del paisaje de un área determinada. En otras palabras, al analizar las características de los geositios de una región, se hallarán las claves para descifrar su historia geológica y también para hacer pronósticos acerca de su evolución. Definir el valor de uno o varios geositios en un área determinada, acorde con los valores antes mencionados e inventariarlos y a continuación clasificarlos, constituye un primer paso en el entendimiento de la valoración y gestión de la geodiversidad, por ello el primer paso a seguir es inventariar y clasificar los geositios de un área de estudio.

Cuando se localiza un geositio extraordinario de gran valor científico, rareza, integridad (bien conservados), por su representatividad se pueden llegar a considerar lo siguiente:

- Geositios in situ (por ejemplo, colada de lava, capas estratigráficas, cenotes o cuevas inundadas).

³ Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Lugares de Interés Geológico. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www.segemar.gov.ar/index.php/sitios-de-interes-geologico/conceptos-basicos>

⁴ Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

- Geositios ex situ (colecciones de rocas o fósiles que se encuentran fuera de su lugar de origen, un museo o una colección privada, por ejemplo).

Ambos grupos se califican como elementos del patrimonio geológico. Por tales motivos, los geositios constituyen un verdadero patrimonio para la comunidad, que puede ser aprovechado para la formación de su población, así como también para compartir este conocimiento con turistas o visitantes eventuales que aprecien el valor de comprender la historia del paisaje. Metodológicamente⁵ hablando en el proceso de valoración y gestión de la geodiversidad el primer paso a seguir es inventariar y clasificar los geositios de un área de estudio.

Otro concepto fundamental para el desarrollo de la investigación y que se ha trabajado escasamente es el de *sitio de geodiversidad*. Para comprenderlo, se puede considerar como un concepto intermedio entre geodiversidad y geositio. Aunque son manifestaciones importantes de la geodiversidad de un lugar, no llegan a la categoría de geositios. Para Brilha (2016), hay muchos elementos de geodiversidad que no tienen un valor científico en particular, sino que siguen siendo importantes recursos para la educación, el turismo, o la identidad cultural de comunidades. De ahí la necesidad de contar con un concepto que los defina. Sus manifestaciones pueden ser in situ y ex situ. Un buen ejemplo de los primeros puede ser un plegamiento expuesto de rocas calizas, útil para desarrollar una experiencia de aprendizaje mediante la interpretación de sus características.

Un ejemplo que ilustra los sitios de geodiversidad ex situ son los geomonumentos, considerados como construcciones edificadas con base a rocas con cualidades estéticas. Estos son útiles para promover las características y el valor del patrimonio de un lugar a través del turismo. En la Ciudad de México se tienen numerosos ejemplos, como el Palacio de Bellas Artes el cual fue construido con mármol traído de Italia y de canteras de los estados de Querétaro e Hidalgo. Avanzando en la definición de los conceptos, se comparte a continuación el de patrimonio geológico.

1.2.3 Patrimonio geológico

El término patrimonio proviene del latín *patrimonium*, que hace mención del conjunto de bienes materiales e inmateriales que pertenecen a una persona o a un grupo humano y que son valorados socialmente. Para su estudio el patrimonio se divide en Patrimonio Cultural y Patrimonio Natural. El concepto de patrimonio cultural se refiere al patrimonio de tipo cultural que es propio de una determinada comunidad y que por este motivo ha de ser conservado y transmitido tanto a las generaciones actuales como a las venideras.⁶

⁵ Tema para desarrollar en el capítulo 5 de esta tesis.

⁶ Águeda G. (2022). *Patrimonio Cultural*. En Definición ABC: Su diccionario hecho fácil. Recuperado de <http://www.definicionabc.com/general/patrimonio-cultural.php>

Por otro lado, el patrimonio natural se refiere al conjunto de seres bióticos y abióticos que configuran el medio natural. Según la UNESCO, el patrimonio natural lo conforman los valores naturales que son relevantes desde un punto de vista estético y medioambiental. Este tipo de patrimonio lo conforman las áreas naturales, valoradas por la belleza de sus paisajes, por sus formaciones físicas, geológicas y biológicas, por constituirse en el hábitat de especies animales y vegetales, y por brindar los primeros satisfactores que los pobladores de un lugar requieren para desarrollarse e impulsar sus actividades.

Es así como todas aquellas manifestaciones naturales y culturales que se presentan en el espacio geográfico valoradas socialmente, conforman el Patrimonio Natural y Cultural de un pueblo. Ambos patrimonios refuerzan el sentido de comunidad con una identidad propia, y son percibidos por otros como característicos. Asimismo, ambos patrimonios deberán aprovecharse, respetarse, protegerse y conservarse para generaciones presentes y futuras.

En las últimas dos décadas se han formulado algunas definiciones de Patrimonio Geológico, planteadas desde el punto de los investigadores en el ámbito del Patrimonio Natural. A continuación, se enuncian tres:

- “El conjunto de recursos naturales, no renovables, ya sean formaciones rocosas, estructuras geológicas, acumulaciones sedimentarias, formas del terreno, o yacimientos minerales, petrológicos o paleontológicos, que permiten reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la historia de la Tierra y de los procesos que la han modelado, con su correspondiente valor científico, cultural, educativo, paisajístico o recreativo” (Cendrero, 1996).
- “El patrimonio geológico es el conjunto de los recursos naturales geológicos que poseen valor científico, cultural y/o educativo, y que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente, y d) el origen y evolución de la vida” (Sociedad Geológica de España, 2004).
- “El conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra y los procesos que la han modelado”. Incluye también las colecciones de fósiles y minerales que constituyen el llamado patrimonio geológico (Carcavilla, Delvene, Díaz-Martínez, García, Lozano, Rábano, Sánchez, y Vegas, 2014).

Si se analizan estas definiciones, se observan cuatro aspectos fundamentales cuando se trabaja con el patrimonio geológico:

- Su conformación: conjunto de recursos naturales no renovables
- Sus componentes: formaciones rocosas, estructuras geológicas, sedimentos, geoformas, rocas, minerales y fósiles
- Sus valores: científico, cultural, educativo, recreativo y estético.

- Su papel social: conocimiento, estudio, interpretación de la historia geológica del planeta y los procesos que le han dado origen.

Como lo señala el Instituto Geológico Minero de España, el concepto de patrimonio geológico es muy amplio, por ello es necesario efectuar estudios temáticos de aspectos concretos vinculados a la geología y su valor patrimonial. Así pues, para facilitar su estudio se usan términos como patrimonio paleontológico, patrimonio geomorfológico, patrimonio mineralógico, etc., los cuales se entienden como parte constitutiva del patrimonio geológico en un sentido amplio (Caravilla et al. 2014).

1.2.4 Geoconservación

De la misma manera que existen amenazas para la geodiversidad en general, también existen amenazas específicas para el patrimonio geológico. Éstas se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Actividades económicas primarias indispensables para satisfacer las necesidades básicas de la sociedad:
 - Explotaciones agrícolas
 - Explotaciones ganaderas
 - Explotaciones forestales
 - Explotaciones mineras
- Actividades para la provisión de servicios
 - Desarrollo urbano
 - Construcción de infraestructuras
 - Emplazamiento de vertederos y escombreras
 - Dragados, excavaciones y extracción de materiales
- Actividades para la recreación o culturales
 - Recolección de fósiles
 - Emplazamiento de infraestructuras turísticas
 - Prácticas deportivas

En ocasiones, estas actividades pueden provocar la modificación del estado actual del patrimonio geológico. Según con Del Ramo y Guillén (2002), algunos ejemplos son: la pérdida de suelos, la pérdida de bancos de fósiles, la alteración o destrucción de estructuras geológicas (contactos litológicos, planos de fallas, afloramientos rocosos, etc.).

Ante esta situación, como se ha mencionado anteriormente, en las últimas décadas ha surgido el interés por parte de geólogos y geomorfólogos de proteger el patrimonio geológico, lo que ha promovido la formulación del concepto *geoconservación*, definido por Carcavilla et al. (2007) como:

“[...] el conjunto de técnicas y medidas encaminadas a mantener la conservación (incluyendo la rehabilitación) del patrimonio geológico y de la geodiversidad, basada en el análisis de sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y el riesgo de degradación”. (p. 174).

Este concepto lleva a plantear los argumentos que justifiquen la importancia de la geoconservación. En el documento “Recomendación (2004-3) del Consejo de Europa sobre la Conservación del Patrimonio Geológico y Áreas de Especial Interés Geológico” (Comité de Ministros del Consejo de Europa, 2004) se plantean las siguientes ideas al respecto:

- “El patrimonio geológico constituye una parte del patrimonio natural que debe ser preservada para generaciones futuras.”
- “La conservación y gestión del patrimonio geológico debe de ser integrada en los programas promovidos por los gobiernos.”
- “Determinadas áreas de importancia geológica pueden sufrir un notable deterioro si no son consideradas en los planes de desarrollo.”
- “A un nivel menos formal podría decirse que los elementos geológicos constituyen un recurso científico y educativo muy importante. En ellos quedaron registrados millones de años de historia de la Tierra a lo largo de la cual los continentes se han movido, los climas han variado, el nivel del mar ha ascendido y descendido, y las plantas y animales han aparecido, evolucionado y, en algunos casos, desaparecido.”

En particular, para esta investigación, se considera que se debe conservar el patrimonio geológico de un lugar debido a que en su conjunto representa la evidencia de una parte de la historia geológica del planeta en dicho lugar ocurrido bajo procesos y condiciones específicas, que no se volverán a presentar al menos en términos de la historia humana actual. Por lo cual resulta altamente significativo el concepto de *geoturismo* como una estrategia de geoconservación, el cual se define a continuación.

1.2.5 Geoturismo: un modelo de turismo alternativo

Un aspecto fundamental que guía el proyecto de *Geoparques*, indicado anteriormente como uno de los pilares, se encuentra en lo correspondiente al desarrollo sostenible. Si bien, hay mucho por discutir sobre el término⁷, el concepto toma relevancia al mediar los términos bajo los cuales se han de realizar las actividades en los geoparques tanto en el aspecto económico como en el social.

⁷ ¿Qué diferencia existe entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable? De acuerdo con las Naciones Unidas, la diferencia que existe entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable es que el desarrollo sustentable es el proceso por el cual se preserva, conserva y protege solo los Recursos Naturales para el beneficio de las generaciones presentes y futuras sin tomar en cuenta las necesidades sociales, políticas ni culturales del ser humano, mientras que el desarrollo sostenible es el proceso mediante el cual se trata de satisfacer las necesidades económicas, sociales, de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras.

Tener presente esta consideración al momento de acercarse al concepto de turismo es de suma importancia, ya que dicha actividad es el principal motor que dinamiza las actividades en los geoparques. Sin embargo, ¿cómo puede convivir la actividad turística, que en muchos casos se reconoce como invasiva, de manera que sea sostenible para conservar el patrimonio geológico que promueven los geoparques? Como respuesta, se considera oportuna la opción del *geoturismo*. Para contextualizar sobre este concepto, es importante ubicarlo en un primer momento dentro del campo de estudio del turismo.

La clasificación de Turismo identificada por la Organización Mundial del Turismo (OMT, 1997) está establecida en función de los lugares de origen y destino de los turistas⁸. Esta clasificación toma en cuenta la demanda y la dirección de los flujos o corrientes turísticas. Contempla tres tipos de turismo:

- Turismo doméstico: ciudadanos que visitan su propio país
- Turismo receptivo: no residentes procedentes de un país determinado
- Turismo emisor: residentes del país propio que viajan a terceros países

De esta clasificación y sus múltiples combinaciones, surge una nueva:

- Turismo interior: doméstico y receptivo
- Turismo nacional: doméstico y emisor
- Turismo internacional: emisor y receptivo

Por otro lado, la Secretaría de Turismo de México (SECTUR) divide al turismo en convencional y alternativo con base en el volumen de visitantes y al interés que se persigue⁹, a propósito, se retoma lo siguiente:

Turismo convencional. Llamado también de masas o tradicional, se caracteriza por el gran volumen de turistas que se desplazan a los destinos turísticos, desde sus lugares de origen. Para brindarles los servicios que reclaman, es necesaria la construcción de grandes conglomerados o “resorts”, que son propiedad de empresas turísticas y de grandes corporaciones transnacionales. El turismo de masas demanda el mismo tipo de instalaciones, servicios y transporte en Bali, Nueva York o Cancún. Un rasgo importante de este tipo de turismo es la poca interacción los paseantes y los integrantes de las comunidades locales, condición indispensable para el desarrollo del turismo rural y el geoturismo, considerados como formas de turismo alternativo.

Turismo alternativo. En la Declaración de Manila sobre el Turismo Mundial (Organización Mundial del Turismo, 1980) se reconoció una forma de turismo diferente que se denominó “alternativo” y se establecieron sus modalidades: ecológico, cultural y especializado.

⁹ Es a partir de esta división que se enmarca el geoturismo, elemento fundamental de esta investigación. Vale la pena señalar que estamos de acuerdo en la división que hace SECTUR entre turismo convencional y alternativo, más diferimos en la conceptualización que hace del turismo alternativo.

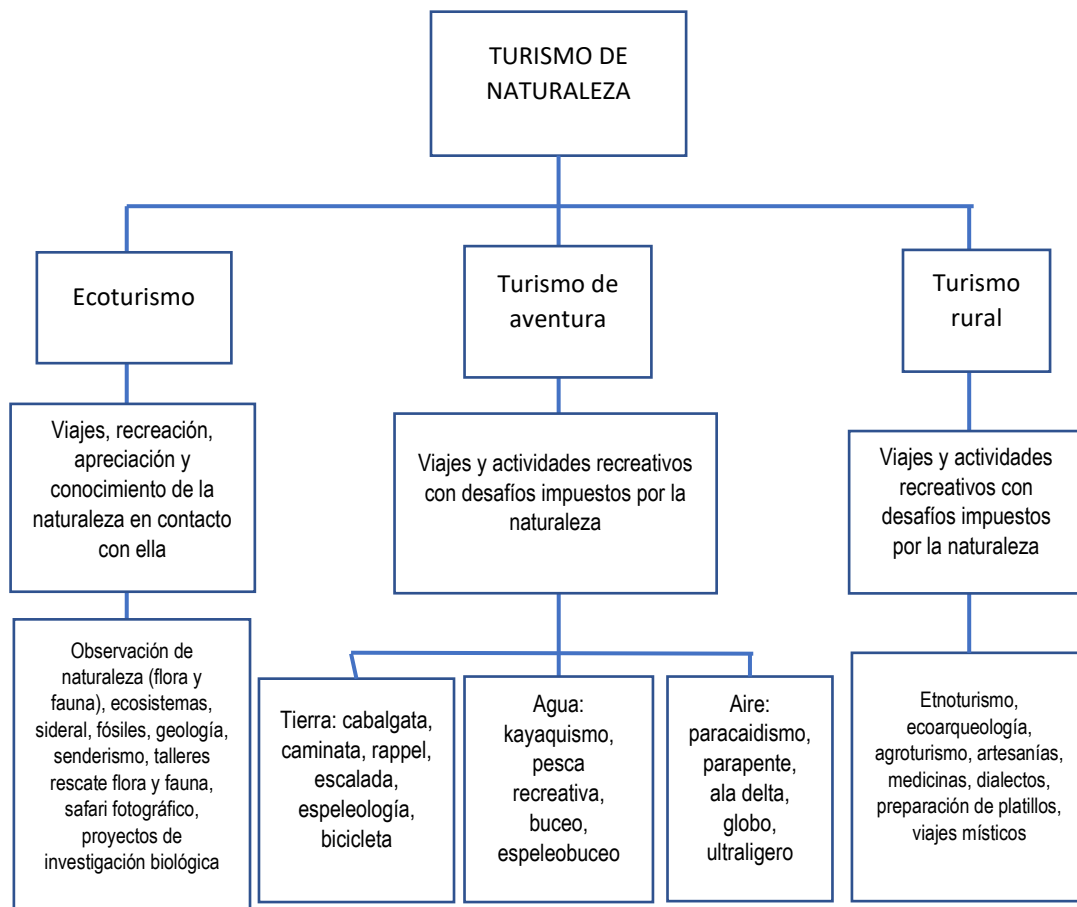
También la SECTUR (2004) ha buscado estandarizar y unificar criterios sobre el término *turismo alternativo* a fin de desarrollar productos con esta modalidad en México, al considerar a un tipo de turista que busca algo más de lo que puede ofrecerle el turismo de masas. Basa su definición en tres elementos:

- La razón por la que el turista se desplazó: disfrutar de su tiempo libre para realizar diversas actividades en itinerancia, a la búsqueda de experiencias que resulten significativas.
- La búsqueda consiste en llevar a cabo estas actividades en y con la naturaleza, preferentemente en un estado conservado o prístino.
- La actitud de compromiso que debe tener el turista cuando acepta llevar a cabo estas actividades: respeto, aprecio y cuidado de los recursos que está empleando para su disfrute.

Con base en esas tres premisas la SECTUR (2004) considera al turismo alternativo como:

“[...] los viajes que tienen como fin realizar actividades recreativas en contacto directo con la naturaleza y las expresiones culturales que le envuelven con una actitud y compromiso de conocer, respetar, disfrutar y participar en la conservación de los recursos naturales y culturales.” (p. 22).

Adicionalmente, la SECTUR establece tres tipos de turismo alternativo o de naturaleza en México: ecoturismo, turismo de aventura y turismo rural, tal como se muestra en el siguiente esquema:



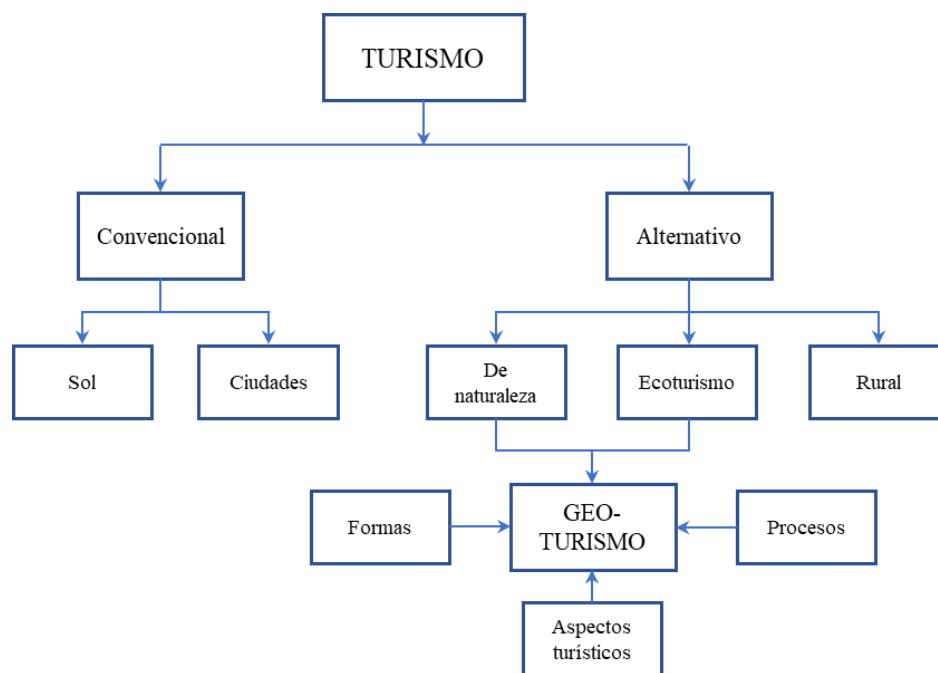
Esquema 1.2. Clasificación del turismo de naturaleza

Fuente: Elaboración propia con base en SECTUR (2004)

Al indagar en qué tipo de turismo se podría situar al geoturismo, se deben considerar varios aspectos que involucra tal concepto. Traer a colación algunas definiciones de este, aportarán más argumentos para llegar al menos, a enunciar una propia. Un paso obligado para definir un concepto es buscar la raíz etimológica del término, que como en la mayoría de los casos, proviene de una voz griega o latina o de una combinación de ambas. Los términos que empiezan con *geo-* provienen, de la raíz indoeuropea *geo-* 'tierra', que dio lugar en griego a *Gaya* o *Gea*, la Madre Tierra, hija de Caos, en la mitología olímpica. De ahí que en muchas lenguas se utilice este prefijo para denominar a las Ciencias que estudian a la Tierra.

Como se anota en páginas anteriores, el vocablo *turismo* proviene de las voces latinas: *tornus*= torno y *tornare*= redondear, tornear, girar; y de *-ismo*, que hace referencia a la acción realizada por un grupo de personas. Así, etimológicamente, el término *turismo* se refiere a "las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un período de tiempo consecutivo inferior a un año, con fines de ocio, y otros motivos no relacionados con el ejercicio de una actividad remunerada en el lugar visitado", (SECTUR).

Para dar más sentido al concepto de geoturismo, además de la definición resultante de sus raíces etimológicas, es necesario acudir a fuentes autorizadas, que no van más allá de la última década del siglo XX. Al respecto tenemos los 13 principios del geoturismo propuestos por *National Geographic* y los trabajos realizados por geólogos estudiosos del tema. Estos principios se crearon para proteger los lugares distintivos del mundo mediante (1) mejorar del carácter geográfico del lugar; (2) cumplir con los principios de los códigos internacionales; (3) basar el turismo en los recursos de la comunidad fomentando la participación y el desarrollo de esta misma; (4) apoyar a las micro y medianas empresas comunitarias para incentivar el crecimiento económico; (5) asegurar la satisfacción de los geoviajeros para que promocionen el lugar y la demanda sea continua; (6) minimizar las acciones de contaminación e impacto en el ambiente; (7) alentar el mantenimiento los hábitats naturales, los sitios patrimoniales, el atractivo estético y la cultura local no sobrepasando la capacidad del lugar; (8) hacer una planeación que reconozca la necesidad económica inmediata sin sacrificar el carácter a largo plazo y el potencial geoturístico del destino; (9) no dejarse llevar por el desarrollo y evitar así la degradación no deseada; (10) fomentar el desarrollo de instalaciones de alimentación y alojamiento adecuadas para atraer a más demografías; (11) generar un ambiente donde tanto los visitantes como a los anfitriones aprendan sobre el lugar; (12) enfocarse en los segmentos del mercado turístico que más lo aprecien y respeten; (13) establecer un proceso de evaluación que un panel independiente revise. La primera vertiente puede esquematizarse de la manera siguiente (Esquema 1.3):



Esquema 1.3. El geoturismo en el ámbito del turismo alternativo.

Fuente: Elaboración propia con base en D. Newsome y R.K. Dowling (2010).

Dentro de la vertiente del geoturismo desarrollada por los geólogos, se han planteado algunas definiciones para describir este concepto. A continuación, se presentan en orden cronológico las enunciadas por Hose, Dowling y Newsome y Sadry entre 1995 y 2011. La primera definición de geoturismo fue enunciada por Hose (1995) de la siguiente manera:

“The provision of interpretive and service facilities to enable tourists to acquire knowledge and understanding of the geology and geomorphology of a site (including its contribution to the development of the Earth sciences) beyond the level of mere aesthetic appreciation.” (p.).

En la definición de Hose, sobresalen las siguientes ideas:

- Los centros de atención serán, en primera instancia el geositio/geomorfosio.
- La necesidad de contar con servicios, como el uso de elementos tecnológicos (plataformas), para que el turista se inicie en el conocimiento de los elementos geológicos y geomorfológicos del sitio que visita.
- Una guía geoturística (digital y escrita) elaborada por expertos en Ciencias de la Tierra que ilustre al turista en los conocimientos arriba mencionados.
- Si se dieran las condiciones idóneas en los geoparques el turista podría, inclusive, hacer una interpretación de lo visto, leído y oído, para un mejor aprendizaje de los fenómenos geológicos y geomorfológicos observados.

La definición original de Hose se enriqueció con los argumentos presentados por Ross K. Dowling y David Newsome en 2006, a saber:

“Tourism relating specifically to geology and geomorphology and the natural resources of landscape, landforms, fossil beds, rocks and minerals, with an emphasis on appreciating the processes that are creating and created such features.” (p.).

Lo novedoso en la propuesta de estos autores es relacionar:

- la geología y la geomorfología con la presencia de recursos naturales presentes en el paisaje,
- las camas fósiles, rocas y minerales y formas de relieve y
- los procesos creadores y que darán lugar a rasgos futuros.

Bahram N. Sadry (2009) añade datos interesantes en su proposición al definir el geoturismo como:

“Geotourism is a known based tourism, an interdisciplinary integration of the tourism industry with conservation and interpretation of abiotic nature attributes, beside considering related cultural issues, within the geosites for the general public.” (p. 17).

En el enunciado anterior destacan varios elementos no contemplados en las definiciones anteriores que permiten entrever ya, una definición cada vez más completa. Tales elementos son:

- El geoturismo es un turismo basado en el conocimiento.
- Es una integración disciplinaria entre la industria del turismo, la interpretación de los atributos abióticos de la naturaleza y considera ya aspectos sociales.
- La explicación de la integración interdisciplinaria debe construirse pensando en un público no versado en la materia

En 2010, seis años después de publicada su definición de geoturismo, Dowling y Newsome la enriquecieron como sigue:

“A form of natural area tourism that specifically focuses on landscape and geology. It promotes tourism to geosites and the conservation of geo-diversity and an understanding of Earth Sciences through appreciation and learning. This is achieved through independent visits to geological features, use of geo-trails and viewpoints, guided tours, geo-activities and patronage of geosite visitor centers.” (p.).

En esta nueva definición destacan:

- El geoturismo se realiza en un área natural y se enfoca en el paisaje y en la geología.
- Al practicar el geoturismo se promueve el aprendizaje a través de la apreciación razonada, de la importancia de los geositos y la conservación de la geodiversidad.
- Se inicia al visitante en el conocimiento de las ciencias de la Tierra.
- Se propone una cierta planificación para el área a visitar, al recomendar la instalación de geosenderos, puntos de observación del paisaje, visitas guiadas y actividades y geopatrocinios.

A su vez, Hose (2011), redefine su concepto de geoturismo de la siguiente manera:

“The provision of interpretative and service facilities for geosites and geomorphosites and their encompassing topography, together with their associated in-situ and ex-situ artefacts, to constituency-build for their conservation by generating appreciation, learning and research by and for current and future generations.” (p.232).

Las principales ideas planteadas son:

- Introduce los términos geositio y geomorfosio
- Reafirma la necesidad de contar con instalaciones y servicios para una mejor apreciación de los rasgos geológicos del geoparque, a partir del aprendizaje e investigación *in situ*.
- Tener en cuenta la conservación del geoparque como un legado para las próximas generaciones.

Por otro lado, también debe considerarse que para la UNESCO (2011), el geoturismo fomenta y acrecienta la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes. Es una actividad orientada a lograr, por una parte, la apreciación de la geología y la geomorfología de los paisajes por parte del visitante y por otra, la práctica de un turismo sustentable que minimice el impacto cultural y ambiental y que mejore el desarrollo económico local de su población.

A la vez, la apreciación este turismo de la naturaleza, como lo llaman Newsome y Dowling (2010) se centra en los elementos del paisaje natural, específicamente los aspectos geológicos, y debe ir acompañado de una educación científica orientada al visitante, quien al visitar un geoparque, entenderá , de manera sencilla, la forma en que se modelaron los elementos abióticos de la naturaleza mediante los procesos dinámicos; a partir de este conocimiento, el turista podrá valorar el patrimonio geológico y comprender la necesidad de su protección.

La relevancia de los geoparques ha dado lugar a que investigadores de las ciencias de la Tierra, especialmente geólogos en todo el mundo se hayan dado a la tarea de proponer este tema como una línea de investigación, dado que los trabajos relacionados con la conformación de geoparques y la geoconservación, así como al desarrollo del geoturismo, a nivel mundial son muy recientes.

Por ello, la creación de geoparques a nivel nacional posibilita la conservación de la riqueza natural (abiótica y biótica) y cultural en el territorio, especialmente en las zonas cálidas y húmedas del este y sur del país, en especial, en el estado de Quintana Roo, que presenta características peculiares en cuanto a sus recursos abióticos: karso, agua, suelo.

Para entrar en materia con el tema de investigación que aquí se busca defender, en el siguiente capítulo se generará un acercamiento general a la riqueza natural y cultural de Quintana Roo para reconocer el patrimonio con el que cuenta este territorio a fin de reconocer el potencial del territorio para su pertinente posible inserción en el proyecto de *Geoparques*.

Capítulo 2. Quintana Roo como territorio potencial para la conformación de geoparques

Anteriormente, se argumentó la importancia y relevancia que tienen los *Geoparques Mundiales de la UNESCO* debido a la integración que en estos se realiza respecto a la riqueza geológica, natural, social y cultural de los espacios así asignados. A esto se suma que, en el marco de este proyecto, las relaciones y dinámicas de la población pueden tener alternativas favorables para su desarrollo social a partir de la inclusión de las comunidades locales y otros actores como promotores de la riqueza geológica, natural y cultural a fin de fomentar un desarrollo socioeconómico en beneficio de la población. Adicionalmente, se considera que esta designación puede funcionar como una disyuntiva ante los problemas ambientales que se encuentran presentes en QR. Por ello, en el marco de esta investigación y como parte de los objetivos planteados en ésta, este capítulo busca avanzar hacia la identificación específica de la gran diversidad de la riqueza natural y social del estado, por lo cual se harán explícitas las características generales que hacen de éste un territorio potencial para la conformación de geoparques.

La primera parte del capítulo describe una breve historia del Estado y las características de la región de la Península de Yucatán a fin de contextualizar las generalidades de QR que dan cuenta de su riqueza cultural e introducen a su riqueza biótica y abiótica. Consiguientemente se amplía dicha descripción enfocada en la riqueza natural y con ella, geológica de este territorio, lo cual posibilitará la posterior identificación los geositos y sitios de geodiversidad en QR para sustentar la delimitación de los geoparques cumpliendo así con la primera condición que establece la UNESCO para la declaración de un geoparque, esto es, comprobar la existencia de patrimonio geológico destacado con valor internacional. Por su importancia y transcendencia, también se describirá y analizará el componente socio económico para comprender las dinámicas que regulan las principales actividades del estado, lo cual permitirá hacer un posterior vínculo con las posibles propuestas que pueden brindar alternativas turísticas para mediar las problemáticas ambientales.

En la misma línea, el capítulo describe las principales características culturales que suman a la riqueza social de QR lo que lleva a reconocer la envergadura que un proyecto como el de geoparques puede significar para este territorio. Para concluir este capítulo se considera importante mencionar a detalle los problemas del deterioro ambiental que han afectado el patrimonio natural del territorio, a fin de reconocer las fortalezas que este proyecto brinda para mitigar dichas condiciones.

2.1 Caracterización general del estado de Quintana Roo

Breve historia de Quintana Roo

Para comprender los aspectos claves y las dinámicas presentes de un territorio es necesario conocer su historicidad. Esto permite generar una interpretación más realista sobre el presente derivando en una posible mejor toma de decisiones. Por ello, se considera pertinente comenzar por la contextualización de los valiosos datos sobre Quintana Roo que aportan el artículo elaborado por Romero y Benítez (2014) quienes permiten entender cómo se fue conformando el espacio geográfico del estado de sur a norte, por la conjunción entre las decisiones políticas ajenas al lugar y los intereses económicos de grandes terratenientes desde mediados del siglo XIX. Un evento clave se puede entender en el contexto de la época colonial ya que durante el virreinato los españoles prestaron poca atención a Quintana Roo por la escasez de metales preciosos en el territorio.

En el caso de la distribución de las pocas poblaciones que se establecieron ahí y los asentamientos mayas ya existentes, se debe reconocer que el agua dulce siguió siendo uno de los pilares de la economía, pues la agricultura de roza tumba y quema primó como actividad en la región acompañada de la pesca en las áreas costeras y el comercio de maderas finas y del palo de tinte. Podría entonces considerarse este momento histórico como el inicio del exfolio de los recursos naturales y de su lenta degradación en el territorio quintanarroense, así como de las entidades restantes que conformarían la Península de Yucatán. Cabe recordar que los mayas también comerciaban rocas y maderas preciosas en la época prehispánica, siendo su puerto de salida Tulum.

En esa época, como sucedió en el resto del virreinato, se repartieron encomiendas a los españoles que habitaban en la región. Al ser éstas la base de la organización social y económica, se arrebataron las tierras a los mayas convirtiéndolos en mano de obra. La situación se hizo tan intolerable que, en 1546, ocurrió la primera rebelión de los mayas en la región, quienes se desplazaron a zonas selváticas de difícil acceso para mantener su independencia. Este levantamiento puede considerarse como un antecedente de la Guerra de castas que iniciaría en 1867, encabezada por Jacinto Pat y Cecilio Chi.

La guerra de castas enfrentó a los mayas y los terratenientes y devastó ese territorio en plena época independiente. Los enfrentamientos continuaron hasta la última década del siglo XIX, cuando el gobierno federal inició negociaciones con Gran Bretaña para definir los límites internacionales entre Honduras Británica y México. El interés del entonces presidente de México, Porfirio Díaz, para establecer dichos límites se centraba en la riqueza natural de la región, a la que consideraba como un tesoro sin dueño aparente. Para acceder a ese *tesoro* era necesaria la definición de esa frontera, por donde los mayas traficaban con maderas preciosas a cambio de armas. Las negociaciones para su definición iniciaron en 1893 y culminaron en 1898, con la firma del Tratado de límites Mariscal-St. John.

Con la ratificación del tratado, en 1898, fue posible el ingreso de la Marina mercante en aguas territoriales de Honduras Británica, en la zona ubicada al sur de Cayo Gris. Tras la puesta en marcha del proceso de control de la frontera sur, a cargo de Othón P. Blanco, se establecieron puestos de vigilancia e inició el establecimiento de nuevos asentamientos humanos con la fundación de Payo Obispo* (hoy Chetumal) en la bahía de Chetumal y el puerto de Xcalak, para su abastecimiento. Con la toma de Bacalar a cargo del general Bravo, se da por terminada oficialmente la guerra de castas el 3 de mayo de 1901. Un año después, el 24 de noviembre de 1902, por mandato de Porfirio Díaz, se crearía el territorio federal de Quintana Roo*, en la tierra que fuera la cuna del mestizaje mexicano, iniciado por la unión de Gonzalo Guerrero y Zazil Ha. Es así como Porfirio Díaz otorgó tierras para que se crearan los latifundios (con atribuciones semejantes a las observadas en las antiguas encomiendas), concesiones a particulares para la explotación maderera, la recolección del látex del chicle, pesquerías y franquicias para importaciones.

Las concesiones otorgadas por Díaz fueron canceladas por Venustiano Carranza en 1912, un año antes de que declarara a Quintana Roo, como parte del estado de Yucatán. La decisión presidencial se debió a las peticiones de los latifundistas que se dedicaban a la explotación de la fibra de henequén; dicha actividad favoreció la conformación de enormes fortunas de grandes terratenientes y políticos yucatecos, pero debido a la definición de los límites entre el estado de Yucatán y Quintana Roo, unos y otros se vieron privados de la parte potencialmente más rica de la península, que abarcaba una extensión mayor a los 50,000 km² (Cacho, 2005).

Años más tarde, hechos como el levantamiento de los mayas en Chan Santa Cruz y los movimientos separatistas de Yucatán, incidieron en la decisión de Plutarco Elías Calles, para que Quintana Roo dejara de ser parte del estado de Yucatán. A la vez, que se iniciaron programas para apoyar al recién creado territorio que, por decisión del gobierno federal, en 1917, se conformó por tres municipios: Isla Mujeres, Cozumel y Payo Obispo. En esa época, el tráfico de maderas preciosas y la explotación del látex del chicle sirvió para acentuar la deforestación de la región. Sin embargo, el éxito de extracción del látex ayudó a romper el aislacionismo en el que se encontraba la entidad, por la necesidad de abrir vías de comunicación para el transporte del producto a las zonas de su embarque hacia la Unión Americana. La construcción de vías de comunicación jugó un papel importante para romper el aislamiento del territorio, a la par de la puesta en marcha del ferrocarril del sureste, pues se construyeron carreteras que permitieron la comunicación y el transporte entre Mérida, Chetumal y Puerto Juárez, así como con poblaciones del Golfo de México a través de la carretera hacia Escárcega, Campeche.

El 14 de diciembre de 1931, otra vez, los vaivenes políticos tocaron a Quintana Roo, en esta fecha, el presidente Pascual Ortiz Rubio declaró la desaparición del Territorio de Quintana Roo, integrándose éste a los estados de Yucatán y Campeche, aduciendo que el territorio no podía sostener sus gastos y por eso el gobierno federal se haría cargo los aspectos administrativos y las decisiones políticas que fueran necesarias. Posteriormente, el general Lázaro Cárdenas, en 1936, cumplió la promesa hecha durante su campaña presidencial a la “Comisión Proterritorio” y devuelve a Quintana Roo su estatus como territorio federal al

cual se anexaron las islas de Holbox, Mujeres, Cozumel y Cancún (Diccionario de Nombres Geográficos, 1997).

Es por esto, que desde el poblamiento de Quintana Roo por la llegada de los mayas hasta mediados del siglo XX, el territorio fue el escenario de cruentas luchas por el control de sus recursos naturales propiciando situaciones caóticas. En esa tierra, por siglos, sólo se practicaron actividades primarias como la explotación de maderas preciosas (caoba y cedro), el cultivo del maíz recolectado con técnicas precolombinas y una incipiente explotación de la pesca de especies como el pargo, la langosta, mojarra, lisa, etc. Al suplir las cosechas de henequén, cuya fibra fue sustituida en el mercado internacional por las fibras sintéticas derivadas del petróleo, la recolección del chicle, látex del árbol de chicozapote, vivió sus mejores días entre los años veinte y treinta del siglo XX, debido a la demanda del producto en la Unión American. A pesar de la deforestación en las zonas chicleras, ocasionada por las actividades realizadas en torno a la extracción del látex, también la construcción de vías de comunicación que demandaba tan floreciente comercio rompió, aunque de forma mínima, el aislamiento del territorio del resto del país.

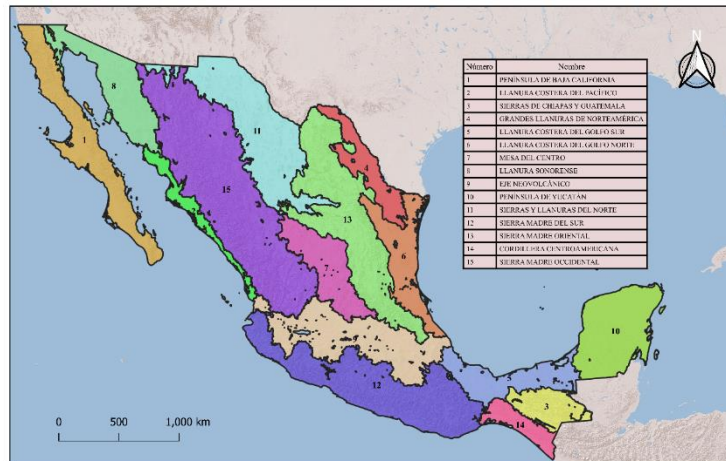
Las actividades económicas ejercidas en el territorio continuaron minando el ambiente natural, y contribuyeron a crear, poco a poco, casi imperceptiblemente, las condiciones para que problemas ambientales de gran envergadura aparecieran y se acrecentaran al momento actual, sumando la apertura de Quintana Roo a las actividades turísticas en el último tercio del siglo XX hasta la actualidad. Con el desarrollo del Proyecto Cancún propuesto e implementado por el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), en los años setenta, el gobierno federal que Quintana Roo pretendía romper su aislamiento e iniciar el despunte económico con base en el impulso del gran turismo extranjero y las actividades económicas que conlleva, así como la consecuente creación de fuentes de empleo.

La cabal apertura a grandes capitales y actividades terciarias como el turismo y los servicios, en un territorio, hasta ese momento eminentemente rural, controlado desde el centro a través de un delegado político, requería de un nuevo status político, por lo que, por decreto presidencial firmado por Luis Echeverría Álvarez, Quintana Roo, se convirtió en el estado* 31 de la República Mexicana, el 8 de octubre de 1974. En sus inicios el territorio del Estado de Quintana Roo se componía por siete municipios libres: Benito Juárez (Cancún), Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos, Lázaro Cárdenas y Othón P. Blanco, donde se localiza la capital del Estado, Chetumal.

Desde entonces a la fecha, han transcurrido 48 años, durante los cuales en torno a las necesidades del turismo internacional se creó la zona hotelera en la isla de Cancún y años después, la Riviera Maya. Ambas requieren de una infraestructura acorde a las necesidades de los grandes polos turísticos, entre ellas la demanda de mano de obra, cubierta en gran parte por emigrantes de distintas zonas del país, que acuden ahí por trabajo, buscando mejorar su calidad de vida. De esta manera, florecen por la extensión de la costa este de Quintana Roo las zonas hoteleras de la isla de Cancún y de la Riviera Maya, ofreciendo alojamiento a turistas, pero no a trabajadores. Años más tarde, se desarrollaron crecientes centros turísticos en Playa del Carmen, Isla Mujeres, Tulum y Cozumel.

Un acercamiento al contexto regional: la Península de Yucatán

Una vez avanzando en el panorama histórico del estado de Quintana Roo, se vuelve necesario compartir las particularidades de la riqueza del territorio desde su contexto regional, es decir desde el entorno de la península de Yucatán. Para ello, primero debe considerarse que cada una de las provincias fisiográficas (Mapa 2.1) en que se ha dividido al territorio mexicano muestra señales inequívocas del mosaico geológico que constituye el territorio de la República Mexicana.



Mapa 2.1. Provincias fisiográficas.

Elaboración propia a partir e INEGI (2001).

Particularmente, la península de Yucatán es una enorme planicie con 126, 741.13 km² de extensión, que conforma en sí misma una región fisiográfica peculiar abrigando tres subprovincias fisiográficas: carso yucateco, lomeríos de Campeche y costa baja de Quintana Roo. Es de llamar la atención que sólo en este último (área de estudio de esta investigación) se aprecian las tres subprovincias. En lo que respecta a esta región, se identifica que la planicie yucateca emergió del fondo marino desde hace millones de años, de la cual, la parte norte es la más contemporánea. Su relieve es casi plano, con una altura media de 50 msnm con pendiente en dirección al litoral del mar Caribe.

Por su parte, los rasgos orogénicos, en general, son escasos, sin embargo, se aprecian en el paisaje de la península hacia el centro y el sur, entre ellos algunas elevaciones como la cadena de lomeríos llamada Sierrita de Tikul, que se extiende de noroeste a sureste, en Yucatán, con una altura promedio de 126 msnm y al sur de Quintana Roo, los cerros del Charro, Nuevo Bécár y El Pavo, con 230, 180 y 120 de altitud, respectivamente (Bedows;).

Respecto al subsuelo de la península, este está conformado por rocas calizas que son porosas y permeables, las cuales al fracturarse facilitan que las aguas provenientes de las lluvias de temporal se infiltren en el subsuelo ocasionando que las aguas superficiales sean escasas en el norte y centro, donde se

aprecian dos extensos sistemas hidrográficos subterráneos denominados Sac Aktún y Ox Bel Há, considerados como los dos más largos del planeta, en ambos se observa una extensa red ríos y cuevas inundadas o cenotes que afloran por doquier, ambos constituyen los recursos abióticos más preciados de la entidad, pues proporcionan el agua dulce necesaria para la supervivencia poblacional y para desarrollar sus actividades económicas.

En otras regiones del país hay presencia de sistemas hidrográficos subterráneos formados por ríos, cuerpos de agua y cascadas, pero a diferencia de los sistemas hidrográficos horizontales de Quintana Roo sus cavidades son verticales y profundas. Destacan los que se localizan en la Sierra madre del Sur, las sierras de Chiapas, las sierras y llanuras del norte y la Sierra Madre del Sur donde encontramos “El Zacatón” un cenote que tiene un abismo vertical de 335 m.

Propiamente con lo que respecta a Quintana Roo, hacia el sur del municipio de Othón P. Blanco, fluyen corrientes superficiales y perennes. El río Hondo¹⁰ es la corriente de agua superficial más larga y caudalosa de la entidad. Desde su nacimiento, en la confluencia de los ríos Azul y Chanchich, hasta su desembocadura en el mar Caribe recorre 209 km en total, mientras que 115 km definen el límite entre México y Belice. Por su cauce, rico en fauna ictiológica, se han establecido centros de poblamiento y en sus riberas se encuentran sitios arqueológicos poco explorados. Dada la riqueza de esta fauna la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) lo declaró “región hidrológica 110”. Otras corrientes superficiales de menor longitud y con caudales de poca monta, también fluyen al sur de la entidad, tal es el caso de Ucum y Ixno-Há, afluentes del río Hondo y Verde, Xcanario, Escondido y El Tigrito.

De igual forma que en la sur de Quintana Roo fluyen corrientes superficiales, también al sur de Campeche se observan corrientes de agua superficiales, estos son los ríos Candelaria, Champotón y Palizada, unas y otras al sur de Yucatán. Comprender estos sistemas hidrográficos es fundamental, dado que los cenotes constituyen una de las formaciones características de la Península. Con respecto a otra de sus funciones, se tiene que en el centro y norte de Quintana Roo, sus habitantes se abastecen de agua dulce en los cenotes del maya ts’ono’ot o d’zonot (caverna con depósito de agua).

Respecto a los cenotes, estos caracterizan a la península de Yucatán, no sólo por su riqueza hídrica que permite la presencia de flora y fauna en su entorno, sino también porque en sus entrañas se encuentran formaciones kársticas impresionantes se vestigios arqueológicos y paleontológicos, algunos que están todavía por descubrirse. La trascendencia de los cenotes radica en que estos forman parte de los sistemas hidrográficos subterráneos de Quintana Roo, constituidos por cavernas y grutas secas e inundadas que se crean a raíz de la acción erosiva de la lluvia sobre la roca caliza fracturada, en presencia de otros factores como la acción de las aguas subterráneas y las altas temperaturas.

¹⁰ Este río no sólo abastece de agua dulce a la zona, sino que también es una vía de comunicación importante, que ha sido y es usada por migrantes de otros países, en su paso por tierras mexicanas para llegar a la frontera de Estados Unidos, en busca del “modo americano de vida”.

Asimismo, dentro del sistema de cuevas hay gran diversidad de espeleoformas, además de las estalactitas y estalagmitas ubicadas al sur Quintana Roo, en donde se aprecia un rasgo inconfundible en el paisaje, esto es la presencia de los denominados estromatolitos, que son estructuras órgano-sedimentarias litificadas y laminadas, que se formaron “...por la actividad de microorganismos que atrapan y fijan el sedimento o producen la precipitación de minerales” (Rodríguez Martínez *et al.*, 2010). Los estromatolitos conforman una franja de aproximadamente 10 km de longitud ubicada en el municipio de Bacalar, al sur de la entidad.

Hasta el momento se contabilizan en la península entre 7 000 y 8 000 cenotes, la mayoría al norte del estado de Yucatán, en el anillo de cenotes ya mencionado, mientras en Quintana Roo se han detectado 2,800 cenotes¹¹, 240 cuevas secas y 358 sistemas de cuevas sumergidas cuya longitud es de 1,400 km. y, por lo que toca a Campeche, en el sureste (Amigos de Sian Ka'an, 2015). Este contexto general de la Península de Yucatán permite comprender las características que enmarcan el territorio de Quintana Roo, por lo que a continuación, se procede a revisar las particularidades de este espacio, objeto de estudio de esta investigación.

Aspectos geográficos y administrativos

Como se ha especificado anteriormente, Quintana Roo es uno de los 32 estados de la República Mexicana, ubicado al sureste de esta. Este estado debe su nombre a Don Andrés Quintana Roo (1787-1851) nacido en Yucatán, diputado y firmante de la Carta de Independencia.

A nivel geográfico, las coordenadas en sus extremos son: al norte 21°36'20" colindando con Yucatán y el Golfo de México, al sur 17°52'38" colindando con el Mar Caribe, Belice y Guatemala; al este 86°42'37" colindando con el Mar Caribe y al oeste 89°17'48" colindando con Campeche Yucatán. Con 44,705 km², Quintana Roo representa un 2.3% de la superficie del país. Esta ubicación geográfica, hace que el estado cuente con características naturales específicas, causales de la geodiversidad del territorio. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021) a partir del resumen de los aspectos geográficos de Quintana Roo y de su cartografía, permite identificar dichas características. Este material junto con la investigación requerida para el tema, posibilitan la descripción de su riqueza natural, social y cultural.

Con respecto a las características físicas generales del territorio se tiene que, “...de acuerdo al Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas, escala 1: 000 000, serie I” (INEGI, 2007), se define que un 98.91% del territorio quintanarroense se encuentra inserto bajo las condiciones climáticas del tipo “cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw)” (INEGI, 2007), y el resto, una mínima porción territorial (1.09%), al Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am),

¹¹ Base de datos Amigos de Sian Ka'an (2015).

perteneciendo este último en su totalidad al municipio de Cozumel. Teniendo en cuenta que el clima dominante en Quintana Roo es el cálido subhúmedo con lluvias en verano $\ddot{A}(w)$, se reconoce que hay una subdivisión respecto a la variación en la humedad, por lo cual se tiene el clima $\{Aw2(x')\}$ ⁵, que es "...un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad; el cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad $\{Aw0(x')\}$ ⁶ y por último, el cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media $\{Aw1(x')\}$ ⁷" (INEGI, 2007). "La temperatura media anual es mayor a 22 °C y la del mes más frío mayor a los 18 °C; la precipitación del mes más seco es entre 0 a 60 mm y el porcentaje de lluvia invernal es mayor al 10.2% del total anual. La temperatura media del mes más frío es mayor a los 18 °C y por lo menos el mes más lluvioso es diez veces más que el mes más seco" (INEGI, 2009).

"La temperatura media anual es mayor a 22 °C y la del mes más frío mayor a los 18 °C" (INEGI, s.f.); la precipitación anual es de 500 a 2500 mm y las lluvias en verano mayor al 10.2% del total anual. Al distribuir los anteriores climas, se identifica que toda la costa de los municipios de Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto, en su totalidad Tulum, la costa sur del municipio de Solidaridad, al igual que el sur de Lázaro Cárdenas, cuenta con un clima subhúmedo cálido con lluvias en verano, con humedad mayor; más en el interior y centro de los municipios de Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto, la parte centro de Lázaro Cárdenas, el sur de Benito Juárez, la costa norte del municipio de Solidaridad y prácticamente todo José María Morelos poseen un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de media humedad. Por último, se tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de baja humedad, en la zona centro de Othón P. Blanco, pero según el INEGI (2009), posee solamente un 2.49% del territorio municipal; en Felipe Carrillo Puerto también está muy poco representado con un 1.7% de la superficie del municipio; en Lázaro Cárdenas y Benito Juárez, se ubica este clima en el norte de ambos municipios.

Por otro lado, con lo que respecta a la hidrografía, de acuerdo con el "Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México, Escala 1: 250 000" (INEGI, 2007), juntamente con el "Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, escala 1: 250 000" (INEGI, 2007), definen que el estado de Quintana Roo se inserta bajo dos regiones hidrológicas: Yucatán Norte (30.37%) y Yucatán Este (69.63%). La región hidrológica Yucatán Norte se va a subdividir en dos cuencas hidrológicas: Quintana Roo (29.92%) y Yucatán (0.45%); en subcuencas, el INEGI (2015), especifica que no tiene aplicación o que no existe ningún nombre que identifique al área con relación a algún rasgo hidrográfico, todo ello debido a la ausencia de ríos superficiales, entre los municipios que abarcan tal situación se ubican Lázaro Cárdenas, Isla Mujeres, Benito Juárez, Solidaridad y gran parte de Tulum. En el caso de la isla de Cozumel, se señala como una subcuenca con un porcentaje del 1.09% en correspondencia a su región hidrológica.

En contraparte, la región hidrológica Yucatán Este, abarca el área sur de la entidad en los municipios de José María Morelos, Othón P. Blanco, la mayor parte de Felipe Carrillo Puerto y una porción mínima de Tulum. Dicha región se va a subdividir en dos cuencas hidrológicas la de Bahía de Chetumal y otras, abarcando un 38.43% del territorio de la entidad y la última son las Cuencas Cerradas, con un 31.20% de la

superficie estatal. En el caso de la cuenca de Bahía de Chetumal, se tienen cinco subcuencas: 1. Bahía de Chetumal, 2. Bahías la Ascensión y Espíritu Santo, 3. Río Hondo, 4. Río Escondido 5. Varias; con relación a las Cuencas cerradas, se tienen el nombre de tres subcuencas: 1. Laguna Chunyaxché y varias, 2. Xpechil-Felipe Carrillo Puerto-Chunhuhub-Yoactum-Laguna de Payegua, 3. Becanchén-Laguna de Chichancanab-Loche-Xkanha.

Es evidente que, al sur de Quintana Roo, se tiene una configuración hidrográfica más desarrollada a comparación de la porción norte, adoleciendo prácticamente de una red hidrográfica. En correspondencia a lo anterior, es Othón P. Blanco, municipio ubicado en la parte sur de la entidad, el que cuenta con el mayor número de ríos perennes y cuerpos de agua: en ríos, se ubican el Hondo, el Ucum, el Escondido, el Zudi, el Azul, arroyo Verde, el Ixnó-Há y el Tigrito; en lagunas se pueden mencionar muchas por ejemplo: la de Bacalar, la de San Felipe, la de Noh-Bec, la de Chile Verde, la de Guerrero, la de Huach, la de Agua Salada, la de San José, la de dos Cocos, la de Milagros, la de Teresita, la de Petén Tunich, entre otras.

Otro caso que destaca en correlación a las lagunas es el caso del municipio de Felipe Carrillo Puerto, ya que cuenta con un número importante de estas. Para ejemplificar se tiene a la Laguna de Chunyaxché, la de Mosquitero, la de Santa Rosa, la de Pájaros, la de Caapechén, la de X-kojojoni, la de Muyil, la de Nopalitos, la de Cacaoche, la de Ocom, la de Kaná, la de Dizitzantún, la de Nohbec, la de San Andrés, entre otras, así cabe destacar la presencia de los cenotes, el Azul y Yadzonot. Asimismo, hay que mencionar otros municipios que destacan por contar con algunas lagunas, pero a su vez no disponen en su territorio con un río superficial son los casos de Cozumel, Lázaro Cárdenas, Isla Mujeres, Benito Juárez y Tulum. Las características generales antes descritas permiten comprender la riqueza natural con la que cuenta el territorio de Quintana Roo, lo cual se describe a continuación, como parte del inventario que se propone desarrollar en este capítulo.

2.2 Riqueza natural, socioambiental y cultural de Quintana Roo

2.2.1 Riqueza biótica

Uso de suelo y vegetación

Se reconoce de manera general que el estado de Quintana Roo cuenta a nivel nacional con una exuberante vegetación debido a la intervención de múltiples factores. Por una parte, pertenece a una de las regiones biogeográficas más diversas, la región neotropical; conjuntamente, dicha entidad está relativamente contigua a la zona de transición entre dos grandes regiones biogeográficas: la subregión neártica y la ya mencionada región neotropical. La Región Neotropical, incluye alguna parte de Centroamérica, las Antillas, gran parte de América del Sur y las islas Galápagos. En lo referente a la fitogeografía destacan las selvas tropicales, selvas de neblina, bosques mesófilos, sabanas, matorrales, semi desiertos y desiertos. La región

holártica comprende las subregiones: Paleártica y Neártica. La Subregión Neártica comprende la mayor parte de Norteamérica y Groenlandia. Es separada de la región Neotropical por la Zona de Transición Mexicana, la cual se extiende desde la altiplanicie septentrional mexicana hasta Panamá. La subregión Paleártica queda comprendida por el continente europeo, el norte de África, Asia continental, Islandia, Islas Canarias y las Azores.

Tales circunstancias han sido determinantes para tener en esta entidad muchas especies biológicas típicas de las zonas tropicales, con un alto grado de endemismos debido a las características particulares de la geografía de la península de Yucatán y por tanto de Quintana Roo; no obstante, esta riqueza florística y faunística se ha acrecentado por la llegada y adaptación de especies originarias de latitudes más septentrionales, tal es el caso del *Pinus caribaea*.

Conforme el Marco Geoestadístico Municipal 2005 del INEGI, se especifican los principales tipos de vegetación, así como algunas especies distintivas, estos son:

- Pastizal con especies como “la estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), guinea (*Panicum máximum*) y brizanta (*Brachiaria brizantha*)” (CONABIO, 2006)
- Selva con especies tales “el chicozapote (*Manilkara zapota*), Chacá (*Bursera simaruba*), Chechem (*Metopium brownei*), Yaax’nik (*Vitex gaumeri*) y Tzalam (*Lysiloma bahamense*)” (CONABIO, 2006)
- Manglar con especies como “el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*)” (CONABIO, 2006)
- Tular con especies características como “el tule (*Typha sp.*) y carrizo (*Phragmites communis*)” (CONABIO, 2006)
- Agricultura con especies típicas como “la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), calabaza (*Cucurbita pepo*) y naranja (*Citrus sinensis*)” (CONABIO, 2006)

En una clasificación más detallada de la vegetación quintanarroense se definen 12 tipos: “1. Selva alta subperennifolia, 2. Selva mediana subperennifolia, 3. Selva mediana subcaducifolia, 4. Selva baja espinosa subperennifolia, 5. Selva baja subcaducifolia, 6. Selva baja caducifolia, 7. Palmar, 8. Manglar, 9. Sabana, 10. Vegetación de dunas costeras, 11. Petén y 12. Tular” (INEGI 2016). Respecto a esto, Ek Díaz (2011) en el capítulo destinado a la vegetación de Quintana Roo del libro *Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación* (Pozo, Armijo y Calmé, 2011), señala que “es **la selva mediana subperennifolia** la que predomina en esta entidad, donde se insertan el resto de las comunidades vegetales y que en menor medida existen el tular-saibal, el popal, el tasistal y la sabana con pino caribeño” (Pozo, Armijo y Calmé, 2011). Los árboles tienen una altura promedio de 15 a 25 metros, además que contienen copiosos bejucos y epífitas. Asimismo, hay abundancia de helechos, musgos, orquídeas y bromeliáceas.

En el caso de la **selva alta subperennifolia**, la misma se ubica principalmente en el suroeste de la entidad, en los límites estatales con Campeche y fronterizos con Guatemala. Entre sus características principales podemos mencionar que se encuentra a un promedio altimétrico de 200 metros sobre el nivel

del mar y posee árboles que llegan alcanzar los cincuenta metros de altura. Según algunos trabajos previos de colecta e investigación científica de Miranda (1961) y Lewis y Rzedowski (1978), así como de Ek Díaz (2011), se tiene que existen especies de vegetales propios como la caoba (*Swietenia macrophylla*), el zapote (*Pouteria sapota*), el chicozapote (*Manilkara zapota*), el palo mulato (*Bursera simaruba*) y la pimienta (*Piper nigrum*). Estos mismos autores refieren varios tipos de vegetación en Quintana Roo, pero en la lengua maya. Estos son (Tabla 2.1):

| Lengua maya | Nombre científico |
|-------------------------|------------------------------|
| Pukte | <i>Bucidas buceras</i> |
| Chakah | <i>Bursera simaruba</i> |
| Kanxa'an | <i>Terminalia amazónica</i> |
| Xmakulis | <i>Tabebuia chrysantha</i> |
| Ja'asche | <i>Alseis yucatanensis</i> |
| Katalox | <i>Swartzia cubensis</i> |
| K'anchunup | <i>Thouinia paucidentata</i> |
| Chakah blanco | <i>Dendropanax arboreus</i> |
| <i>Exothea diphylla</i> | <i>Vitex gaumeri</i> |
| Wayam kox | <i>Exothea diphylla</i> |
| Boxchechem | <i>Metopium brownei</i> |
| K'uche' | <i>Cedrella odorata</i> |
| K'ulimsis | <i>Trichilia hirta</i> |
| Tzalam | <i>Lysiloma bahamensis</i> |
| Ch'it | <i>Thrinax radiata</i> |
| Pa'sak' | <i>Simarouba glauca</i> |
| Ya'axche' | <i>Ceiba pentandra</i> |
| Xkanlool | <i>Senna racemosa</i> |
| Muk | <i>Dalbergia glabra</i> |

Tabla 2.1. Tipos de vegetación en lengua maya y su nombre científico

Elaboración propia a partir de los textos mencionados.

En lo que se refiere a la **selva mediana subcaducifolia**, tiene como ubicación principal el norte y noroeste de la entidad, compartiendo límites con el estado de Yucatán donde tiene una mayor cobertura territorial. La altitud promedio de los árboles varía entre 25 a 30 metros; la cobertura vegetal es menos densa a comparación de las selvas perennifolias y subperennifolias.

Entre las especies características está el ox (*Brosimum alicastrum*), jabín (*Piscidia piscipula*), pich orejón (*Enterolobium cyclocarpum*), ki' (*Agave* sp.), bari (*Calophyllum brasiliense*), laurelillo (*Nectandra coriácea*), cascarillo (*Matayba oppositifolia*), yaaxnik, capulín, boxchechem, nance (*Byrsonima crassifolia*), sakchechem (*Cameraria latifolia*), zapote, caimito (*Chrysophyllum mexicanum*), jícara (*Crescentia cujete*), pomolche' (*Jatropha gaumeri*), bob (*Coccoloba acapulcensis*), ciricote (*Cordia dodecandra*), katzin (*Mimosa bahamensis*), chakah, pichi'che' (*Psidium sartorianum*), sakpa' (*Byrsonima bucidaefolia*), muk, limoncillo, tzalam y chechem blanco (*Sebastiania adenophora*). Conjuntamente hay abundancia de gramíneas, ciperáceas, epífitas, bromeliáceas y bejucos.

De la **selva baja espinosa subperennifolia**, Ek Díaz (2011), señala que esta vegetación se ubica en planicies con terrenos con un drenaje deficiente, por lo que, en temporada de lluvias, presenta inundaciones.

Por el contrario, en los inviernos el área se seca totalmente. Su vegetación se ubica en manchones del centro hacia el sur del estado; sus árboles tienen un promedio de cuatro a ocho metros, cuyos troncos son mayormente torcidos. Algunas de sus especies características son: el palo de tinte (ek'), pukte', boxchechem, k'uche', sakpa', sakchechem, nance, jícaro, waya (*Talisia oliviformis*), guayabillo (*Eugenia lundellii*), cascarillo (*Croton reflexifolius*), bob, bonete (*Jacaratia mexicana*), tzalam, ya'axche', chukum (*Pithecellobium keyense*), chom (*Bromelia pinguin*), ciricote, amapola (*Pseudobombax ellipticum*), waxim (*Leucaena leucocephala*), colorín (*Erythrina standleyana*), volador, guayacán (*Guaiacum sanctum*), kitamche (*Caesalpinia gaumeri*), ya'axche', hool (*Hampea trilobata*), mora, jabín, pepino kat (*Parmentiera aculeata*), beel siinik che' (*Alvaradoa amorphoides*), caoba, higo, caracolillo, xkanlool, jobo y naranjillo; simultáneamente en el estado herbáceo se pueden apreciar gramíneas y ciperáceas. Por último, explica que este tipo de vegetación ha presentado muchas alteraciones y desequilibrios ecológicos en las últimas décadas, principalmente por la introducción de actividades humanas como el cultivo de arroz, la siembra de la caña y más recientemente la plantación de pastos para las actividades ganaderas.

En lo que corresponde a **la selva baja subcaducifolia**, esta se encuentra distribuida por la costa quintanarroense en pequeños manchones, pero es en la porción sur donde tiene mayor abundancia. Díaz (2011), compara que esta vegetación es muy similar a la selva baja caducifolia, aunque los árboles dominantes de esta flora conservan más tiempo su follaje debido a una mayor humedad del suelo. Las especies dominantes son el tzalam, boxchechem, tsipil (*Beaucarnea ameliae*), ki', kuka' (*Pseudophoenix sargentii*), chakah, babki', tsakam, bob, chom y akits (*Thevetia gaumeri*). La **selva baja caducifolia** se ubica en el norte del estado. Sus árboles alcanzan alturas entre los cuatro a 15 metros. De las especies vegetales en esta flora se encuentran un número significativo de plantas suculentas, conjuntamente con otras especies representativas como el palo mulato, tepeguaje, ya'axche', bonete, chom, amapola, chukum, ciricote, cuachalalá, colorín, waxim, guaje, kuka', volador, guayacán, saknichte', hool, siliil, boxchechem, jabín, palo de gas, pepino kat, girasolillo, ek' (*Haematoxylum campechianum*), achín, chom (*Cochlospermum vitifolium*), caoba, cascarillo, guayabillo, guaje blanco, tsisilche, xul (*Lonchocarpus xuul*), naranjillo, xcanlol, chechem blanco, akits, chaknichte', pixoy, boxkatsin y crucerita. Asimismo, por más que parezca sorprendente, también es posible encontrar un número significativo de cactáceas como el viejito, cardón, nopal y pitahaya.

Con referencia a la vegetación de **Palmar**, ésta se ubica en la parte sur del Estado en manchones dispersos de bosques de palmeras, las cuales llegan alcanzar alturas que van desde los cinco hasta treinta metros. Según, Ek Díaz (2011), los palmares más importantes son los constituidos por huano (*Sabal mexicana*), corozo (*Orbignya cohune*), tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*), cocoyol (*Acrocomia mexicana*), palma real (*Roystonea regia*), palmita y el xiat (*Chamaedorea seifrizii*). Además, señala que en el sur del municipio de Othón P. Blanco y en Kohunlich hay una cantidad importante de palma de corozo. Las palmas de huano, xiat, palma maya (*Gaussia maya*) y Kum, se encuentran en selvas medianas y altas

subperennifolias; en lo que concierne a la palma real y ch'it se ubica en planicies húmedas. Por último, la palma de kuka' se localiza principalmente en las zonas costeras.

Con respecto al **Manglar**, se tiene una distribución casi uniforme alrededor de toda la costa quintanarroense; pero tiene mayor abundancia desde el área circundante a la bahía de Ascensión, en la reserva de la biósfera de Sian Ka'an hasta más al sur en Xcalak. Los manglares se caracterizan por desarrollarse en planicies pantanosas, en esteros, estuarios y lagunas. Por su composición florística, se pueden distinguir las siguientes especies de manglares en México: “el mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mangle blanco (*Leguncularia racemosa*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle*)” (CONABIO, 2006).

Ek Díaz (2011), señala que se distinguen tres tipos de manglares quintanarroenses siguiendo los patrones de su altitud y asociación con otras especies vegetales:

1. Manglar de seis a diez metros, cerrado. Predomina el mangle rojo, pero también puede haber en menor medida, mangle negro, mangle blanco y botoncillo. Estos son lugares que se inundan en épocas de lluvia. Este manglar se puede localizar en las riberas del río Hondo, en la bahía de Chetumal y en la frontera con Belice.
2. Manglar de dos a cinco metros. Hay un predominio del mangle rojo y en menor medida del mangle botoncillo. Es un tipo de vegetación más abierta a comparación de la anterior, además que suele convivir con otras comunidades vegetales como el saibal y junto a otros manglares más altos y cerrados. Encontramos estos manglares en el municipio de Felipe Carrillo Puerto.
3. Manglar alrededor de un metro. Es el mangle rojo el más predominante en esta comunidad vegetal. La mayor parte del año está inundado. Se le puede localizar alrededor de la reserva de la biósfera de Sian Ka'an, Punta Cancún y en el estero de Chac, en Othón P. Blanco.

La vegetación de **Sabana** se localiza en torno al centro y sur de la entidad, aparece en áreas pequeñas. Se ubica sobre una geomorfología de planicies con poca pendiente en suelos profundos y arcillosos. Hay un predominio de pastos muy altos, entre las que destacan las gramíneas. En general, las sabanas quintanarroenses son usadas para distintas actividades económicas, ya sea para la ganadería, en el cultivo de caña y en la recolecta de frutos como el nance. Entre las especies de **pastizales** que destacan podemos citar al *Andropogon altus*, *Imperata sp.*, y *Panicum máximum*. Hay algunas ciperáceas importantes como la *Dichromena ciliata* y el *Cyperus sp.* También es posible encontrar otros especímenes vegetales como el pepino kat, nance, sakpa', raspa la vieja (*Curatella americana*) y el jícara.

Con respecto a la **vegetación de dunas costeras**, se ubica por la costa de Quintana Roo, especialmente en áreas arenosas y en asociación vegetal con los manglares. Esta vegetación se compone por especies principales de plantas suculentas, que pueden ser arbustivas o herbáceas; sin embargo, también hay plantas leñosas, gramíneas y especies rastreras. En general, la mayoría de estas especies tienen como características particulares que se han adaptado a condiciones muy extremas como altos índices de salinidad, altas temperaturas y fuertes vientos. Entre las especies que caracterizan esta vegetación están el nopal,

verdolaga de playa, mulche (*Brumelia retusa*), uvero, pechkitam, ciricote, riñonina (*Ipomoea pescaprae*), pasionaria (*Passiflora foetida*), frijolillo (*Canavalia rosea*), pantsil (*Suriana marítima*) y calabacita.

La vegetación de **Petén** se asocia o se puede hallar cercana a cuerpos de agua en la entidad, ya sea en las bahías de Chetumal, Ascensión y Espíritu Santo; en lagunas como la de Bacalar y en el río Hondo. Este tipo de vegetación comparte espacialidad con las floras del saibal y con la del manglar enano rojo. Lo que caracteriza al peten es que aparece como un manchón de selva en medio de un manglar, por lo que en muchas ocasiones se pueden llegar a entremezclar ambos tipos de vegetación. Estas pequeñas selvas comparten unas características muy similares a las selvas medianas perennifolias y subperennifolias, ya que la mayor parte del arbolado de esta vegetación no pierde el follaje en el año, debido principalmente, a que siempre hay agua en abundancia en este ecosistema. Hay abundancia de especies arbóreas como el tasiste, chicozapote, chechem, ch'it, pukte' y chakah. Por último, está la vegetación de **Tular**, en la cual se incluye el Saibal. En general, la característica particular de esta flora es que son plantas acuáticas arraigadas en un fondo, las hojas son largas y angostas o por otra parte carecen de ellas. Por esta generalidad, obviamente los tulares y saibales se ubican en lagunas y lagos, ya sea de agua dulce y salada, aparte de que no sean muy profundos.

Básicamente la diferencia entre un tular y un saibal es su tamaño, mientras que la vegetación de los tulares, sus plantas alcanzan un promedio de 80 cm hasta 2.5 metros de altitud; en contraste, los saibales, sus plantas son más pequeñas con un promedio de 40 a 80 cm. Los tulares reciben varios nombres dependiendo de la planta predominante como tule (*Typha domingensis*) o tulillo (*Scirpus sp.*) y, por otro lado, el saibal, también puede ser nombrado zacate-cortadera. Hay una abundancia de saibales y tulares en la reserva de la biósfera de Sian Ka'an. Otros tipos de vegetación que se encuentra es el **popal**. De esta, cabe destacar que no es tan extensa como las anteriores, pero es muy importante citarla, ya que la encontramos en el estado de Quintana Roo, en lugares pantanosos con abundancia de plantas herbáceas de muy poca altura, ya que principalmente se encuentran enraizadas en el fondo. Generalmente es posible encontrar un popal, adyacente a un tular o saibal. Algunas especies representativas de esta vegetación son el popoay, platanillo y quentó; conjuntamente de algunas gramíneas y ciperáceas.

Otra vegetación con poca área territorial es el **tasistal**; en general son pequeños manchones de vegetación que se ubican inmediatos a marismas de zacate, en donde la especie más distintiva es la palma de tasiste y simultáneamente comparte espacialidad con la vegetación de saibal y especies como el boxchechem y el mangle botoncillo. Por último, es muy importante señalar que hay una pequeña población de pino caribeño (*Pinus caribaea*), en el suroeste del estado, en el ejido Caoba del municipio Othón P. Blanco.

Fauna

México se ubica entre los diez países con mayor biodiversidad a nivel mundial, ya que es considerado como el cuarto país en riqueza de especies, pero no sólo en ese rango destaca sino también por el elevado número de endemismos que se presentan y además por la riqueza genética en muchos grupos taxonómicos. En este sentido, Sarukhán *et.al.* (2008), señalan que el país se ubica dentro de los cinco países con mayor diversidad de vertebrados (mamíferos, aves, reptiles y anfibios), en los que se incluyen además de México a Brasil, Colombia, Indonesia y Perú. A su vez, analizan los cinco países con el mayor número de endemismos de vertebrados, en la que vuelve aparecer México junto a Australia, Brasil, Indonesia y Madagascar. Por último, también destacan la considerable biodiversidad marina que vive en aguas patrimoniales, ya que apuntan que se han descrito 2184 especies de peces marinos, sólo superados en número por los de Indonesia, Filipinas, Australia y el área de Papúa Nueva Guinea.

Por todo lo anterior, además de muchos otros factores, entre los que cabe destacar su localización en la región biogeográfica neotropical, su reciente historia geológica, su real cercanía con la fauna de la subregión neártica, su predominio de climas tropicales, su diversidad de tipos de vegetación, añadiendo que en sus costas se ubica la segunda barrera de arrecifes más extensa del planeta, es indudable que la fauna del estado de Quintana Roo es de las más representativas de las zonas tropicales, pero también, es muy significativa e importante por la cantidad de especies y endemismos que aporta al inventario faunístico del país.

Según informes de la CONABIO (2006), se reporta que la fauna quintanarroense aporta al inventario de la fauna nacional los siguientes porcentajes:

- Peces, México (2200), Quintana Roo (644), por lo que la entidad aporta el 29.3% con respecto al total del país;
- Aves, México (1107), Quintana Roo (483), el estado aporta el 43.6% con relación al total nacional;
- Mariposas, México (1819), Quintana Roo (450), los lepidópteros quintanarroenses aportan el 24.7% con referencia al total nacional;
- Mamíferos, México (530), Quintana Roo (129), los mamíferos del estado representan el 24.35% con respecto al total del país;
- Reptiles, México (804), Quintana Roo (106), los reptiles de la entidad suman el 13.2% del total nacional;
- Anfibios, México (361), Quintana Roo (22), aportando el estado el 6.9% en correspondencia al total nacional.

A continuación, se describen las características generales con las que cuenta la diversa fauna de Quintana Roo:

Biodiversidad marina

Anteriormente, se señaló que la CONABIO (2006), apuntaba que se habían descrito 644 peces en el estado de Quintana Roo, lo que representa un aproximado del 29.3% con respecto al inventario total del país (2200). De esta variedad de grupos taxonómicos que aportan significativamente a la muy diversa fauna marina de la entidad, se puede mencionar al grupo de los corales, medusas, helmintos, anélidos poliquetos, moluscos marinos, pulgas de agua, copépodos marinos, anfípodos, eufáusidos, equinodermos, pepinos de mar, apendicularias, quetognatos, nematodos, rotíferos, entre otras como la cacerolita de mar (Pozo, Carmen et. al., 2011). Según informes del INEGI (2015), las especies de la producción pesquera en los años de 2013 y 2014, destacan: la langosta, el mero, el camarón, el pargo, el róbalo, el esmedregal, el tiburón, la mojarra, el rubio, el peto, la rubia, la villajaiba, la corvina, la lisa, el pulpo, el guachinango, el jurel, el cazón, la cabrilla, el pámpano, el sierra, el ronco, el bonito, la bandera y la sardina; así como otras especies que se pueden encontrar como la raya y similares, la anchoveta, el atún, el besugo y el lenguado.

Quizás uno de los grupos taxonómicos que se pueden destacar de la gran biodiversidad marina quintanarroense es el de los corales, ya que según, Beltrán et. al. (2011), apuntan que en los arrecifes de la entidad se han descrito 54 especies de corales escleractínios hermatípicos, lo que representa un 60% del inventario nacional, ya que se han contabilizado 90 especies en todo el territorio nacional. Asimismo, especifican que los corales comúnmente conocidos como cerebro son los más abundantes en las aguas quintanarroenses pues se han descrito de la familia *Faviidae* 13 especies y de la *Mussidae*, 11 especies. Entre las especies de corales que se pueden ver en las aguas marinas tropicales del estado, se encuentran desde la *Diploria labgrinthiformis*, *Mycetophyllia lamarckiana*, *Diploria strigosa*, *Agaricia tenuifolia*, *Montastraea cavernosa*, *Madracis mirabilis*, *Acropora palmata*, *Acropora cervicornis*, entre muchas más.

Aves

En lo concerniente a las aves quintanarroenses, son el principal aporte de la fauna del Estado, ya que se han descrito 483 especies de las 1107 en el país, dejando consigo un porcentaje muy elevado con un 43.6%, aproximadamente la mitad de las aves del territorio nacional las encontramos en este estado. Correa et. al. (2011), apuntan que el grupo de las aves ha generado toda una serie de actividades económicas, la mayoría de ellas relacionadas al sector turístico desde la observación de aves por parte de turistas, congresos, conferencias, uso de senderos, paseos en lancha, servicios de guías especializados, artesanías inspiradas en aves, entre otras más actividades relacionadas o interconectadas que generan una derrama económica. De estas 483 especies de aves, MacKinnon H., (2005) y Correa et. al. (2011), detallan que se distribuyen en 71 familias; asimismo, 124 son acuáticas y 359 son terrestres. Destacando de las acuáticas, importantes colonias de pelícano café, fragatas, cormoranes, garzas, entre muchas más; de las terrestres, destacan dos

familias, la de los mosqueros (Tyrannidae) y la de los gusaneros (Parulidae), ambas familias taxonómicas suman 83 especies en el estado.

Greenberg (1990, citado por Correa et. al. 2011, p. 253), señala que debido principalmente a la ubicación de la Península de Yucatán pasan alrededor de mil millones de aves migratorias entre los meses de otoño y primavera con un desplazamiento de sur a norte o viceversa según la temporada del año; pero al mismo tiempo, los autores recalcan que otras especies de aves llegan a anidar en el estado en los meses de primavera, tales son los casos de cinco especies de aves provenientes de América del sur y otras cinco del Caribe. Entre estas aves migrantes migratorias, se pueden ubicar sobre las lagunas costeras y arrecifes, millares de cercetas alas azul (*Anas discors*) o en su caso parvadas de mosquero tirano dorso negro (*Tyrannus tyrannus*), buscando alimento sobre las costas quintanarroenses. De acuerdo a investigaciones de la CONABIO (2006), apunta que son trece las especies de aves endémicas de la Península de Yucatán: “1. Pavo ocelado (*Agriocharis ocellata*); 2. Loro yucateco (*Amazona xantholora*); 3. Chac pujuy (*Nyctiphrynus yucatanicus*); 4. Carpintero yucateco (*Melanerpes pygmaeus*); 5. Papamoscas yucateco (*Myarchus yucatanicus*); 6. Urraca yucateca (*Cyanocorax yucatanicus*); 7. Matraca yucateca (*Campylorhynchus yucatanicus*); 8. Maullador negro (*Melanoptila glabrirostris*); 9. Tángara yucateca (*Piranga roseogularis*); 10. Bolsero yucateco (*Icterus auratus*); 11. Esmeralda de Cozumel (*Chlorostilbon forticatus*); 12. Vireo de Cozumel (*Vireo bairdi*); 13. Cuitlacoche de Cozumel (*Toxostoma guttatum*)” (CONABIO, 2006). Los especialistas señalan que probablemente esta última especie se encuentre extinta.

Siendo que es posible hallar gran cantidad de aves en el estado de Quintana Roo, a continuación, se señalan algunas de las más representativas para tener una idea más clara de la considerable avifauna quintanarroense. De la familia de los tinamúes, el tinamú mayor (*Tinamus mayor*) y el tinamú canela (*Crypturellus cinnamomeus*); patos y gansos (*Anatidae*), con el pato arcoíris (*Aix sponsa*), el pato de collar (*Anas platyrhynchos*), la cerceta canela (*Anas cyanoptera*), el pato golondrino (*Anas acuta*) y el mergo copetón (*Mergus serrator*), entre otras. Cabe señalar que se tiene un aspecto muy general de la avifauna en el cuadro de Correa et al., (2011), Aves.

En lo concerniente a la **familia Cracidae**, tenemos a la chachalaca vetula (*Ortalis vetula*), la pava corolita (*Penelope purpurascens*) y el hocofaisán (*Crax rubra*); de la familia de los pavos (*Phasianidae*), se tiene al guajolote ocelado (*Meleagris ocellata*); de la familia de las codornices (*Odontophoridae*), se tienen en Quintana Roo, la codorniz yucateca (*Colinus nigrogularis*), la codorniz bolonchaco (*Odontophorus guttatus*) y la codorniz silbadora (*Dactylortyx thoracicus*); de la familia de los zambullidores (*Podicipedidae*), se tiene al zambullidor de pico grueso (*Podilymbus podiceps*); “de los pájaros bobos (*Sulidae*), especies como el bobo café (*Sula leucogaster*) y el bobo enmascarado (*Sula dactylatra*)” (CONABIO, 2006).

De la **familia de los pelícanos** (*Pelecanidae*), con especies tales como “el pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*) y el pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*); de los cormoranes (*Phalacrocoracidae*), entre las especies que se tienen está el cormorán orejudo (*Phalacrocorax auritus*); de

las **fragatas** (*Fregatidae*), encontramos a la fragata magnífica (*Fregata magnificens*); en lo referente a las **garzas y pedretes** (*Ardeidae*), se tienen entre otras a la garza morena (*Ardea herodias*), la garza tigre mexicana (*Tigrisoma mexicanum*), la garceta azul (*Egretta caerulea*) y la garceta verde (*Butorides virescens*)” (CONABIO, 2006).

Con relación a los **Ibises** (*Threskiornithidae*), algunas especies representativas son “el ibis cara oscura (*Plegadis falcinellus*) y el ibis cara blanca (*Plegadis chihi*); de las **cigüeñas** (*Ciconiidae*), se tiene a la cigüeña americana (*Mycteria americana*); de los **flamencos** (*Phoenicopteridae*), se tiene una especie, el flamenco caribeño (*Phoenicopus ruber*); de la familia de los **zopilotes** (*Cathartidae*), destacan el zopilote aura (*Cathartes aura*) y el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*); de los **gavilanes** (*Accipitridae*), entre los que se cuentan, el gavilán pescador (*Pandion haliaetus*), el gavilán caracolero (*Rostrhamus sociabilis*), el gavilán bicolor (*Accipiter bicolor*), la aguililla rojinegra (*Parabuteo unicinctus*) y la aguililla cola corta (*Buteo brachyurus*)” (CONABIO, 2006).

Entre los **halcones** (*Falconidae*), entre las que se cuenta, el halcón selvático de collar (*Micrastur semitorquatus*), el halcón enano (*Falco rufifularis*) y el halcón peregrino (*Falco peregrinus*); de la **familia Rallidae**, se tienen varias especies, entre las que se halla la polluela rojiza (*Laterallus ruber*), la gallineta morada (*Porphyrio martinica*) y la gallareta caribeña (*Fulica caribaea*); de los **chorlos** (*Charadriidae*), con especies tales como el chorlo gris (*Pluvialis squatarola*), el chorlo pico grueso (*Charadrius wilsonia*) y el chorlo chiflador (*Charadrius melodus*).

De los **pájaros playeros** (*Scolopacidae*), entre las tantas especies se pueden mencionar al playero solitario (*Tringa solitaria*), el playero blanco (*Calidris alba*) y el playero dorso rojo (*Calidris alpina*); algunas de las especies de **gaviotas** (*Laridae*), que podemos encontrar en el estado son la gaviota de Bonaparte (*Larus philadelphia*), la gaviota plateada (*Larus argentatus*) y la gaviota reidora (*Larus atricilla*); de las **palomas y tórtolas** (*Columbidae*), se tienen especies como la paloma colorada (*Patagioenas cayennensis*), la paloma huilota (*Zenaida macroura*), la tórtola azul (*Claravis pretiosa*) y la paloma caribeña (*Leptotila jamaicensis*).

También se tienen **loros** (*Psittacidae*), como el loro cabeza oscura (*Pionopsitta haematotis*), el loro frente blanca (*Amazona albifrons*) y el loro corona azul (*Amazona farinosa*); se tiene una especie de lechuza de campanario (*Tyto alba*); de **búhos y tecolotes**, entre las especies que se pueden observar están el búho carnudo (*Bubo virginianus*), el tecolote llanero (*Athene cunicularia*) y el búho cuerno corto (*Asio flammeus*); con referencia a los **colibríes** (*Trochilidae*), son muchas las especies que se pueden hallar en la entidad por mencionar algunas se encuentran el colibrí cándido (*Amazilia candida*), el colibrí corona azul (*Amazilia cyanocephala*), el colibrí garganta rubí (*Achilochus colubris*) y el colibrí nuca blanca (*Florisuga mellivora*).

Hay algunas especies de **martín pescador** (*Alcedinidae*), tales como el martín pescador de collar (*Megaceryle torquatus*), el martín pescador amazónico (*Chloroceryle amazona*) y el martín pescador enano (*Chloroceryle aenea*); “se tienen tres especies de la familia de los **tucanes** (*Ramphastidae*), la tucaneta verde (*Aulacorhynchus prasinus*), el arasarí de collar (*Pteroglossus torquatus*) y el tucán pico canoa (*Ramphastos*

sulfuratus); de los **carpinteros** (Picidae), tenemos especies como el carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*), el carpintero café (*Veniliornis fumigatus*) y el carpintero pico plata (*Campephilus guatemalensis*)” (CONABIO, 2006).

De las muchas especies de la familia de los **mosqueros** (Tyrannidae), se tienen algunas como el mosquero ceja blanca (*Ornithion semiflavum*), el mosquero de anteojos (*Rhynchocyclus brevirostris*) y el tirano tropical (*Tyrannus melancholicus*); algunas especies que se tienen de **golondrinas** (Hirundinidae), la golondrina bicolor (*Tachycineta bicolor*) y la golondrina manglera (*Tachycineta albilinea*); se tiene una especie de la familia de los **reyezuelos** (Regulidae), el reyezuelo de rojo (*Regulus caléndula*); de la familia de los **zorzales** (Turdidae), entre las que se encuentran, el azulejo garganta canela (*Sialia sialis*), el zorzal cara gris (*Catharus minimus*) y el mirlo de primavera (*Turdus migratorius*); se tiene una especie de **estornino** (Sturnidae), con el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*); de la numerosa **familia de especies de chipes** (Parulidae), que pueden ser observadas en el estado, podemos mencionar a la chipe ala azul (*Vernivora pinus*), el chipe manglero (*Dendroica p. eriathachorides*) y el chipe corona negra (*Wilsonia pusilla*).

Son muchas las especies de **tángaras** (Thraupidae), que habitan en Quintana Roo, entre las cuales están: la tångara roja (*Piranga rubra*), la tångara escarlata (*Piranga olivácea*) y la tångara cabeza rayada (*Spindalis zena*); de la familia de los **gorriones** (Emberizidae), hay especies como el gorrión chapulín (*Ammodramus savannarum*), el gorrión arlequín (*Chondestes grammacus*) y el gorrión ceja blanca (*Spizella passerina*); entre los **cardenales** (Cardinalidae), con los que se cuenta, están el cardenal rojo (*Cardinalis cardinalis*), el colorín azulnegro (*Cyanocompsa parrellina*) y el colorín siete colores (*Passerina ciris*).

Para finalizar hay que recalcar que se mencionaron sólo algunas de las tantas familias y en su caso algunas especies representativas de la avifauna quintanarroense y que pueden ser observadas, ya sea como especies residentes todo el año, en alguna época del año, transeúnte, migratoria o visitante ocasional; por lo que se dejaron de mencionar algunas familias que también es posible divisar en dicho territorio, entre las que se encuentran la de los **Jilgueros** (Fringillidae), los **tordos** y las **calandrias** (Icteridae), los chinitos (*Bombycillidae*), las bisbitas (*Motacillidae*), los mimidos (*Mimidae*), los corvidos (*Corvidae*), los silvidos (*Sylviidae*), los furnaridos (*Furnariidae*) y los vireos (*Vireonidae*), entre otras.

Mamíferos

De acuerdo con la investigación de Escobedo (2011), define que en el estado de Quintana Roo existen 114 especies de mamíferos terrestres, lo que representa un 23.5% de los mamíferos de México, ya que en este rubro se contabilizan en el territorio nacional un total de 485 especies. Igualmente, señala que las familias más diversas en la entidad pertenecen a la de los **murciélagos**: *Phyllostomidae* (31), *Vespertilionidae* (10) y *Molossidae* (9), así como a los roedores con la familia *Muridae* con 10 especies. Siguiendo con los

murciélagos quintanarroenses, éstos son de suma importancia ecológica, ya que cumplen con varias funciones, por una parte, controlan muchas poblaciones de insectos, en la polinización de muchas plantas y conjuntamente en la dispersión de semillas. Escobedo (2011), explica que el murciélago del género *Myotis*, en una hora puede consumir un aproximado de 1200 mosquitos. Por otro lado, expone que algunos mamíferos del lugar han estado relacionados a la cultura maya, ya sea en el culto de una divinidad, en la alimentación y vestimenta; no obstante, en la actualidad todavía son de suma importancia para poblaciones indígenas que habitan en espacios rurales y naturales del estado.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, declara que de las 114 especies de mamíferos descritos en Quintana Roo, son 34 las que están incluidas bajo una protección de esta política ambiental: 11 especies en peligro de extinción, 15 amenazadas y 8 bajo protección ambiental. Asimismo, cabe señalar que el estado de Quintana Roo cuenta con tres especies endémicas, el ratón de Cozumel, el mapache enano y el Tejón de Cozumel. En lo que respecta a su distribución, cabe señalar que la mayoría de los mamíferos de Quintana Roo no son particulares de esta entidad sino más bien se pueden encontrar en la mayor parte de la Península de Yucatán así como de Centroamérica, pero eso no demerita su notable biodiversidad, ya que es posible observar en tierras quintanarroenses, desde “el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), el mico de noche (*Aotus trivirgatus*), el mono aullador negro (*Alouatta pigra*), el jaguar (*Panthera onca*), el cacomixtle (*Bassariscus astutus*), el puma (*Puma concolor*), el mono araña (*Ateles g. yucatanensis* y *Ateles g. vellerosus*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), la nutria (*Lontra longicaudis*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el tigrillo (*Leopardus wiedii*), el tapir (*Tapirus bairdii*), el yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), el agutí (*Dasyproctata punctata*), el tejón (*Nasua narica*) y el venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*)” (CONABIO, 2006).

Anfibios

En lo que respecta a los anfibios quintanarroenses, Cedeño et. al. (2011), definen que estos animales vertebrados cumplen con varias funciones en los distintos ecosistemas de la entidad, ya sea como control de plagas de mosquitos y otros insectos nocivos para las actividades humanas, en actividades turísticas o como fuente de alimento. Por otro lado, señalan que en la entidad se cuenta con 22 de las 23 especies de anfibios que se reportan para la Península de Yucatán.

Estas son algunas de las especies de anfibios más representativas que es posible observar en distintos ecosistemas de Quintana Roo: La rana arbórea (*Trachycephalus venulosos*); la rana verde (*Agalychnis callidryas*); rana de Brown (*Lithobates brownorum*); sapito (*Hypopachus variolosus*); sapo borracho (*Rhinophrynus dorsalis*); salamandra (*Bolitoglossa mexicana*); el sapito elegante (*Gastrophryne elegans*); la ranita túngara (*Engystomops pustulosus*); así como tres especies endémicas de la Península de Yucatán

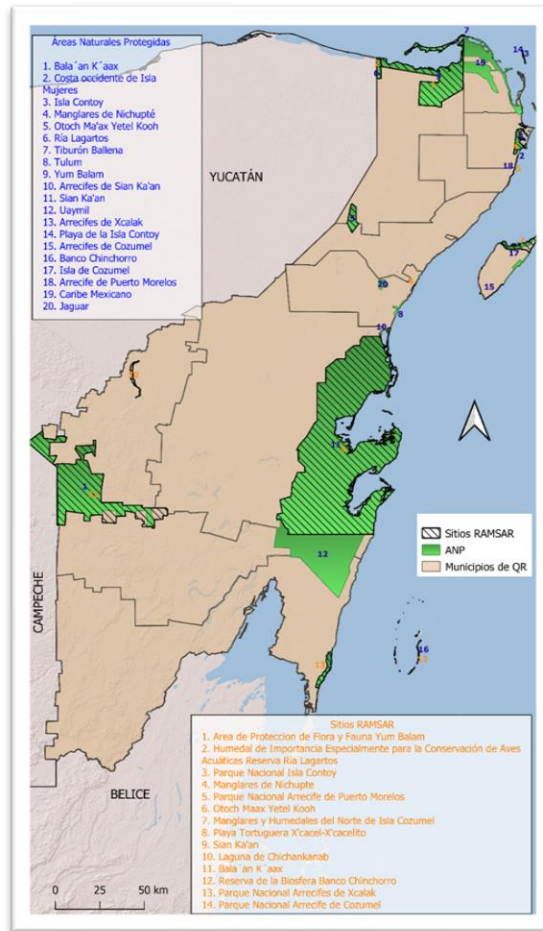
que son la rana de cabeza de pala (*Triprrion petasatus*), la salamanquesa (*Bolitoglossa yucatanana*) y la rana yucateca (*Craugastor yucatanensis*).

Reptiles

Del grupo de los reptiles, se puede señalar que tienen una amplia distribución en el estado de Quintana Roo, debido principalmente a la gran variedad de especies que conforman dicha clase taxonómica, ya que van desde serpientes, tortugas, cocodrilos y lagartijas; teniendo en cuenta su capacidad de adaptación al medio, se los puede encontrar lo mismo en selvas húmedas, zonas templadas o lugares tan extremos como los desiertos. Calderón et. al. (2011), señalan que en la actualidad los reptiles quintanarroenses suman 23 familias, 72 géneros y 106 especies. Además, existen 17 especies de reptiles endémicos dentro de la Península de Yucatán. Algunas de las especies más características de los reptiles quintanarroenses son “los cocodrilos (*Crocodylus acutus*) y (*Crocodylus moreletii*); la cascabel (*Crotalus simus*); iguanas (*Iguana iguana* y *Ctenosaura similis*); la serpiente voladora (*Spilotes pullatus*); tortuga casquito (*Kinosternon scorpioides*); lagartija espinosa de Cozumel (*Sceloporus cozumela*); iguana yucateca de cola espinosa (*Ctenosaura defensor*); Nauyaca nariz de cerdo yucateca (*Porthidium yucatanicum*); la culebra labios blancos maya (*Symphimus mayea*) y la tortuga de caja (*Terrapene yucatanana*)” (CONABIO, 2006); cabe señalar que estas últimas cinco especies tienen una distribución más específica en la parte norte del estado. En contraparte, tenemos especies con una distribución más abundante en las selvas medianas como los casos del lagarto (*Anolis biporcatus*) y el turipache cabeza lisa (*Corytophanes cristatus*).

Como puede observarse, Quintana Roo cuenta con una amplia diversidad de vegetación y fauna, lo cual se considera como un elemento sustancial de la biodiversidad que tiene este estado, por ello se considera conveniente compartir los sitios RAMSAR¹² con los que cuenta, así como las Áreas Naturales Protegidas (ANP) que se han designado para conservar dicha riqueza (ver Mapa 2.2):

¹² Los sitios Ramsar se refieren a humedales de importancia internacional, considerados como ecosistemas fundamentales en la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, con importantes funciones (regulación de la fase continental del ciclo hidrológico, recarga de acuíferos y estabilización del clima local), valores (recursos biológicos, pesquerías y suministro de agua) y atributos (refugio de diversidad biológica, patrimonio cultural y usos tradicionales). Estos sitios se han venido determinando y registrando en México a partir del 4 de noviembre de 1986 derivado de la Convención celebrada en 1971 en la ciudad de Ramsar, Irán. Cabe señalar que estos humedales pueden o no estar incluidos dentro de las denominadas áreas naturales protegidas, (CONANP, 2021).



Mapa 2.2. Áreas Naturales Protegidas y Sitios Ramsar en Q. Roo
Fuente: Elaboración propia

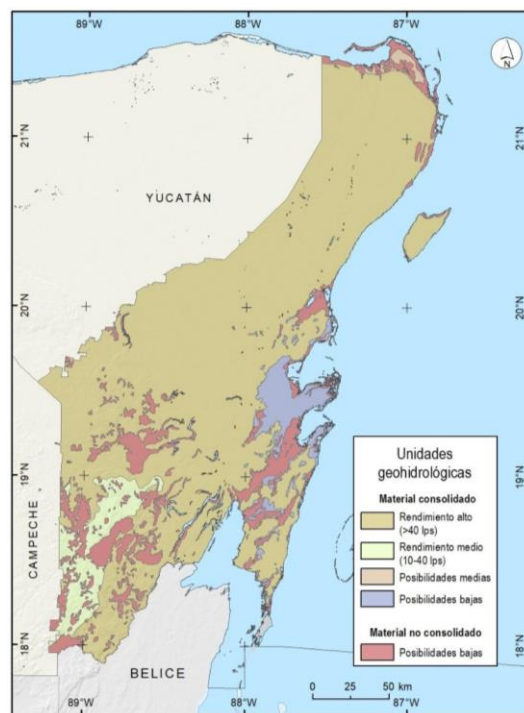
El evidente registro de la riqueza biótica de Quintana Roo, puede resultar ser argumento suficiente para defender su conservación y preservación. Ante ello se han delimitado espacios específicos para cumplir en alguna medida dicha tarea. Sin embargo, ¿qué se hace con la riqueza abiótica (sustento de esta) para reconocer su importancia y su necesaria conservación? Para avanzar en el reto, se describe a continuación la diversidad abiótica con la que cuenta el estado de Quintana Roo, para posteriormente identificar los geositos y sitios de geodiversidad que podrían reconocerse y conservarse bajo los lineamientos del proyecto de *Geoparques Mundiales*.

2.2.2 Riqueza abiótica

Los elementos abióticos presentes en Quintana Roo, como las rocas calizas, los ríos subterráneos, las altas temperaturas y la humedad necesaria para generar las formaciones características en los cenotes, proporcionan a la región una gran riqueza que, en conjunto, han favorecido la grandiosidad de un ambiente

natural rico en flora y fauna, en extremo frágil y vulnerable. Su territorio ha sido el escenario geográfico de una excepcional vida histórica y cultural en cuyas evidencias aún puede admirarse el uso dado a la roca caliza. Tal es el caso de las ciudades y otras manifestaciones culturales que llegaron los habitantes de los cacicazgos mayas Ekab, Chuac,-Ha, Tazes, cúpulas en el norte, centro y parte de Cochua y Chactemal al sur y las pocas edificaciones que recuerdan la presencia de la Capitanía General de Yucatán en la llamada “ruta de las iglesias” y los restos del fuerte de San de Felipe Bacalar.

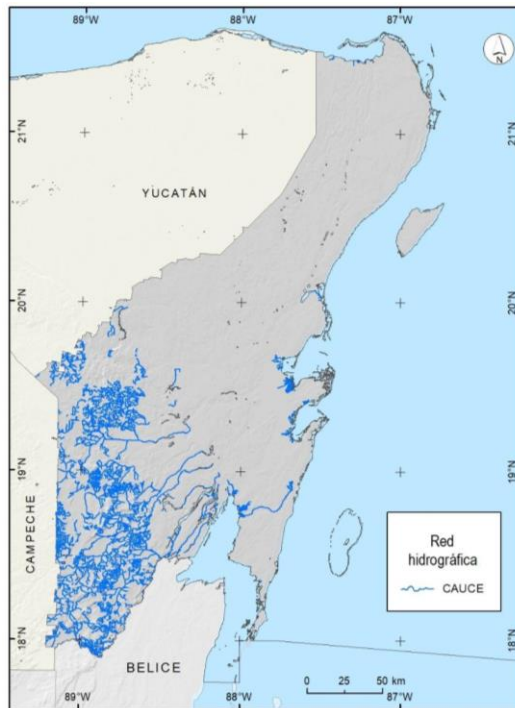
Tanto como la roca caliza, el agua subterránea ha sido un componente geológico fundamental para el establecimiento de centros ceremoniales cuyo esplendor puede admirarse todavía en Kobá, Chiche Itzá, Tulum y Palenque, por ejemplo. En cuanto al emplazamiento de los grupos humanos en el territorio quintanarroense, el agua fue un eje rector, como sucedió con los itzues que, provenientes del sur de la península de Yucatán, se asentaron primero en Siyancan Bakhhal (puerta del cielo y lugar de carrizos) en la ribera de la laguna de Bacalar alrededor de 415 a.C (UNAFED) y más tarde se expandieron a otras regiones siempre al amparo de la presencia de agua subterránea. Sus unidades geohidrológicas se visualizan mejor en el Mapa 2.3:



Mapa 2.3. Hidrología subterránea- Unidades geohidrológicas

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI

Dichas unidades geohidrológicas permiten comprender la red hidrográfica (Mapa 2.4) con la que cuenta el territorio y que constituye un elemento esencial para las actividades económicas de la zona, las cuales se concentran principalmente en la región sur del estado:



Mapa 2.4. Hidrología- Red hidrográfica

Fuente: elaboración propia a partir de la información de INEGI

Para avanzar en la riqueza abiótica con la que cuenta Quintana Roo, se describen los elementos que forman parte de su estructura tanto geológica como geomorfológica.

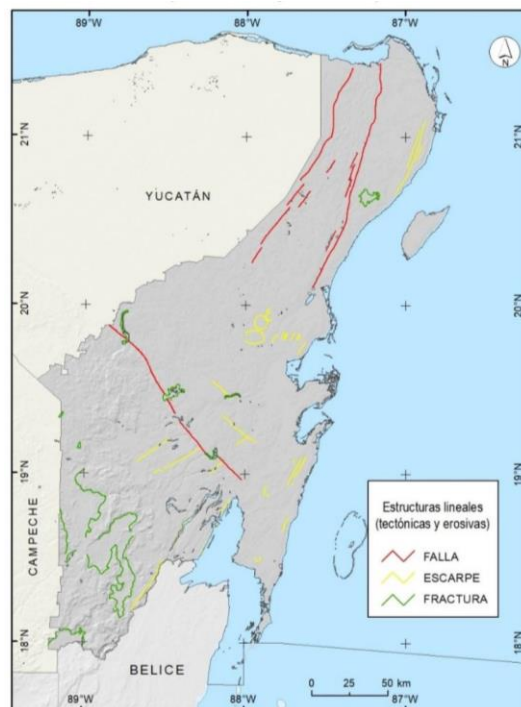
Geología

A comparación de otras áreas geográficas del país, se tiene que el marco geológico del estado de Quintana Roo es reciente, debido a que su levantamiento tectónico aconteció en el Cuaternario. Lugo y et. *al.* (1992), mencionan que la actividad neotectónica ha sido muy evidente en la conformación geológica de la península de Yucatán, así lo atestiguan las rocas sedimentarias marinas terciarias que prueban un levantamiento gradual aproximadamente desde el Oligoceno. De acuerdo con el INEGI (2015), se define que el estado de Quintana Roo ésta constituido casi prácticamente por rocas del Cenozoico y del Terciario con un 83.95% y el resto 14.76% son suelos del Cuaternario. Revisando todos los municipios de la entidad se puede constatar que la roca caliza es la predominante, por ejemplo, Solidaridad con un 97.44%; Tulum, 94.28%; José María Morelos, 93.64%; Felipe Carrillo Puerto, 89.63%; Lázaro Cárdenas, 87.78%; Benito Juárez, 87.61%; Cozumel con un 87.47%; y Othón P. Blanco, 75.05%.

En coincidencia, también se observa que la conformación geológica y clasificación de estas rocas es integralmente de origen cenozoico, principalmente de los periodos geológicos Neógeno (Aprox., 23 000 000 a.C. al 2500 a.C.), y Cuaternario. Asimismo, en menor medida del Paleógeno, que es el periodo

geológico más antiguo, ya que se inicia hace 65 millones de años. La península de Yucatán se constituye de dos unidades morfológicas principales. La primera ubicada en el norte y conformada principalmente por planicies y rocas sedimentarias neogénicas. En cambio, la otra unidad morfológica se localiza principalmente en la parte sur de dicha región constituida primordialmente por planicies alternadas con lomeríos hasta 400 msnm (metros sobre el nivel del mar), en rocas sedimentarias del oligoceno (Lugo y et. al. 1992). Además, los autores señalan que esta configuración del relieve manifiesta un levantamiento originado en el Mioceno en la porción meridional, prolongado en el Plioceno y Cuaternario en dirección NE.

Asimismo, consideran que la mayor parte del paisaje kárstico subterráneo de la península de Yucatán se han originado en el nivel freático, por ejemplo, todas las cuevas de la Sierra de Ticul en el estado de Yucatán, así como otras en la planicie norte se han desarrollado en sentido horizontal, muy próximas al nivel freático. En cambio, el gran sistema de cuevas profundas, en su mayoría inundadas, pertenecen a un paisaje kárstico más antiguo. Además, es de suponerse que empezaron a rellenarse de agua o en su caso el nivel de agua aumentó con mayor intensidad desde la ascensión del nivel del mar, ocurrida a finales del Pleistoceno. El siguiente mapa (Mapa 2.5) permite visualizar la distribución de la estructura lineal en el territorio, lo que más adelante se vincula a las unidades del paisaje con el que cuenta esta zona:

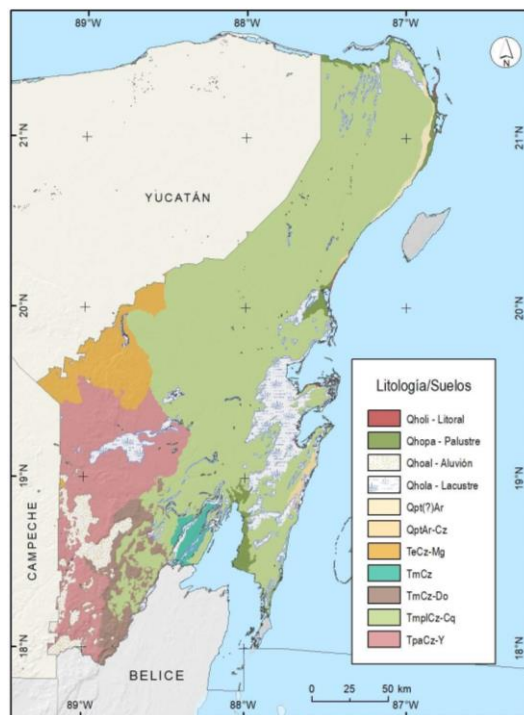


Mapa 2.5. Geología- Estructuras lineales (tectónica y erosivas)
Fuente: Elaboración propia con base en la información de SGM

Edafología

De acuerdo con lo establecido por el Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1: 250 000, serie III, (INEGI, 2016), se señala que existen en el estado de Quintana Roo los siguientes suelos: Vertisol (VR), 37.3%; Leptosol (LP), 32.81%; Phaeozem (PH), 9.74%; Luvisol (LV), 7%; Gleysol (GL), 5%; Arenosol (AR), 2.72%; Regosol (RG), 1.89%; Solonchak (SC), 1.01%; Histosol (HS), 0.93% y Cambisol (CM), 0.29%. La distribución se visualiza en el siguiente mapa (Mapa 2.6):

En el sur de la entidad, particularmente en el municipio de Othón. P. Blanco, se tiene casi toda la representatividad de los suelos de la entidad, siendo los leptosoles y vertisoles los de mayor abundancia; siguiendo en importancia el grupo de los suelos phaeozem, gleysol, regosol, entre otros.



Mapa 2.6. Geología- Litología y suelos. Unidades: Qholi - Suelo litoral/Holoceno; Qhopa - Suelo palustre/Holoceno; Qhola - Suelo lacustre/Holoceno; Qhoal - Suelo aluvial/Holoceno; Qpt(?)Ar - Arenisca/Pleistoceno; QptAr-Cz - Arenisca-Caliza/Pleistoceno; TmCz-Do - Caliza-Dolomía/Mioceno; TmCz - Caliza/Mioceno; TmplCz-Cq - Caliza-Coquina/Mioceno-Plioceno; TeCz-Mg - Caliza-Marga/Eoceno; TpaCz-Y - Caliza-Yeso/Paleoceno. Fuente: Elaboración propia con base en la información de SGM.

En los municipios que conforman el centro del estado: Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos, son los suelos de leptosol los de mayor dominio en esta área geográfica. Siguen en importancia, en Felipe Carrillo Puerto, los suelos de luvisol, arenosol, solonchak y gleysol; muchos de estos relacionados a la topografía del lugar y a los diversos efectos de la proximidad del mar. En José María Morelos, un municipio más alejado de la costa, se citan otros suelos con una amplia distribución geográfica como los phaeozem, gleysol y vertisol. Los suelos de leptosol son los predominantes en la parte norte del estado de Quintana

Roo, en la totalidad de los municipios de esta área geográfica, este grupo de suelos (hiperesquelético, húmico, lítico y réndzico), ocupan el primer lugar en su distribución geográfica. De acuerdo, al INEGI (2015), define que los dos suelos predominantes en Tulum son el leptosol con 55.81% y phaeozem con 37.73%; en Solidaridad, leptosol (97.44%) y phaeozem (2.47%); en Lázaro Cárdenas, leptosoles (68.87%) y luvisoles (10.66%); en Benito Juárez se tienen porcentajes de leptosoles (85.40%) y solonchak (7.07%); y por último en el municipio de Cozumel hay una predominancia de suelos de leptosol (68.77%) y Solonchak (11.65%). Cabe señalar que la mayoría de los suelos de la península de Yucatán (y, por lo tanto, los del estado de Quintana Roo, son considerados como suelos jóvenes, poco desarrollados y de muy poca profundidad. Lo cual es muy explicable, ya que está en una de las áreas geográficas más recientes en términos geológicos, por lo que los procesos de edafogénesis aún son recientes e insuficientes para conformar un suelo maduro.

A su vez, se puede señalar que existen otros procesos exógenos que limitan el desarrollo de muchos suelos quintanarroenses, entre los que se ubican: el hidromorfismo, suelos que permanentemente o por temporadas están inundados; salinidad y sodicidad, debidas principalmente a la acción del agua, ya sea por una corriente subterránea o superficial. En una investigación realizada por Tello (2011), para el capítulo enfocado al estudio de suelos de Quintana Roo, Pozo et al. (2011) señala la denominación maya para los principales suelos de la entidad. Empieza con leptosoles nombrados en lengua maya como Tzek'el y que tienen la característica de ser suelos pedregosos y que la roca madre se encuentra a poca profundidad.

Al vertisol gléyico o gleysol en nombre maya se le define como Ak'alche y tienen como particularidad que son suelos que se inundan. A los suelos de phaeozem se les nombra en maya como Pus-lu'um, que se caracterizan por no inundarse y por ubicarse en lomeríos, además presentan un horizonte superficial con tonalidades oscuras y en general suelen ser fértiles. Por último, concluye con el luvisol crómico, denominado en maya como K'ankab, caracterizados por su intenso color rojo. Asimismo, Tello (2011) puntualiza que la mayor parte de los suelos del estado de Quintana Roo presentan un buen drenaje a excepción de las áreas contiguas a la costa, dónde el drenaje es muy escaso y en algunas zonas no se presenta, por lo que se manifiesta en la formación de humedales y manglares.

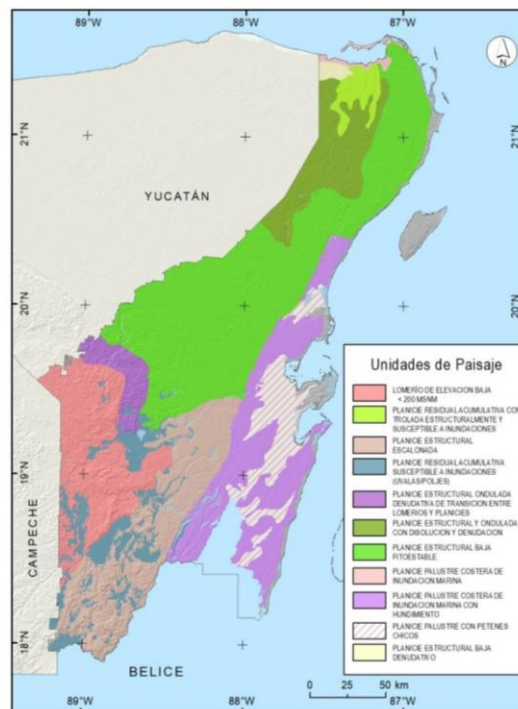
También señala unas características muy puntuales de los principales suelos quintanarroenses. De los leptosoles, explica que son suelos jóvenes y someros, se identifican por presentar residuos de carbonatos mezclados con material mineral; son de coloración oscura y tienen abundante arcilla. En lo referente a los vertisoles, expone que son suelos arcillosos de coloraciones variadas desde el negro hasta el pardo rojizo. Se les ubica en la parte sur de la entidad en las zonas planas; son suelos con abundantes arcillas dilatables por lo que presentan plasticidad en estado húmedo y son muy duros en estado seco. Con respecto, al grupo de los suelos de phaeozems, precisa que tienen un horizonte superficial espeso y de color oscuro, debido principalmente al aporte de materia orgánica y nutrientes; se les ubica en planicies y lomeríos sin mucha pendiente. Son suelos jóvenes, óptimos para la agricultura, de lo contrario son la base de una vegetación de selvas medianas subperennifolias. Para finalizar, de los luvisoles, especifica que son suelos originados de

calizas del Terciario y se les ubica en las localidades de Kantunilkín, Solferino, Chiquilá, Tihosuco, Santa Rosa, Polyuc y José María Morelos.

Por último, los luvisoles tienen la característica principal de formar un horizonte de acumulación de arcillas por debajo de la capa superficial; ya que estas al ser removidas (lavadas) de capas más exteriores se van almacenando en un horizonte más inferior y van formando agregados de arcillas junto a otros minerales y material de suelo orgánico. Estas descripciones generales (que incluso se podrían considerar como un inventario) sobre la amplia riqueza natural de Quintana Roo tanto en el aspecto biótico y mucho más en el abiótico, permiten reconocer el potencial que tiene el territorio para su integración en proyectos como el de los *Geoparques Mundiales*, ya que si bien, se ha logrado integrar parte de la biodiversidad a programas de conservación mediante las ANP y los sitios RAMSAR, los elementos abióticos, sustento de la biodiversidad, se encuentran constantemente expuestos al deterioro ambiental derivado principalmente de las actividades económicas vinculadas al turismo.

Fisiografía

El estado de Quintana Roo se ubica en la provincia fisiográfica Plataforma Yucateca o plataforma de Yucatán, por lo que es una de las zonas más recientes en emerger en el territorio mexicano. De acuerdo con Lugo y *et. al.* (1992), definen que se trata de una plataforma con potentes estratos, básicamente constituidos por rocas carbonatadas, que en superficie son reconocibles en una secuencia que comprende desde el Paleógeno hasta el Cuaternario (Mapa 2.7).



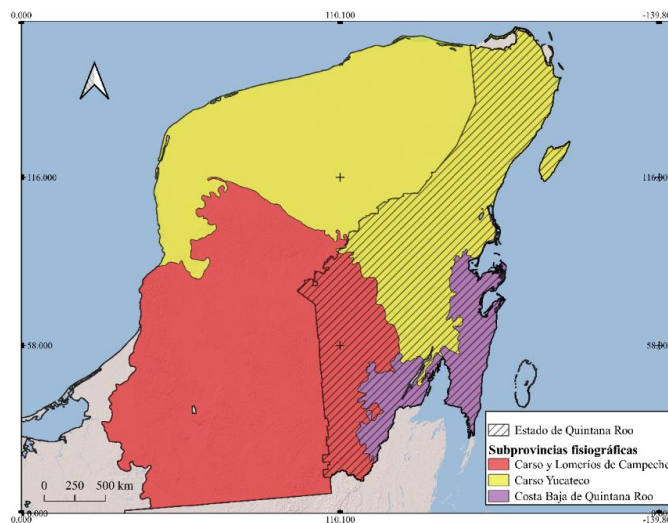
Mapa 2.7. Geomorfología- Unidades de paisaje

Fuente: Elaboración propia con base en la información de Bautista (2005)

Otro de los rasgos de la provincia fisiográfica que representa la Plataforma de Yucatán, al ser en general una unidad geológica y geomorfológica con rasgos muy característicos es la particularidad más distintiva de la geografía de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, por lo que se puede destacar que es una gran planicie con una uniformidad constante.

El INEGI (2021), señala que, en lo que hace a la fisiografía de Quintana Roo, éste pertenece íntegramente a la provincia fisiográfica de la Plataforma de Yucatán, que al mismo tiempo se subdivide en tres subprovincias fisiográficas en la demarcación (ver Mapa 2.8):

- Carso Yucateco con un 54.90% del territorio,
- Carso y lomeríos de Campeche (24.22%) y
- La Costa Baja de Quintana Roo con un 20.88% de la superficie del estado.



Mapa 2.8. Subprovincias fisiográficas

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (2001)

El Carso Yucateco se encuentra ubicado en toda la parte norte y centro de la superficie estatal, abarcando “los municipios de Benito Juárez, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, José María Morelos, Lázaro Cárdenas, Othón P. Blanco y Solidaridad” (INEGI, 2016). En su mayor parte, las llanuras con lomeríos son el sistema de toposformas dominante en esta subprovincia fisiográfica. De acuerdo con la clasificación del INEGI (2016), en su mapa de Sistemas de Topoformas, define que las llanuras rocosas son las que predominan en la geomorfología de esta subprovincia fisiográfica destacando: las llanuras rocosas “...con hondonadas someras de piso rocoso o cementado; llanuras rocosas de transición de piso rocoso o cementado y las llanuras rocosas de piso rocoso o cementado y salino” (INEGI, 2016).

La segunda subprovincia fisiográfica en importancia es el Carso y lomeríos de Campeche. Teniendo su ubicación en el sur del estado, principalmente en la sección contigua con el estado de Campeche, en los

municipios de Othón P. Blanco y José María Morelos, asimismo en una porción mínima del territorio municipal de Felipe Carrillo Puerto. Los lomeríos son el sistema de topoformas característico de esta área geográfica. En lo particular, se pueden destacar dos sistemas de topoformas particulares en la parte poniente del municipio Othón P. Blanco, se tratan de lomeríos bajos con llanuras y lomeríos bajos con hondonadas, ya que en el centro del municipio se tiene la transición a la subprovincia Costa Baja de Quintana Roo.

Finalmente, la tercera subprovincia en importancia es la Costa Baja de Quintana Roo, localizada en Othón P. Blanco y Felipe Carrillo Puerto. Las llanuras son la característica principal de la costa baja de esta entidad y se hallan en porcentajes muy bajos comparados con otros sistemas de topoformas como playas o barras y arrecifes. Entre los lugares insertos en esta fisiografía se destacan la ciudad de Chetumal, tanto como las bahías de Espíritu Santo, Ascensión y Bahía de Chetumal. Entre la clasificación de llanuras que se pueden mencionar en esta área geográfica de Quintana Roo existen desde las de piso rocoso y/o cementado inundable; piso rocoso cementado y salino; rocosa de transición inundable; entre otras. Además de playas o barras inundables y salinas. Para sintetizar esta información en la tabla 2.4 se presentan las principales unidades fisiográficas y paisaje geomorfológico de Quintana Roo, así como los suelos asociados a cada Unidad.

| Unidad fisiográfica | Sistema terrestre (morfogénesis) | Expresión morfológica principal | Unidades de paisaje/Paisaje geomorfológico | Tipos de suelo |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|----------------|
| Llanura Costera del Caribe | Fluvio-Palustre | Planicies | 1. Planicie Residual Acumulativa Controlada Estructuralmente y Susceptible a Inundaciones: Planicies que se encuentran controladas por morfoalineamientos que provocan depresiones irregulares y alargadas. | Leptosoles |
| | | | 2. Planicie Residual Acumulativa Susceptible a Inundaciones (Uvalas/Poljes): Planicies que presentan una estructura semicóncava delimitadas por elevaciones calcáreas. La actividad disolutiva y erosiva se encuentra muy presente dando origen a toda la planicie. | Phaeozems |
| | | | 3. Planicie Palustre Costera de Inundación Marina: Sujeta a un régimen intermareal, esta planicie presenta continuas inundaciones. Posee una composición cárstica que da origen a un relieve entrante de canales regulados por los continuos ascensos y descensos del nivel del mar. | Vertisoles |
| | | | 4. Planicie Palustre Costera de Inundación Marina con Hundimiento: Con una geodinámica particular, esta planicie presenta evidencias de debilidades estructurales con hundimientos característicos de la erosión. | Gleysoles |
| | | | 5. Planicie Palustre con Petenes Chicos: Se trata de un paisaje único en México ubicándose principalmente en el centro oriente de Quintana Roo y en el Noroeste de Campeche. Es abundante la vegetación arbórea de manglar que se encuentra sujeta a importantes | Luvisoles |

| | | | | |
|------------------------------|-----------------|-----------|--|------------|
| | | | oscilaciones de disponibilidad de agua y concentraciones salinas. | |
| Meseta de Zoh-Laguna | Litoral | Planicies | | Solonchaks |
| Litoral Coralífero del Norte | Carso-Tectónica | Lomeríos | 6. Lomerío de Elevación Baja <200 msnm: Esta unidad de paisaje está sujeta a extensos periodos de denudación y disolución. A escala local presenta una disección poco profunda teniendo planicies residuales extendidas como una de sus principales características. | Arenosoles |
| | | Planicies | 7. Planicie Estructural Escalonada: En esta planicie dominan las morfoestructuras en terrazas estructurales afectadas por disolución. Parte importante de ellas son los escarpes bajos que no superan los 50 metros sucesivos de la zona continental hacia mar adentro. | Regosoles |
| | | | 8. Planicie Estructural Ondulada Denudativa de Transición entre Lomeríos y Planicies: Planicie que no excede los 50 msnm con ondulaciones y lomeríos aislados con transición entre planicies y lomeríos. | Histosoles |
| | | | 9. Planicie Estructural y ondulada con Disolución y Denudación: Planicie que presenta una altitud media de 50 msnm y una enorme diversidad de formaciones cársticas en su mayoría cenotes profundos. Se caracteriza por tener un paisaje ondulado relacionado con el proceso de disgregación de dolinas. | Nitisoles |
| | | | 10. Planicie Estructural Baja Denudativo: Con formas exocársticas que albergan el microrelieve de lapiáz, depresiones someras, grietas y dolinas corrosivas, esta planicie experimenta una erosión de tipo superficial areal y disolución. | Cambisoles |
| | | | 11. Planicie Estructural Baja Fitoestable: Las condiciones climáticas de esta región, caracterizadas por la presencia de un clima cálido subhúmedo han provocado que en términos evolutivos esta planicie se encuentre en la etapa de pedogénesis y fitoestabilidad dando origen al desarrollo de selva mediana subperennifolia. | Fluvisoles |

Tabla 2.4. Unidades fisiográficas y paisaje geomorfológico de QR

Fuente: Elaboración propia con información de Bautista y et. al. (2005)

Dicha descripción del elemento geológico y geomorfológico del territorio constituyen la amplia riqueza abiótica del territorio quintanarroense.

2.2.3 Presencia de cenotes, sistemas de cuevas y estromatolitos en Quintana Roo

Si bien, se puede apreciar la riqueza biótica y abiótica del territorio en estudio, es bien conocido que una de las formaciones características por la que es reconocida esta región, es por los cenotes, los cuales se constituyen a partir de la interacción de los elementos propios de este espacio, estos son: las rocas calizas, los ríos subterráneos, las altas temperaturas y la humedad.

Al respecto, se mencionó anteriormente que la región a la que pertenece Quintana Roo, cuenta con dos sistemas hidrográficos subterráneos considerados como los dos más largos del planeta, estos son Sac Aktún y Ox Bel Há, los cuales además de proporcionar el agua dulce, necesaria para la supervivencia poblacional y el desarrollo de sus actividades económicas, fungen (en conjunto con las características fisiográficas del lugar) como un elemento clave para la conformación de la extensa red de ríos y cuevas inundadas o cenotes que afloran por doquier, constituyendo así los recursos abióticos más preciados de la entidad.

Por ejemplo, en el centro y norte de Quintana Roo, sus habitantes se abastecen de agua dulce en los cenotes del maya ts'ono'ot o d'zonot (caverna con depósito de agua), por lo cual comprender estos sistemas hidrográficos es fundamental.

Estas formaciones son características de la península de Yucatán, no sólo por su riqueza hídrica que permite la presencia de flora y fauna en su entorno, sino también porque en sus entrañas se encuentran formaciones kársticas impresionantes se vestigios arqueológicos y paleontológicos, de los cuales algunos están todavía por descubrirse. La trascendencia de los cenotes radica en que estos forman parte de los sistemas hidrográficos subterráneos de Quintana Roo, constituidos por cavernas y grutas secas e inundadas que se crean a raíz de la acción erosiva de la lluvia sobre la roca caliza fracturada, en presencia de otros factores como la acción de las aguas subterráneas y las altas temperaturas. Respecto a los cenotes y su relación con las lagunas cabe destacar la presencia de los cenotes el Azul y Yadzonot.

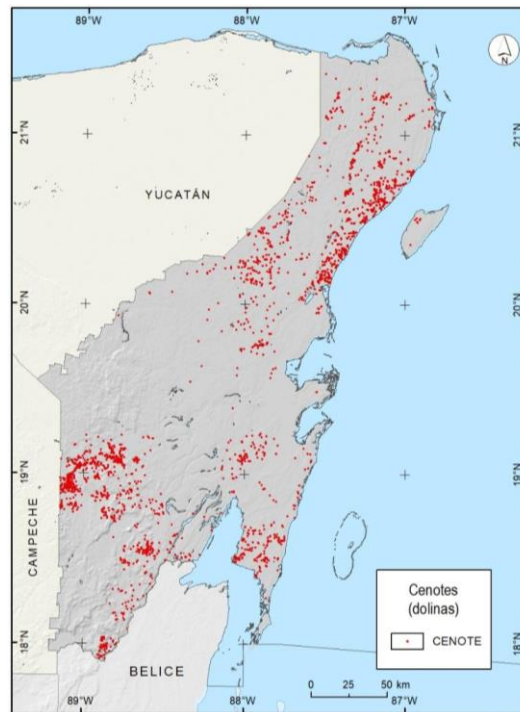
Asimismo, dentro del sistema de cuevas hay gran diversidad de espeleofomas, además de las estalactitas y estalagmitas ubicadas al sur Quintana Roo, en donde se aprecia un rasgo inconfundible en el paisaje, esto es la presencia de los denominados estromatolitos, que son estructuras órgano-sedimentarias litificadas y laminadas, que se formaron "...por la actividad de microorganismos que atrapan y fijan el sedimento o producen la precipitación de minerales" (Rodríguez Martínez *et al.*, 2010). Los estromatolitos conforman una franja de aproximadamente 10 km de longitud ubicada en el municipio de Bacalar, al sur de la entidad.

Hasta el momento se contabilizan en la península entre 7 000 y 8 000 cenotes, la mayoría al norte del estado de Yucatán, en el anillo de cenotes ya mencionado, mientras en Quintana Roo se han detectado 2,800 cenotes¹³, 240 cuevas secas y 358 sistemas de cuevas sumergidas cuya longitud es de 1,400 km. y, por lo que toca a Campeche, en el sureste (Amigos de Sian Ka'an, 2015).

Otro aspecto interesante para entender la presencia de estas formas (los cenotes) es la topografía, que no tiene mucha variación en la altimetría, adolece de ríos superficiales y al contrario se pueden destacar toda una diversidad de geofomas kársticas como dolinas, cenotes, cuevas y ríos subterráneos; en cuanto a las cuevas, las mismas pueden llegar alcanzar algunos cientos de metros de profundidad y en los ríos decenas

¹³ Base de datos Amigos de Sian Ka'an (2015).

de kilómetros de longitud. Este paisaje se debe, principalmente, al constante proceso de disolución de las rocas calizas. Para reconocer la distribución de estos se adjunta el Mapa 2.9:



Mapa 2.9. Geomorfología- Cenotes.
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, los cenotes se ubican principalmente en la porción norte de dicha área geográfica. La etimología de la palabra cenote tiene un origen en la lengua maya con el término *dzoonot*, representando un hoyo en el suelo. La geomorfología, especifica que un cenote es una cavidad vertical cuya dimensión puede ser grande o pequeña; las paredes pueden ser verticales, ligeramente inclinadas o campaniformes. Algunos cenotes pueden estar interrelacionados con galerías horizontales y en otros casos se han localizado con más de cien metros de profundidad. Al estudiarlos, se debe focalizar en los elementos asociados a la manifestación de rocas calizas y al efecto de la erosión kárstica, en especial los cenotes (dolinas), las cavernas secas y las inundadas.

Por estas características son ampliamente valorados, pues fungen un papel de abastecedores de agua dulce en la zona, así como, representan la riqueza natural que albergan y su relevancia para la cultura maya. Respecto a la cantidad de cenotes se tiene un dato interesante de acuerdo con la página de *Amigos de Sian Ka'an* (2015), quienes mencionan que, hasta el momento, se han tratado de contabilizar y caracterizar como resultado de un primer censo y un análisis detallado de bases de datos existentes en sus tres estados. Al

respecto indican que se tienen 5,313 registros de cenotes y probables cenotes georeferenciados, que parten de un análisis de imágenes de satélite y levantamiento de datos en campo¹⁴. De ellos, 2530 corresponden a Quintana Roo.

Del total de cenotes en Yucatán, según De Anda (2014), únicamente se ha explorado 15 por ciento de estos. Para las cavernas inundadas en la entidad, según los últimos datos de la Quintana Roo Speleological Survey¹⁵ (QRSS 2018), se registra la existencia de 341, que hasta lo explorado el día de hoy, tienen una extensión de mil 390 kilómetros lineales. Vale la pena señalar que en esa región están las dos más grandes del mundo: Ox Bel Ha, de 256 kilómetros, y Sac Aktun, de 222¹⁶. Es conveniente señalar que, mediante el mapeo de ríos subterráneos, realizado desde hace nueve años, ha sido posible identificar en la Península, el doble de los 91 ya existentes. Con esta característica, la zona se convierte en una de las regiones más ricas en recursos hídricos a nivel global.

En el mundo hay por lo menos 150 ríos subterráneos, sin contar a los recientemente descubiertos. De ellos, más del 60% están ubicados en la región, al respecto se recupera: “Nos hemos dado cuenta de que hay cavernas por todos lados, hemos podido encontrar los ríos más grandes y probablemente existen el doble de los que conocemos ahora”, expuso Robert Supper, investigador del Servicio Geológico de Austria (SGA)¹⁷. Seguidamente, se comparten las principales cavernas inundadas de Quintana Roo como parte del inventario de este capítulo (Tabla 2.2).

¹⁴ Asociación Civil “Amigos de Sian Ka’an” (2015). Agua: Retos. Acciones. Logros. Cancún, Quintana Roo. Recuperado de <https://www.amigosdesiankaan.org/agua/>

¹⁵ Esta organización no gubernamental lleva trabajando y recopilando información en Quintana Roo desde el año de 1990.

¹⁶ *Noticaribe*. (22 de agosto del 2014). LA RIQUEZA INÉDITA DE LOS CENOTES: De 6 mil cenotes en Yucatán sólo se ha explorado 15%, dice arqueólogo. Recuperado de <http://noticaribe.com.mx/2014/08/22/la-riqueza-inedita-de-los-cenotes-de-6-mil-cenotes-en-yucatan-solo-se-ha-explorado-15-dice-arqueologo/>

¹⁷ Actualmente los investigadores de Austria y de la Universidad Técnica de Dinamarca (UTD), han estudiado cerca de mil 200 kilómetros en los que ha sido posible encontrar las tres cuartas partes de cuevas subterráneas que hay a nivel internacional, de acuerdo con información Bill A. Phillips, buzo reconocido por la aportación datos que encuentra en sus recorridos submarinos.

| No. | Cave system | Longitud (mts) | Profundidad (mts) |
|-----|-------------------------------------|----------------|-------------------|
| 1 | Sistema Ox Bel Ha | 258791.2 | -57.3 |
| 2 | Sistema Sac Actun | 247970.8 | -101.2 |
| 3 | Sistema Dos Ojos | 83300 | -119.2 |
| 4 | Sistema K'oox Baal | 78939.8 | -26.2 |
| 5 | Sistema Xunaan Ha | 52213.8 | -27.1 |
| 6 | Sistema Toh Ha | 47071.6 | -12.8 |
| 7 | Sistema Sand Crack | 26746.5 | -17.7 |
| 8 | Sistema Nohoch Pek | 25160.6 | -18.6 |
| 9 | Entrada Caapechen (Manatee) | 15638 | -34.7 |
| 10 | Sistema Ponderosa | 15209.5 | -20.4 |
| 11 | Sistema Murena - Aak Kimin (Yal Ku) | 14268.6 | -68.6 |
| 12 | Sistema Dos Pisos (Ka'p'el Nah) | 14175.9 | -24.4 |
| 13 | Sistema Caterpillar | 13452.3 | -27.1 |
| 14 | Sistema Camilo | 13442 | -25 |
| 15 | Sistema Doggi | 12035.8 | -14.6 |
| 16 | Cueva Quebrada | 11555.3 | -9.4 |
| 17 | Entrada Boca Paila | 11402.4 | -26.8 |
| 18 | Sistema Cupul Ha | 11027.2 | -14 |
| 19 | Sistema El Puente | 10473.8 | -90.2 |
| 20 | Sistema Ek Be | 9905.2 | -18.3 |
| 21 | Sistema Muul 3 | 9629.5 | -19.2 |
| 22 | Sistema Nohoch Kai | 9292.4 | -25.9 |
| 23 | Sistema Chac-Mol | 9192.8 | -28.3 |
| 24 | Sistema Minotauro | 8739.5 | -16.8 |
| 25 | Sistema Zapote | 7917.8 | -27.7 |

Tabla 2.2. Principales cavernas inundadas de Quintan Roo.

Fuente: Elaboración propia con base en Quintana Roo Speleological Survey (QRSS), 2016.

Para las cuevas secas localizadas en Quintana Roo, según datos preliminares de la QRSS hasta el momento existe un total de 242, entre las más largas destacan las siguientes (Tabla 2.3).

| No | Sistema de cuevas | Longitud (mts) | Profundidad (mts) | Entradas |
|----|-------------------------------------|----------------|-------------------|----------|
| 1 | Sistema Chango Místico | 12006 | 0 | 2 |
| 2 | Sistema Quijada de Jaguar (Jag Jaw) | 10693 | 0 | 1 |
| 3 | Sistema Texcoco | 8197 | 0 | ? |
| 4 | Sistema Dos Arboles | 7920 | -17 | 45 |
| 5 | Sistema Rio Escondido (Cueva Dino) | 6116 | -13 | 11 |
| 6 | Sistema Pulpo | 4153 | -15 | 14 |
| 7 | Cueva de Cámaras | 3811 | -4 | 2 |
| 8 | Sistema Fauces de Jaguar (Jag Maw) | 3417 | 0 | ? |
| 9 | Sistema Pata de Jaguar (Jaguar Paw) | 2717 | 0 | ? |
| 10 | Sistema del Vivero (y C. de Templo) | 2428 | 0 | 1 |
| 11 | Cueva Carretera Perdida | 2204 | 0 | 1 |
| 12 | Cueva Chéel Náajal | 2127 | 0 | 1 |
| 13 | Sistema Texcoco | 2007 | 0 | 1 |
| 14 | AktunT'uyul | 1968 | 0 | 1 |
| 15 | Sistema del Tercer Ojo | 1962 | -5.3 | 5 |
| 16 | Sistema Garganta de Jaguar (Craw) | 1678 | 0 | 1 |
| 17 | Cueva Media Luna | 1670 | -6 | 1 |
| 18 | Sistema Alux Sur | 1663.3 | -3 | 5 |
| 19 | Sistema Chu'úuy | 1482 | 0 | 2 |
| 20 | Cueva Winik Sateem | 1472 | 0 | 1 |
| 21 | Sistema Belfast | 1369 | -7 | 8 |
| 22 | Sistema Paamul | 1364.9 | -5 | 15 |
| 23 | Sistema Panal | 1361.8 | -14 | 2 |
| 24 | Sistema Kana Kiwi | 1341 | -6 | 2 |
| 25 | Chichan Kin Belai (Solstice) | 1296 | 0 | 1 |

Tabla 2.3. Principales cuevas secas

Fuente: Elaboración propia con base en Quintana Roo Speleological Survey (QRSS), 2016.

El caso de los estromatolitos

Ahora bien, conviene señalar concretamente sobre una de las formaciones más significativas del estado de QR en donde se ven involucrados elementos bióticos y abióticos que le dan cierta singularidad por su amplia relevancia a la propuesta de los geoparques en este territorio. Esto es, la presencia de los estromatolitos.

¿Qué son y cuáles son sus características?

Sobre éstos, una de las definiciones más puntuales que se encuentran de este concepto es la de Beraldi (2004a) quien menciona que:

Los estromatolitos son por definición estructuras órgano-sedimentarias, laminadas, compuestas principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), y adheridas al sustrato, producto de la actividad metabólica de microorganismos (principalmente cianobacterianas). [Los cuales son] estructuras rocosas, a veces porosas y rugosas. (p.3).

Es importante considerar la puntualización que hace Beraldi (2004a) al indicar que los estromatolitos son tanto algas como estructuras calcáreas, en donde si bien, las algas que formaron los estromatolitos fósiles, no se conservan, se sabe que estuvieron presentes en dicha formación, ya que sin algas no puede haber estromatolito.

También Rodríguez-Martínez, Menéndez, Moreno-Eiris, Calonge, Perejón y Reitner (2010) mencionan que los estromatolitos son rocas biocontruidas por la actividad de microorganismos y que éstos son considerados como una de las primeras evidencias macroscópica de la aparición de la vida en el registro del planeta (Schopf, 1996 citado en Rodríguez-Martínez *et al.*, 2010, p. 1-2). Puntualmente los definen como “estructuras organosedimentarias litificadas laminadas, formadas por la actividad de microorganismos que atrapan y fijan el sedimento o producen la precipitación de minerales” (Rodríguez Martínez *et al.*, 2010, p. 3).

En otro texto, se suma a su definición que éstos “emergen verticalmente del mismo [sustrato], produciendo estructuras de gran variedad morfológica, volumétrica y biogeográfica, [y que], además de las cianobacterias, en estromatolitos actuales la microflora puede incluir algas (especialmente verdes y diatomeas), hongos, crustáceos, insectos, esporas, polen, rodofitas y fragmentos y sedimentos de todo tipo, que pueden llegar a calcificar dentro de la estructura” (Beraldi, 2004b).

Debe también considerarse la puntualización sobre “la variedad biológica de cada comunidad estromatolítica dependerá de condiciones ambientales e hidrológicas: hipersalino, dulceacuícola, intermareales, submareales, fuertes corrientes, moderadas, nulas, cálido, templado, altitud (afecta a la exposición de luz UV), etc.” (Beraldi, 2004b). Sumado a esto, Ortiz (2015) indica que “los estromatolitos son rocas vivientes que se conforman de la unión de minúsculos seres unicelulares que viven en aguas

cálidas y poco profundas, que se forman lentamente en capas”. Por último, para este concepto se retoma del grupo de investigadores del trabajo de “Laguna Bacalar 2021” la definición que trabajaron, al mencionar que los estromatolitos son:

[...] comunidades altamente biodiversas formadas por miles de especies de microorganismos en los cuales hay aproximadamente 10,000 células por gramo y millones de virus. Estas comunidades se forman al precipitarse minerales carbonatados por la interacción entre los microorganismos que los forman y la química del agua en donde se desarrollan. Es decir, los estromatolitos son sumideros de carbono (p.5).

Ahora bien, las definiciones antes mencionadas, permiten generar un acercamiento a las características generales de estas estructuras órgano-sedimentarias, sin embargo, es necesario precisar las características particulares de éstos, en donde, por ejemplo, Rodríguez-Martínez et al. (2010) indican que “únicamente los estromatolitos son microbialitas que presentan una mesoestructura laminada” (p.3). Siguiendo a Beraldi (2004b) se tiene que éstos

[...] “están representados por una gran variedad de morfologías macroscópicas: columnares, domales hemiesféricos, en forma de cabezal u hongo, en forma de "cama" o de twinkly wonder, en forma de cono o en forma de arbusto, pueden ser cónicos, alveolados, y en ocasiones con combinaciones de forma. Pueden aparecer en parches o grandes extensiones” (Beraldi, 2004b).

También debe hacerse hincapié en el reconocimiento de los microorganismos que forman los estromatolitos en donde Beraldi (2004a) menciona que “dominan las cianobacteria, cocoides y filamentosas, también pueden participar clorofitas, diatomeas y muchas bacterias que están involucradas en el mantenimiento del microambiente” (p.3). Menciona que pueden agregarse otros organismos como hongos, artrópodos, protozoarios, otras algas, etc., los cuales buscan refugio, sustrato o alimento en cavidades y superficies del estromatolito. Por último, indica que, “una característica singular de los estromatolitos es que es que su crecimiento es heliotrópico (se orienta hacia el sol) y la inclinación puede medirse anualmente, por lo tanto, puede conocerse su posición espacial en épocas pasadas” (p.5).

Proceso de formación

Específicamente ¿cómo se forman los estromatolitos? Al respecto Rodríguez-Martínez et al., (2010) mencionan que:

“El crecimiento de los estromatolitos responde a un proceso de litificación y acreción repetida de biofilms o biopelículas microbianas, que son ecosistemas muy complejos formados por microorganismos que viven embebidos en una matriz de consistencia mucilaginosas que ellos mismos producen (llamada EPS ‘extracellular polymeric substances’), y que es rica en polisacáridos, aminoácidos y otros compuestos” (p. 6).

Indican también, que “...los cambios entre la noche y el día propician variaciones significativas en los procesos de fotosíntesis y en la respiración de los microorganismos” (Rodríguez-Martínez et al., 2010), lo que modifica el pH y favorece o no, la producción de “ciertas reacciones químicas, como la precipitación o disolución de las diferentes fases minerales” (Rodríguez-Martínez et al., 2010). Concluyen con que “la litificación repetida de los tapices estromatolíticos se produce mediante dos mecanismos principales: mineralización *in situ* o atrape y fijación de sedimento” (p. 8). Sumado a esto, Beraldi (2004b) indica que “Se forman cuando las algas que yacen sobre su superficie precipitan el CaCO₃, dando lugar a que sus secreciones mucilaginosas atrapen sedimentos, que al pasar del tiempo se solidifican formando rocas”

También señala (Beraldi, 2004a) que después de formarse una capa de sedimento encima de las algas, éstas tienden a moverse a la superficie, formando otra lamina. Este proceso se da cíclicamente. Es así, que la estructura crecerá tanto vertical como horizontalmente. Adaptando su forma a las condiciones del entorno y al tipo de algas. El ritmo de crecimiento de los estromatolitos dependerá de varios aspectos, destacando la luminosidad, cantidad de carbonato y la erosión, [donde] su promedio de crecimiento anual es de ~ 0.7 mm (p.3). Por último, para comprender este proceso de formación de los estromatolitos, podrían considerarse las características que describe Beraldi (2004b) sobre la secuencia del desarrollo de los estromatolitos las cuales son:

- Establecimiento de colonias microbianas bentónicas.
- Condiciones fisicoquímicas del medio.
- Cementación
- Laminación
- Tipos de lámina
- Dinámica de crecimiento

Distribución de los estromatolitos

Por otro lado, reconociendo (a partir de Rodríguez-Martínez et al., 2010) que “la existencia, desarrollo y crecimiento de los estromatolitos están relacionados de forma indiscutible con la presencia de agua, encontrándose en ríos, lagos, lagunas o mares, y que además, en la mayoría de los casos están asociados a medios restringidos, donde se dan condiciones extremas y difíciles para la vida, como alta salinidad o temperatura, pH ácido, etc., en contraste con la diversidad de medios donde se han desarrollado a lo largo de la historia de la vida” (p.10), se procede a compartir una lista de los principales lugares en donde se pueden encontrar estas formaciones. Estos son:

- Estados Unidos: Parque natural de Yellowstone (existen tapices estromatolíticos conformes construidos por *Phormidium*).

- Australia: Formación Warrawoona; Sulphur Springs; Bitter Springs (formas cocoides y filamentosas de las comunidades de cianobacterias); Wirrealpa Limestone; Lago Thetis; Bahía de Shark
- Sudáfrica (Grupo Fig Tree)
- Canadá: “Formación Gunflint Iron” (grandes estromatolitos silicificados).
- Brasil: Lagoa Salga
- Bahamas: Cayos de Exuma
- México: Microbialitos se encuentran en: Laguna de Bacalar, Cuatrociénegas en Coahuila, y en los lagos-cráter de Alchichica, la Preciosa y Atexcac, en Puebla; Las Huertas, Morelia; Parangueo, Guanajuato, en otras localidades de Oaxaca, Yucatán y San Luis Potosí; Laguna Mormona en Baja California; Sonora: zona de Caborca y Huépac.
- Chile: Salar de Llamará
- Argentina: Laguna Socompa
- Israel: Solar Lake
- Arabia: Golfo Pérsico

Un dato interesante sobre esto es que según Beraldi (2004a), los estromatolitos más antiguos son de la región de Pilbara, Australia y tienen unos 3500 Ma.

Importancia

Hasta aquí, se ha mencionado qué son los estromatolitos, cuáles son sus características, qué proceso de formación es el que siguen y en dónde se encuentra distribuidos a lo largo del mundo. Sin embargo, también es necesario indicar la importancia de estas formaciones a nivel mundial. Por un lado, se reconoce que su papel es aún relevante para las ciencias geológicas y biológicas en donde se reconocen aspectos paleobiológicos, microbiológicos, bio-geoquímicos y evolutivos que parten desde los estromatolitos. De hecho, “las expediciones interplanetarias en busca de vida se basan en descripciones de estromatolitos terrestres para compararlos con rocas lamidas que puedan encontrarse” (Beraldi, 2004a). Nuevamente, Beraldi (2004a) enlista una serie de aspectos que hacen a los estromatolitos sumamente importantes a nivel geológico y biológico. Estos son:

- “Son la evidencia de vida más antigua que se conoce en la Tierra. Las rocas metasedimentarias más antiguas de la Tierra están en Groenlandia y tienen 3800 millones de años (Ma)” (Beraldi, 2004a).
- “Son formados por organismos que han mantenidos hasta hoy su línea evolutiva. Dentro del registro fósil existen organismos pancrónicos, es decir que no se han extinguido desde su aparición” (Beraldi, 2004a).
- Son los primeros recicladores del carbono. El ciclo del carbono es fundamental “...en los procesos atmosféricos (concentración de CO₂), geológicos (formación de carbonatos), climáticos (efecto invernadero) y biológicos (sustento molecular para la vida). El carbono es un elemento que se recicla

constante y perpetuamente en la Tierra. Una manera de participar en el ciclo del carbono es fijándolo en forma de sal (como el CaCO_3), como hacen las algas que fabrican estromatolitos” (Beraldi, 2004a).

- “Son los primeros oxigenadores de la atmósfera. Los organismos constructores de estromatolitos son fotosintéticos oxigénicos, es decir que, al hacer fotosíntesis, liberan oxígeno a la atmósfera” (Beraldi, 2004a).
- Son los primeros formadores de zonas arrecifales. El tipo de crecimiento de los estromatolitos está siempre ligado a cuerpos de agua y el crecimiento óptimo se da en zonas no más profundas de 15 m. “Al crecer en masa forman arrecifes, que representan nuevos ecosistemas. Miles de especies buscan alimento y refugio (ideal para la reproducción de peces, moluscos, crustáceos, etc.)” (Beraldi, 2004a).
- Ofrecen también “sustrato para organismos rastreros o para otras algas y evitan la erosión por embate de las olas” (Beraldi, 2004a).
- “Al crear nuevos ecosistemas hace millones de años, promovieron la especiación de muchos grupos taxonómicos a través del tiempo” (Beraldi, 2004a).
- “Sirven como paleoindicadores, pH, profundidad y luminosidad (según las especies), pueden ser indicadores como parámetros ambientales. Si además se conservaron junto con la microflora, está también proporciona información ambiental” (Beraldi, 2004a, pp. 4-5).

Estos argumentos pueden ayudar a comprender la trascendental importancia que tienen los estromatolitos y por qué deberían considerarse relevantes como patrimonio geológico, necesario de geoconservar.

El caso de Bacalar: causas y consecuencias de su deterioro

Ahora corresponde abordar sobre un caso concreto en México, específicamente en el municipio de Bacalar en Quintana Roo. Sobre esto, un grupo de especialistas interesados en este espacio, realizaron una tarjeta de reporte de la Laguna de Bacalar (2021) en donde además de hacer un reconocimiento del espacio, analizaron las condiciones ambientales que se presentan en dicha región. Por un lado, se reconoce que la Laguna Bacalar es el ecosistema acuático que alberga al mayor arrecife de estromatolitos en agua dulce del mundo a lo largo de todo el litoral, que además alberga una biodiversidad única, incluyendo los particulares manglares chaparros a lo largo de sus orillas. Tanto los arrecifes de estromatolitos como los manglares capturan toneladas de carbono, produciendo oxígeno, filtrando el agua y alojando a una gran biodiversidad, dato relevante y necesario de tener presente en este análisis.

También indican que, en ellos se desarrollan grupos microbianos únicos, entre los que destacan cianobacterias que llevan a cabo la fijación del nitrógeno y la fotosíntesis, sumando que sirven de hogar a muchas especies juveniles de peces, así como, sustrato de fijación de manglares. La importancia de la conservación de la laguna Bacalar radica en que la salud de los estromatolitos depende de que no se lastime

su superficie, ya que ahí es en donde está la comunidad activa que promueve la precipitación mineral, al igual que la de la calidad del agua (p.5).

Además, la Laguna de Bacalar alberga al mayor arrecife bacteriano, integrado por microbialitos, unas estructuras de entre cinco centímetros y dos metros de diámetro que surgen por la interacción de una gran diversidad bacteriana que precipita minerales carbonatados y forma cabezales equivalentes a los de los arrecifes. Sin embargo, este espacio tiene un cierto nivel de deterioro que preocupa tanto a especialistas como a investigadores y pobladores que han notado las consecuencias de la contaminación y deterioro de estos elementos.

Se reconocen como causas del deterioro, los golpes provocados a los estromatolitos por las lanchas, ya que los usan para anclar, o por los kayaks y lanchas que son empujados por la corriente (Ortíz, 2015).

El grupo de especialistas indican que en la última década Bacalar ha sufrido una saturación turística al ver el crecimiento de sus visitantes en poco más de 750% entre 2009 y 2019, lo cual ha impulsado la construcción de infraestructura hotelera en 275%, y el incremento de 377% para casas y habitaciones de agentes privados. La pandemia ha permitido reducir el impacto en el último año, pero si al concluir la emergencia sanitaria las cifras vuelven a incrementar sin una planificación y/u ordenamiento, el exceso de turismo podría generar un impacto múltiple que reduciría el encanto de laguna Bacalar y sus siete colores (Laguna Bacalar, 2021, p.12).

También indican como principales consecuencias de este deterioro (p. 14):

- El uso de instrumentos y/o programas de regulación ambiental incongruentes con características del sistema kárstico.
- Crecimiento urbano y agrícola desordenado.
- Crecimiento de la industria hotelera y restaurantera.
- Deforestación, cambio de uso de suelo, uso intensivo de agroquímicos.

Sumado a este análisis Ortíz (2015) menciona que esto evita que haya crecimiento nuevo en los estromatolitos, además que el deterioro en su estructura permite la colonización de mejillones, que crecen más rápidamente que las bacterias formadoras de estromatolitos, cubriendo así las piedras vivientes, lo mismo que algas verdes filamentosas que crecen sobre las estructuras dañadas. Esto ha llevado a que la Laguna Bacalar, también conocida como “laguna de los siete colores” lleve dos años con tonos verdes y cafés y un deterioro evidente. Por lo cual se reconocen como consecuencias:

- Pérdida de bienestar social, mayores índices de pobreza, rezago y segregación social: accesos públicos a la laguna limitados y empleos desfavorables
- Incremento de demanda de recursos naturales, territorio y servicios básicos (luz, agua, drenaje).

- Degradación y pérdida de ecosistemas y biodiversidad: manglares, humedal, estromatolitos, caracol chivita
- Contaminación: basureros a cielo abierto, descarga de aguas residuales
- Incremento de la erosión y escorrentías
- Pérdidas económicas por disminución de turismo y desempleo
- Disminución de la calidad y cantidad de agua disponible: eutrofización de la laguna, pérdida de los siete colores.
- Mayor vulnerabilidad a desastres naturales, tormentas e inundaciones (Laguna Bacalar, 2021, p.12)

López (2016) se suma al análisis de este espacio mencionando que parte de las consecuencias del cambio climático y, por ende, de las actividades humanas, algunas zonas del Caribe mexicano se encuentran expuesta a problemáticas tales como el sargazo. López (2016) retoma de Álvarez que “es fundamental conocer cuáles son las bacterias que se benefician del sargazo, pues cuando este tipo de biomasa entra en el arrecife, la diversidad microbiana cambia; [y] por supuesto, también debe saberse como dañan al ecosistema arrecifal” (). Menciona que la cuestión es que no solamente se han dañado las estructuras de arrecife coral, sino que uno de los espacios más afectados es la Laguna de Bacalar ya que esta se encuentra expuesta a las descargas de drenaje no tratados de poblaciones humanas, lo que ocasiona florecimiento de diatomeas y cianobacterias que modifican el color del agua y su calidad. La preocupación también radica en que, de acuerdo con López (2016) uno de los organismos estudiados por los investigadores universitarios, el *Acropora palmata*, formador de coral más importante en el Caribe, que da estructura a la barrera arrecifal mesoamericana ha perdido cerca de 80 por ciento de su cobertura sana en los últimos 10 años.

Para concluir este análisis Ortiz (2015) menciona que algunos “integrantes de las cooperativas lancheras de Bacalar delimitaron con boyas el área donde se encuentran los estromatolitos, a fin de protegerlos de la mano del hombre y de la circulación de vehículos acuáticos, como una de las acciones que llevarán a cabo de manera conjunta empresarios y autoridad municipal para proteger la Laguna de los Siete Colores.” Indica que también, autoridades municipales y empresarios que brindan servicios turísticos en Bacalar, cortaron el listón en el balneario “Cocalitos”, marcando con ello la protección permanente de los también conocidos microbialitos gigantes, que se encuentran a lo largo de siete kilómetros en la zona conocida como “Los Rápidos” en la laguna de Bacalar. A propósito, se recuperan las recomendaciones que el grupo de especialistas del reporte de Laguna Bacalar (2021) realizaron al final de su análisis. Estas son (Tabla 2.5):

| Recomendaciones de acciones inmediatas |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Frenar la deforestación en la región, eliminando subsidios que favorecen el cambio de uso de suelo y sancionando a los desarrolladores urbanos y turísticos que destruyen la selva para dar paso a la construcción de hoteles y fraccionamientos ● Regular la expansión ganadera ● Regular el uso de fertilizantes nitrogenados y fosforados en la región ● Garantizar el saneamiento de aguas residuales y el reciclado de residuos sólidos ● Continuar con los programas de educación ambiental incluyendo entrenamiento a los operadores turísticos ● Establecer un programa de monitoreo de variables indicadoras de cambio (estromatolitos, manglar, calidad del agua, caracol chivita, cambio de uso de suelo). |
| Recomendaciones para acciones de planeación y ordenamiento territorial |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Formalizar y publicar los instrumentos de planeación y ordenamiento territorial del Municipio. Dichos instrumentos se deben basar en las características del sistema kárstico y para frenar el avance de la destrucción del ecosistema. ● Adecuar la normativa y regulación existente a las condiciones y características de la región ● Ordenar y regular las actividades en el cuerpo lagunar para prevenir impactos. ● Establecer un límite de cambio aceptable que no comprometa la integridad del sistema. ● Implementar tecnologías alternativas para el tratamiento de aguas residuales. ● Implementar prácticas agrícolas y pecuarias sostenibles |

Tabla 2.5. Recomendaciones para la mitigación del deterioro en Laguna Bacalar

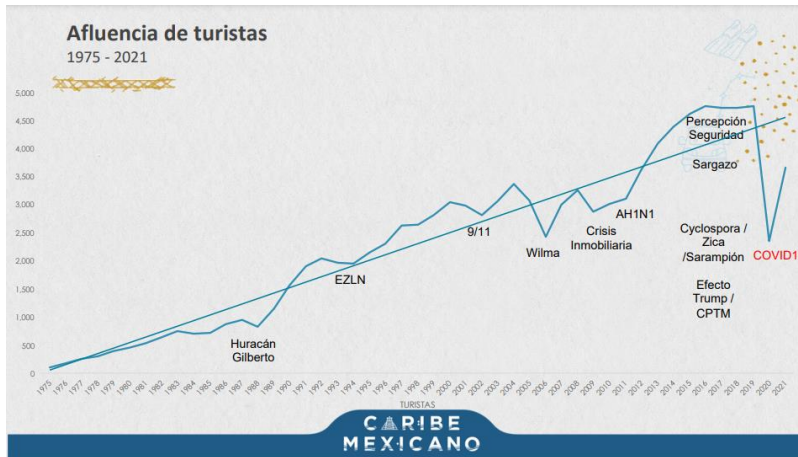
Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Dinámica económica

Una de las principales actividades que se desarrolla en los proyectos de los *Geoparques* es el *geoturismo* que, retomando de Farsani *et al.* (2011), impacta positivamente a la población de dichos territorios debido a que, al estar localizados en áreas rurales, presenta oportunidades para el desarrollo local y la preservación de los recursos naturales, entre otros beneficios. Esta consideración toma cierto sentido al reconocer que un aspecto económico a destacar en Quintana Roo, es el turismo y con ello todas las actividades e infraestructura articuladas a dicha actividad, que si bien, es un turismo convencional o de masas, representa una área de oportunidad para articular al proyecto de *geoparques* ya que, al mantener históricamente una dinámica constante de flujo turístico podría ofrecer a dicha población una alternativa turística consciente y sustentable que incluso podría sumar y trascender al “Plan Maestro de Turismo Sustentable de Quintana Roo 2030” (SEDETUR, 2022).

La importancia de esta propuesta se hace más evidente cuando se consideran los datos a nivel nacional pues se reconoce que en Quintana Roo se encuentran diversos destinos turísticos como algunos de los más visitados por la población nacional e internacional. De acuerdo con el “Compendio estadístico del Turismo en México” se tiene que para el 2021, México se posicionó en el segundo lugar de la clasificación mundial de la Organización Mundial del Turismo (OMT) con 31.9 millones de turistas y ocupando la 9ª posición respecto al ingreso de divisas por turismo internacional con 19 mil 765 millones de dólares superando el 13º lugar alcanzado en 2020. Sumando a este argumento se puede observar en la siguiente

gráfica, que el turismo en Quintana Roo ha mantenido una dinámica al alza respecto a la afluencia de los turistas y con ello a la economía del estado. Si bien, ha habido momentos coyunturales (nacionales y mundiales) en donde este comportamiento ha cambiado (como el actual contexto por la pandemia derivada de la COVID-19), una vez entrando en proceso de recuperación la afluencia vuelve a recuperarse (Gráfica 2.1).



Gráfica 2.1. Afluencia histórica de turistas en el Caribe Mexicano.
Fuente: Consejo de Promoción Turística, 2022.

Es por esto, que la distribución espacial de la infraestructura y las actividades económicas de Quintana Roo se han enfocado en el sector terciario principalmente en la zona costera debido a que en éste se encuentra el principal medio de ingresos económicos al territorio.

Sin embargo, también debe considerarse que el estado “enfrenta desequilibrios económicos y desigualdades sociales ocasionadas por la concentración geográfica de las actividades dependientes del sector turístico” (Ken y Flores, 2021, p.9) debido a que el turismo de masas se encuentra principalmente mediado por ciertos empresarios y cadenas hoteleras dejando al margen y en precarización a gran parte de la población local, aspecto que en cierta medida se puede revertir a través de los *geoparques*.

Avanzando sobre los datos, también Ken y Flores (2021) mencionan que la estructura productiva de Quintana Roo se integra en promedio, para el periodo 2003-2019, con un valor aproximado de 86.5% del sector terciario, con 12.64% por el sector secundario y por el 0.89% por el sector primario.

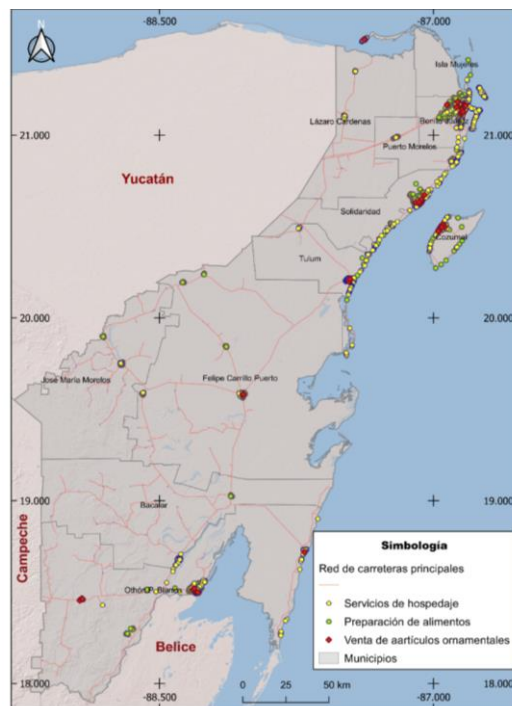
Estos datos evidencian el desequilibrio antes mencionado, mostrando la volatilidad económica que puede existir cuando en un espacio o región se concentra la mayor parte de las actividades en un solo sector económico, problemática que aborda con mayor profundidad González (2020) al analizar la vulnerabilidad que se tiene cuando se depende del turismo en el contexto de la pandemia por COVID-19.

Sumado a esto, también se deben considerar las diferencias existentes en el territorio quintanarroense dependiendo de la región, pues esta dinámica proveniente de la actividad turística es diferenciada respecto a este aspecto. Para ello, se puede considerar (sumando los municipios posteriores a

la fecha) la regionalización que se realizó a finales de los 90 y principios del año 2000 por el entonces gobernador:

[...] “Región caribe norte con los municipios de Islas Mujeres, Benito Juárez, Cozumel y Solidaridad [Tulum y Puerto Morelos]; la Zona Maya con los municipios de Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos y Lázaro Cárdenas; y la Región Frontera Sur con el municipio de Othón P. Blanco” (Ken y Flores, 2021, p. 10).

Ya que si bien, gran parte de las actividades económicas se concentran en las adyacentes a las costas correspondientes a la actividad turística, no todas las regiones son beneficiadas equitativamente. El siguiente mapa (2.10) muestra de manera general, la distribución de la infraestructura y los servicios con los que cuenta el Estado para potencializar la principal actividad económica de este territorio que es el turismo:



Mapa 2.10. Infraestructura y servicios para la actividad turística de Quintana Roo.

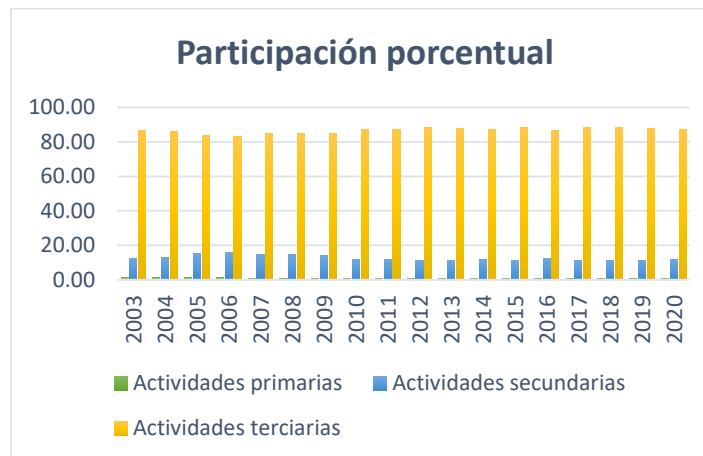
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del “Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas” (DENUE) de INEGI (2020),

en donde dicha representación confirma que la distribución de la infraestructura y servicios para la actividad turística no se distribuye de manera homogénea en el territorio, sino que se encuentra principalmente en la costa norte de Quintana Roo.

Respecto a los datos oficiales más recientes sobre la productividad correspondiente a los principales sectores de actividades económicas se registra un mayor valor y porcentaje en el sector terciario, lo cual se demuestra en las siguientes gráficas (2.2 y 2.3).



Gráfica 2.2. Valor productivo en millones de pesos por sector económico en Quintana Roo
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2022). Sistema de Cuentas Nacionales de México.
PIB por Entidad Federativa.



Gráfica 2.3. Participación porcentual de las actividades económicas de Quintana Roo
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2022). Sistema de Cuentas Nacionales de México.
PIB por Entidad Federativa.

Sea por la cantidad de millones producidos o por el porcentaje de participación por sector económico, sobre sale ampliamente el correspondiente a las actividades terciarias, sin embargo, se comparten a continuación las actividades que se desarrollan en cada uno a fin de ampliar el panorama sobre estas:

- **“Actividades Primarias:** Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza” (INEGI, 2022).
- **“Actividades Secundarias:** Minería; generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final; Construcción; e Industrias manufactureras” (INEGI, 2022).
- **“Actividades Terciarias:** Comercio; Transportes, correos y almacenamiento; Información en medios masivos; Servicios financieros y de seguros; inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles; profesionales, científicos y técnicos; Corporativos; de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación; educativos; de salud y de asistencia social; de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos; de alojamiento temporal y de preparación de alimentos

y bebidas; Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales” (INEGI, 2022).

De estas actividades, han sobresalido históricamente: “los servicios de alojamiento y de preparación de alimentos y bebidas; los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles; y el comercio al por menor” (INEGI, 2022), por mencionar los más relevantes. Esto se puede observar en la gráfica 2.4:

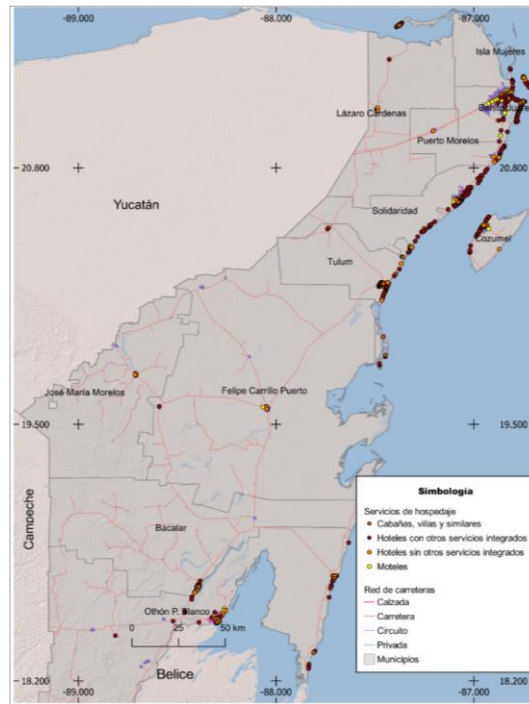


Gráfica 2.4. Porcentaje de las actividades del sector terciario en el periodo de 2003-2020

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México.

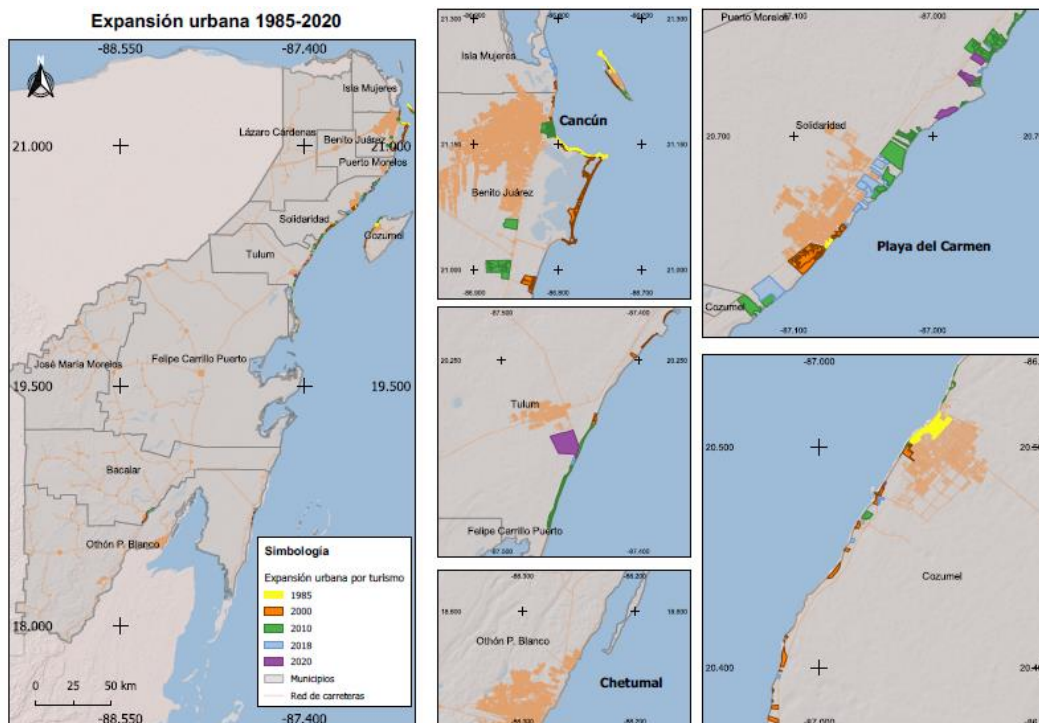
Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. SNIEG, del periodo de 2003 al 2020.

El mapa 2.11 demuestra cómo estos servicios de alojamiento, con el mayor porcentaje respecto a las actividades económicas terciarias, sobre sale a lo largo del territorio:



Mapa 2.11. Distribución de servicios de hospedaje (categorizados) en Q. Roo
 Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del DENUE de INEGI 2020.

Lo que también explica el cómo ha crecido la expansión urbana principalmente en las costas del territorio, debido a esta demanda (ver mapa 2.12).



Mapa 2.1. Expansión urbana derivada de la actividad turística en Quintana Roo
 Fuente: Elaboración propia a partir de Geocomunes

Esta dinámica ha permitido que Quintana Roo se posicione en el vigésimo tercer lugar en 2020 del PIB nivel nacional, “generando 222,134 millones de pesos” (INEGI, 2022), con una representación del 1.35%.

Para comparar el PIB del estado interesa “citar los primeros cinco lugares a nivel nacional: 1. Ciudad de México, con el 17.54%; 2. Estado de México con el 9.2%; 3. Nuevo León con el 7.78%; 4. Jalisco con el 6.91%; y 5. Veracruz con el 4.53%” (INEGI, 2022).

La anterior clasificación resulta muy ilustrativa, ya que es un reflejo de la dinámica estatal en el contexto nacional; sin embargo, para realizar un análisis económico crítico de la entidad, es obligatorio, contrastarlas con los anteriores informes económicos para analizar si una economía está en crisis, en estancamiento, en retroceso o en avance económico.

Ante ello se retoma el informe del INEGI respecto al Sistema de Cuentas Nacionales de México con base al PIB por entidad federativa, con año base 2013 de las series de 2003-2020 revisada, en el que se muestra que el PIB de Quintana Roo ha manifestado su dinámica de la siguiente manera (Gráfica 2.5).



Gráfica 2.5. PIB de Quintana Roo en millones de pesos (2003-2020)

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, año base 2013, actualización 2022.

Evidentemente se nota un cambio significativo en el año 2020 debido a la pandemia ya referida, y por el impacto nacional y mundial que esta tuvo, se considera que se necesita esperar una recuperación progresiva tanto en este sector como en muchos otros.

Por ejemplo, aunque los insumos del sector terciario fluctuaron considerablemente de 2019 a 2020, los datos de la Secretaría de turismo de Quintana Roo muestran un cambio significativo en los movimientos de pasajeros en aeropuertos de Quintana Roo entre 2020 y 2021 apuntando hacia una recuperación económica postpandemia. En la siguiente tabla se muestran los datos de esa diferencia a fin de reconocer el impacto económico que esta pandemia generó en dicho territorio (Tabla 2.6).

| Anual | 2020 | 2021 | Diferencia |
|----------------------------------|--------------|--------------|------------|
| PASAJEROS DOMÉSTICOS | | | |
| Cancún (CUN) | 5,454,995 | 9,081,354 | 66.48% |
| Cozumel (CZM) | 69,727 | 151,548 | 117.34% |
| Chetumal (CTM) | 152,280 | 298,739 | 96.18% |
| PASAJEROS INTERNACIONALES | | | |
| Cancún (CUN) | 6,804,153 | 13,237,113 | 94.54% |
| Cozumel (CZM) | 198,563 | 357,327 | 79.96% |
| Chetumal (CTM) | 70 | 821 | 1,072.86% |
| Total de pasajeros | | | |
| Cancún (CUN) | 12,259,148 | 22,318,467 | 82.06% |
| Cozumel (CZM) | 268,290 | 508,875 | 89.67% |
| Chetumal (CTM) | 152,350 | 299,560 | 96.63% |
| Total | 12, 679, 788 | 23, 126, 788 | 82.40% |

Tabla 2.6. Movimiento de pasajeros en aeropuertos de Quintana Roo (enero-diciembre 2020 vs 2021).

Fuente: Secretaría de Turismo, 2021.

Avanzando en el tema, respecto a la economía con relación al comercio exterior, según datos oficiales del gobierno de México¹⁸ el comercio exterior de Quintana Roo en 2021 registró US\$135 M en ventas, y las mismas crecieron un 13.5% en comparación con el año anterior. Los productos con mayor nivel de venta internacional en 2021 fueron:

- “Vidrio de Seguridad constituido por vidrio templado o contrachapado” (Gobierno de México, s.f.).
- “Artículos de joyería y sus partes de metal precioso o de chapado de metal precioso (plaqué)” (Gobierno de México, s.f.).
- “Crustáceos; con cáscara o no, vivos, frescos, refrigerados, congelados, secos, salados o en salmuera; ahumado, cocido o no antes o durante el ahumando” (Gobierno de México, s.f.).

Las compras internacionales de Quintana Roo en 2021 se tiene que fueron alrededor de US\$394M, las cuales crecieron un 46.9% respecto al año anterior. Los productos con mayor nivel de comprar internacionales en 2021 fueron:

- “Filetes y demás carne de pescado (incluso picada), frescos, refrigerados o congelados (US\$26.7M)” (Gobierno de México, s.f.).
- “Pimienta del género Piper; frutos de los géneros capsicum o pimienta secos, triturados o pulverizados (US\$26.3M)” (Gobierno de México, s.f.).
- “Quesos y requesón (US\$24.9M)” (Gobierno de México, s.f.).
- “En el segundo trimestre de 2022, la población económicamente activa de Quintana Roo fue de 961 mil personas. La fuerza laboral ocupada alcanzó las 933 mil personas (38.8% mujeres y 61.2% hombres) con un salario promedio mensual de 6050 pesos mexicanos” (Gobierno de México, s.f.).

¹⁸ Data México: <https://datamexico.org/es/profile/geo/quintana-roo-qr#economy>

Las ocupaciones que concentraron mayor cantidad de trabajadores fueron:

- “Empleados de ventas, despachadores y dependientes de comercios (65500)” (Gobierno de México, s.f.);
- “Conductores de autobuses, cambiones, camionetas, taxis y automóviles de pasajeros (37600)” (Gobierno de México, s.f.); y
- “Meseros (29700)” (Gobierno de México, s.f.)

Registrando 27,400 desempleados (tasa de desempleo de 2.85%). Aunado a esto, se considera necesario reflexionar sobre el contexto derivado de la pandemia ya que como mencionan Palafox y Rubí (2020):

“La calidad del empleo en el sector turístico tiene la desventaja de ser estacional, sin prestaciones, jornadas excesivas, y flexible, entre otras [... por lo que] la precarización del sector turístico ha provocado que Quintana Roo se posicione como una de las entidades con mayor número de contagios per cápita” (p. 131).

Por ello será preciso que se considere el panorama general de la economía de Quintana Roo, no solo considerando la cuestión de las emergencias sanitarias, sino también atendiendo a la necesidad de diversificar la economía en distintas actividades económicas, ya que:

“Las comunidades transformadas en destinos turísticos han dejado atrás la diversidad de actividades económicas para enfocarse total y exclusivamente al turismo, creando una dependencia, tal y como sucede en Quintana Roo con Cancún, Riviera Maya, Cozumel, entre los destinos más representativos, todos ellos ubicados al norte de la entidad” (Palafox y Rubio, 2020, p.134).

El énfasis se hace más concreto al considerar en el proyecto de los *Geoparques* un medio para abordar las diversas problemáticas que envuelven al territorio ya que estos mismos autores mencionan que el turismo es una actividad con plusvalor y altas tasas de rendimiento, pues se utiliza como escenario a la naturaleza.

En el caso del proyecto de Geoparques más bien se busca una integración de las comunidades locales con su patrimonio geológico. Retomando a Palafox y Rubí (2020), en vez de que las empresas aprovechen “el paisaje prístino para promover el desplazamiento de millones de personas y presentar una diversa gama de servicios hacia la satisfacción de las necesidades de los visitantes” (Palafox y Rubí, 2020), se busca más bien que mediante este proyecto se emplee a personas locales en su estructura de manejo, permitiéndoles ser promotores de los negocios locales en el marco del geoturismo y de los productos de su localidad.

Este es uno de los retos que se busca enfrentar desde esta propuesta de identificación de geoparques en Quintana Roo, dada la vinculación que se realiza entre el patrimonio geológico, natural y cultural con la población local, ya que si bien, se han discutido las consecuencias de focalizar en un solo sector las actividades económicas del estado reflejadas en la pérdida de fuerza laboral formal durante el año 2020, considerando que no se tiene el dato preciso de los desempleos del sector informal, si se reconoce que en Quintana Roo se registra una tasa de informalidad laboral de 46.43% (Data México, 2022). Así, resulta

razonable considerar un proyecto integral que promueve el desarrollo y la economía local desde la conservación del patrimonio geológico, natural y cultural.

Es interesante lo que ponen a discusión Palafox y Rubí (2020) cuando mencionan que:

“El sector turístico quintanarroense se ve en la coyuntura de permanecer con un turismo de masas motivado por la acumulación de capital, o bien, modificar la gestión de la actividad por una que proteja a los trabajadores, quienes han sido expuestos al deterioro de sus condiciones de vida con la precarización laboral, desde los años 80” (Palafox y Rubí, 2020, p. 144).

“En este sentido, la racionalidad económica debe ser reemplazada por una racionalidad humana, donde la vida sea la prioridad por encima del mercado, es decir la vida en el centro, de las personas y la de toda la biodiversidad y recursos naturales, necesarios para sostener la vida” (Palafox y Rubí, 2020, p. 144).

Ante ello cabe preguntar ¿Esta racionalidad humana podría encontrar una respuesta en los planteamientos de los *Geoparques Mundiales* que aquí se buscan recuperar?

Si bien, los datos analizados apuntan hacia una reactivación económica, es necesario reflexionar sobre las problemáticas antes enunciadas a fin de trabajar sobre las desigualdades sociales y económicas que enfrentó y enfrenta el estado después de esta emergencia sanitaria que puso en jaque las economías nacionales, sobre todo aquellas centradas en el sector terciario. A propósito, se recupera:

“En este sentido, la actividad turística se reactivará en Quintana Roo, pero en este momento es dudoso que alcance un crecimiento como se vivió hasta antes de febrero de 2020; lo que es seguro es que aun cuando crezca, tendrá que hacerse cargo también de sus altos costos en lo ambiental, en lo social y cultural, que, por ahora, han quedado no solo aplazados, sino un tanto olvidados” (González, 2020, p. 24).

Por ello, el antes citado “Plan Maestro de Turismo Sustentable Quintana Roo 2030” puede encontrar una mediación de acción en el proyecto de Geoparques, debido a que se han desarrollado los argumentos necesarios para confirmar que el estado es un territorio que cuenta con un potencial natural-geológico y socioeconómico que gestionado desde los planteamientos de los *GGN* puede sumar positivamente a las tareas de las agendas nacionales que buscan enfrentar las problemáticas climáticas y ambientales actuales.

Una vez reconocido este contexto natural y económico bajo el que se rigen las dinámicas sociales en Quintana Roo, se avanzará en la descripción del elemento cultural que forma parte de la riqueza y patrimonio del estado.

2.2.5 Riqueza cultural: tangible e intangible

Uno de los elementos fundamentales a considerar en la conformación de un geoparque son los elementos culturales de un territorio. Quintana Roo es poseedora de un amplio mosaico cultural, considerado como patrimonio cultural tangible e intangible, que deriva de “sus expresiones más añejas basadas en las tradiciones indígenas de los mayas peninsulares, entrelazados con las costumbres colonialistas españolas e influencias de otros pueblos del Caribe como Belice y Cuba. Los eventos más distintivos del acervo cultural del estado se concentran sobre todo en el centro-sur del estado y en la isla de Cozumel” (Gobierno de Quintana Roo, s.f.).

Al respecto, Joji Hatsutani¹⁹ señala que alrededor de los años de 1989 a 1991, realizó una investigación de campo en diversos pueblos cercanos a Felipe Carrillo Puerto, con la finalidad de saber más acerca de las fiestas que se celebran en dichos lugares. Sobre dicha área conviene recordar que en esta se estableció la industria chiclera en el siglo XX (zona cruzob), aprovechando los recursos de la selva subtropical y utilizando la mano de obra local, en general de origen maya.

El autor logró conseguir los archivos o los registros de las fiestas locales de un periodo bastante amplio, los cuales van del año de 1946 a 1989. Con tal información, llegó a diversas conclusiones, entre las que se destaca el aumento del número anual de festividades, quien apunta que en los años 40's había un promedio de 10 celebraciones anuales, incrementándose a unas 30 en la década de los cincuenta. En la década de los 70's, la tendencia sigue en siendo positiva, registrando un promedio de cien fiestas anuales. Dicha situación es un claro reflejo del incremento poblacional, ya que al contar con más habitantes la proporción de fiestas tenderá aumentar.

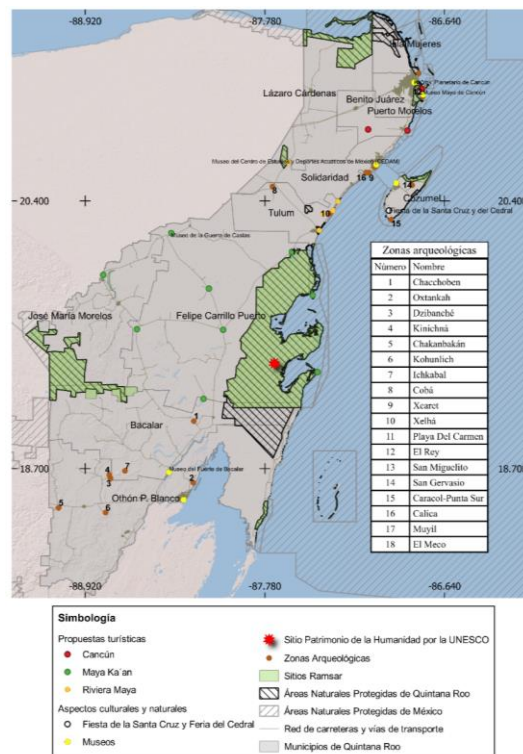
También, Hatsutani señala la importancia que tiene el maíz en la cultura maya, tanto en Quintana Roo como en muchos otros sitios de la Península, por lo que diversas actividades socioculturales de estas comunidades giran en torno a dicho cultivo. El autor explica que la mayor parte de las actividades relacionadas con el ciclo agrícola del cultivo del maíz desde la tumba, la quema, la siembra, el chapeo y la cosecha, por lo general, abarcan los meses entre febrero y septiembre. En cambio, las fiestas tradicionales más importantes para los mayas de esta zona se llevan a cabo entre el mes de diciembre y agosto.

Relacionando el ciclo agrícola del maíz con las principales fiestas tradicionales de los mayas, se tienen los siguientes días como los más significativos: en diciembre, las fiestas de la Virgen de la Concepción y la Navidad; de enero, la de los Santos Reyes; en febrero y marzo, la del carnaval; en marzo, la tumba del monte; en abril, la quema del monte; en abril y mayo, la fiesta de Santa Cruz; en mayo, la

¹⁹ Universidad de Tenri. Este trabajo fue presentado en el Simposio: Preservación y transformación de la tradición de los “Elegidos de Dios”, en el Congreso Internacional: “Una guerra sin fin: Los cruzob ante el umbral del milenio”, organizado por la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, 29 de julio de 1997.

siembra; en junio, julio y agosto, el chapeo; en agosto, la fiesta de la Virgen de la Asunción; y por último en septiembre, la cosecha.

Para ampliar y especificar sobre los rasgos característicos de dicha riqueza cultural se destacan a continuación (ver mapa 2.13): las zonas arqueológicas, los museos, las lenguas, tradiciones, fiestas, platillos, trajes típicos y grupos étnicos, cuya distribución (de ciertos elementos) se puede observar en el siguiente mapa y se ampliarán en la descripción posterior en los subtemas de este apartado:



Mapa 2.13. Elementos culturales y naturales relacionados con la actividad turística de Quintana Roo.

Fuente: Elaboración propia.

Zonas arqueológicas

De acuerdo con el INEGI (2014), Quintana Roo se sitúa como el estado con mayor cantidad de patrimonios culturales del país, dentro de los cuales se ubican distintas zonas arqueológicas, siendo Tulum una de las más importantes y la que registra más visitas del turismo nacional y extranjero. Este importante sitio fue el principal puerto maya de la Costa Oriental de Quintana Roo en el periodo Posclásico Tardío (1200-1521). Está conformado por una muralla con cinco puertas que rodea el centro ceremonial de la ciudad, así como templos, palacios, adoratorios y plataformas en las que se localizaron las habitaciones de la clase gobernante. Las estructuras más importantes que conforman este sitio son las estructuras conocidas como el “Castillo”, el “Templo del Dios Descendente” y el “Templo de los Frescos” (CONACULTA). Sin embargo, Tulum es solo uno de los tantos sitios arqueológicos con los que cuenta Quintana Roo. En la siguiente tabla (2.7) se recogen algunos datos y cifras del resto de los sitios arqueológicos que se encuentran en el estado:

| Municipio | Sitio arqueológico | Características |
|------------------------|--------------------|--|
| Othón P. Blanco | Chacchoben | Desde 1994, cuando se inician las exploraciones en este lugar, se pudieron descubrir ruinas de importantes edificios ceremoniales que cubren una superficie total aproximada de 70 hectáreas, lo que lo convierte en uno de los más grandes asentamientos de este tipo detectados hasta el momento en el estado. |
| | Oxtankah | Construido durante el periodo del Clásico temprano (200 – 600 d. C.), este importante lugar fue testigo del primer mestizaje documentado. Cobra relevancia, además, por contar con una de las más hermosas estructuras arquitecturas descubiertas hasta el momento en la región. |
| | Dzibanché | Durante los años 200-900 d.C., fue una de las ciudades de mayor tamaño del mundo Maya y una de las más poderosas de aquella época. Con un área que supera los 40 km ² alberga conjuntos de gran monumentalidad como: “Tunil”, “Lamay”, “Kinichná”. |
| | Kinichná | Perteneciente al complejo Dzibanché – Kinichná, este sitio se encuentra a 81 km al noroeste de la ciudad de Chetumal. Cuenta con una extensión mayor a 40 km ² , donde se puede observar el estilo Peten. |
| | Chakanbakán | De acuerdo con los estudios realizados en la zona se cree que los primeros asentamientos en este lugar se dieron alrededor del 300 a. C. Mientras que su época de mayor esplendor fue entre los 400 y 900 d. C. |
| | Kohunlich | A esta zona arqueológica localizada en el sur del estado la constituyen importantes edificios cívicos ceremoniales. La época de su mayor auge fue en el Clásico Tardío. Entre sus principales atractivos destacan los mascarones de estuco que adornan al principal edificio del sitio. |
| | Ichkabal | Localizada en Bacalar, se cree que este sitio pueda ser abierto al público en 2017, siendo el Gobierno del estado de Quintana Roo y el INAH los encargados de su conservación, mantenimiento y administración. |
| Solidaridad | Cobá | Sitio que tuvo una gran importancia política alrededor de los años (200-600 d.C.). Destaca porque aquí se encuentra la pirámide más alta de toda la península de Yucatán y por su serie de caminos que comunica a los diversos grupos arquitectónicos del lugar. |
| | Xcaret | Los vestigios de tres importantes templos ceremoniales y diversos conjuntos arquitectónicos conforman el sitio, mismos que se alinean a lo largo de la costa. Los años de su mayor auge se dieron en Posclásico Tardío (1400-1517 d.C.). Durante este periodo se convirtió en un importante lugar de intercambio comercial marítimo. |
| | Xelhá | Situado a 16 km al norte de Tulum, en él se registró un importante intercambio comercial portuario. Actualmente se ha convertido en una de las zonas arqueológicas que registran año con año mayor número de visitas por parte del turismo. |
| | Playa Del Carmen | De acuerdo con los registros de los españoles este sitio arqueológico fue uno de los primeros en ser visto por los españoles al llegar a tierra firme en el siglo XVI. Se cree que puede haber tenido las funciones de un puerto de embarque. |
| Benito Juárez | El Rey | Sitio arqueológico que funciona como un importante centro dedicado al comercio marítimo. La mayoría de las estructuras que hoy se conservan corresponden a zonas religiosas y administrativas. |
| | San Miguelito | Las últimas excavaciones del sitio han logrado descubrir cuatro principales conjuntos “Conjunto Norte”, “Conjunto de los Dragones”, “Conjunto Sur” y “Palacio Chaak”. Así mismo se han podido descubrir plataformas habitacionales, así como 50 entierros humanos y una enorme diversidad de objetos prehispánicos. |
| Cozumel | San Gervasio | Tiene la peculiaridad de ser el sitio arqueológico de más grandes dimensiones dentro del municipio de Cozumel y que presenta la mayor actividad de conservación arqueológica del estado. |
| | Caracol-Punta Sur | Fue construido en el periodo del Postclásico tardío (1200 – 1500 d.C.). La principal estructura es el edificio conocido como “El Caracol” que originalmente fuera un templo miniatura de techo abovedado ubicado en el extremo sur de la isla de Cozumel. |
| | Calica | Esta zona arqueológica se localiza a 8 kilómetros al sur de la ciudad de Playa del Carmen. Está conformada por distintas estructuras entre las que destacan el “Templo de las Columnas”, “La Casa Azul” y El “Grupo de la Estela”. |
| Felipe Carrillo Puerto | Muyil | Gracias a su ubicación geográfica se convirtió en un importante lugar de control estratégico con comunicación hacia el mar Caribe. Comenzó a ser habitado en el 300 a. C. y rápidamente registro un incremento demográfico. Actualmente se conservan vestigios de estructuras cívico-ceremoniales, así como edificios religiosos. |
| Isla Mujeres | El Meco | Al igual que la mayoría de los demás sitios arqueológicos se conservan vestigios de estructuras relacionadas con actividades religiosas de los Mayas correspondientes al periodo Posclásico. Sin embargo, también se tiene la teoría que sirvió como un centro importante de control estratégico militar. |

Tabla 2.7. Sitios arqueológicos en Quintana Roo.

Fuente: Gobierno del Estado de Quintana Roo-INAH.

Museos

En relación con los museos, la entidad cuenta con una gran variedad que narran la historia y herencia de la cultura Maya principalmente. Entre los más importantes destacan el: Museo de la Cultura Maya, Museo del Centro de Estudios y Deportes Acuáticos de México (CEDAM), Museo de la Isla Cozumel, Museo Arqueológico de Xelhá, Museo de la Guerra de Castas y el Museo del Fuerte de Bacalar.

Los museos dentro del estado de Quintana Roo cumplen una función muy importante al mostrar a través de objetos de la cultura maya como lo son piezas originales halladas en distintos sitios de la región, artesanías tradicionales del estado y distintos objetos, los rasgos más distintivos de la vida de esta cultura en relación a su organización social, política, cultural, económica. De igual forma los museos permiten comprender y vislumbrar la compleja relación de los mayas con la naturaleza de la cual obtenían productos valiosos para su sobrevivencia y de la relación e intercambio comercial y cultural con otros pueblos de México.

Lenguas

La lengua es el medio principal por el cual se pueden expresar las emociones, sentimientos, valores y muchos de los distintos aspectos culturales que dan identidad. En el estado de Quintana Roo la lengua es un rasgo cultural fundamental, no solo porque le da identidad y sentido de pertenencia al pueblo quintanarroense, sino porque mediante ella se han transmitido las ideas y conocimientos de sus habitantes.

Sin embargo, actualmente este legado maya transmitido a través de la lengua está en riesgo, debido a la disminución del número de hablantes en distintas regiones del estado. La Encuesta Intercensal de 2015 realizada por el INEGI, señala que en Quintana Roo alrededor de seis mil 661 personas hablan únicamente su lengua indígena; es decir, no hablan español y que en total aproximadamente 200 mil personas hablan el idioma maya en más de 590 comunidades, representando menos del 16 por ciento de la población total de Quintana Roo.

Y aunque en principio estas cifras no parezcan ser tan críticas, se estima que este porcentaje aumente gradualmente debido al impacto que la globalización ha causado en las distintas regiones de la entidad. Por ello, el gobierno estatal se ha dado a la tarea de preservar la lengua maya por medio de distintos programas sociales, favoreciendo su transmisión a las generaciones futuras. Con estas acciones se busca impedir que la práctica de hablar en maya se extinga y con ello evitar que desaparezcan tradiciones, memorias, formas de expresiones y las concepciones tan valiosas que tiene este pueblo acerca del mundo.

Por la ubicación geográfica de las lenguas mayas, a Quintana Roo le correspondería el grupo Yucateco, a su vez conformado por cuatro lenguas: el Maya Yucateco, el Itzá, el Lacandón y el Mopán. Hay

que considerar que el idioma Maya Yucateco, también llamado Maaya T'aa'n o Maya Peninsular, es el resultado de siglos de evolución, que desde luego pasó por un proceso de desarrollo y consolidación, por lo que en la actualidad se puede ser testigo de la clara evolución de este idioma con una diversidad de dialectos mayas, que abarcan gran parte de la Península. Entre ellos, diversos lugares de Chiapas y de Centroamérica o en su caso, como base para la lengua huasteca²⁰, la cual se encuentra muy alejada de la zona considerada como maya.

Gómez (2009), considera que en la actualidad la mayor parte de las diversas lenguas mayas han sufrido una erosión, principalmente porqué muchos habitantes han dejado de practicar su lengua materna y en la mayoría de los casos han adoptado el castellano o por el otro lado han conservado su idioma, pero irremediamente lo han mezclado con el preponderante español. Para encontrar un lenguaje maya más tradicional y que no esté tan amestizado, se debe considerar a la población adulta y/o anciana en los lugares más tradicionalistas, para posiblemente descubrir el jach maya o el maya original.

Según el INEGI, en este estado hay presencia de “las **lenguas indígenas maya**, tzeltal, tsotsil, ch'ol, náhuatl, zoque, mamé, zapoteco, q'anjob'al, totonaco, mixe, mixteco, q'eqchi', chontal, tojolabal y akateco” (INEGI, 2006).

La maya es, lejos, la más hablada, con 86.7% del total de población que se comunica a través de alguna lengua indígena. **Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos** es donde más se usa este idioma. También se habla en los municipios de Benito Juárez, Othón P. Blanco y Solidaridad.

Cabe destacar que es la primera ocasión que el INEGI considera el criterio de autorreconocimiento de la etnicidad entre los habitantes en sus encuestas y censos poblacionales. Esta es una característica fijada tanto en la constitución mexicana como en la Convención 169 de la **Organización Internacional de Trabajo**, que expresa que: “la conciencia de su identidad indígena deberá ser criterio fundamental para determinar a quienes se aplican las disposiciones sobre pueblos indígenas” (OIT, 1989).

Dentro de las variantes lingüísticas que señala el INALI en Quintana Roo, se encuentra el K'iche' y lo ubica principalmente en el municipio de Othón P. Blanco en las localidades de Kuchumatán, Maya Balam y San Isidro la Laguna; asimismo en estas mismas localidades se tiene otras dos variantes lingüísticas: el Kaqchikel y el Qyol o el “Mam del norte”. Por otro lado, en la localidad de Maya Balam hay otra variante de la lengua Qyol denominada “Mam del Sur”.

También en el municipio de Othón P. Blanco, se halla otra variante lingüística, el ixil con dos ramificaciones: el chajuleño, concentrado en la localidad de Kuchumatán y el ixil nebajeño, localizado principalmente en el área de Maya Balam.

²⁰ En base al mapa lingüístico de Otto Shumann (1990), señala que existen en la actualidad 28 lenguas mayas, en la cual también se puede incluir el Huasteco, que, a pesar de la distancia geográfica con respecto a la Península de Yucatán, diversos especialistas entre ellos Shumann (1990), apuntan que su filiación lingüística al maya es incuestionable.

El grupo *Kanjobal*, también llamado *K'anjob'al* o *Q'anjob'al*, se ubica solo en Othón P. Blanco, en tres áreas específicas: Kuchumatán, Maya Balam y San Isidro la Laguna; simultáneamente, en estos tres lugares, se ubica otra variante lingüística, el *akateko* o *kuti'*.

Asimismo, en los municipios de Othón P. Blanco y Bacalar, se encuentra otra variante lingüística, el *jakalteco* o *jakalteco-Poptí'* y vuelven aparecer los nombres de las áreas de Kuchumatán, Maya Balam y San Isidro de la Laguna, donde es posible hallar habitantes que platican esta lengua. Por último, en el área de Maya Balam se localiza otro grupo de las lenguas mayas autodenominado como Chuj o Koti'.

Debido a la erosión que están sufriendo las diferentes variantes lingüísticas mayas, esta investigación realizó un compendio de algunas de las palabras mayas y su significado²¹, ya que es primordial buscar rescatar esta lengua. A su vez, se considera pertinente revisar el Atlas de Lenguas Indígenas Nacionales de México que desarrolló la INAIL (2016) para realizar una aproximación a la distribución geográfica que tienen estas lenguas en Quintana Roo.

Fiestas y tradiciones

“La herencia de la cultura maya es un patrimonio artístico y cultural que da identidad a las tradiciones y costumbres del pueblo quintanarroense, basta con observar cómo el legado sigue vigente en los festejos y ceremonias que aún se llevan a cabo en las comunidades dispersas por todo el estado y en las zonas urbanas, a veces, manifestándose en la vida diaria” (SEDESI, 2011).

Al mismo tiempo, Quintana Roo se considera el sitio de entrada de los primeros conquistadores españoles, con lo cual se reconocen raíces prehispánicas, coloniales y contemporáneas profundamente arraigadas, mismas que originan su gran diversidad cultural.

En cuanto a las festividades en el estado, se pueden observar diferencias regionales. En el centro del estado, se destacan las tradiciones indígenas como el Mayapax y el Hanal Pixán, y la ropa típica que comprende el huipil para las mujeres y vestimenta blanca para los hombres. También hay bailes mestizos populares como las jaranas yucatecas.

En la parte sur del estado de Quintana Roo, se llevan a cabo diversas festividades, tales como el Baile de los Chicleros, el Baile del Sambay Macho y el Pasacalle Quintanarroense. Para estas celebraciones, las mujeres suelen vestir una blusa blanca con mangas acampanadas, una falda amplia decorada con motivos del escudo quintanarroense y un mandil de encaje blanco en la cintura, que es el traje típico de Quintana Roo. Además, se destacan otras festividades como Las Fiestas de la Santa Cruz y la Feria del Cedral, las

²¹ Ver Anexo 1, basado en Gómez (2009).

cuales tienen una antigua tradición y se realizan en el pequeño poblado de El Cedral, en el sur de la isla de Cozumel.

La festividad de El Cedral se celebra anualmente del 29 de abril al 3 de mayo, en honor a la Santa Cruz, y su origen se remonta a 1848, cuando los habitantes de Sabán fueron expulsados por los nativos durante la Guerra de Castas. Casimiro Cárdenas, uno de los sobrevivientes, llevaba una cruz de madera y creyó que había salvado su vida gracias a ella. Después, una vez resguardado en Cozumel, Casimiro y otros refugiados juraron honrar a la Santa Cruz y celebrar su gracia en la misma fecha cada año si se salvaban del tormento y la enfermedad. En la actualidad, las festividades incluyen aspectos religiosos y culturales, así como actividades feriales como exposiciones ganaderas, muestras gastronómicas, competencias y conciertos.

Otro evento cultural muy importante en Quintana Roo es el Carnaval de Cozumel, el cual se lleva a cabo desde hace más de 140 años y es reconocido como uno de los 8 carnavales más representativos del país. Este evento, fundado en 2015, es miembro de la Red de Carnavales del Caribe y se distingue por su satírica Guaranducha Cozumeleña, la chusca representación del Torito Wacax-Ché, las Comparsas Coplistas y las Parodias Cozumeleñas. Además, el Carnaval de Cozumel es muy importante para la economía y la sociedad de Quintana Roo y Cozumel.

Gastronomía

Por su parte, la gastronomía quintanarroense se ha enriquecido desde luego por la influencia y sus nexos con la cultura maya; sin embargo también influyen otras culturas vecinas como la beliceña y diversos países del Mar Caribe, ya sea en las recetas para la elaboración de los platillos y/o en la contribución de productos provenientes de dichos países; asimismo, debido a su cercanía geográfica, la comida típica de estados como Yucatán y Campeche también han enriquecido la gastronomía del estado de Quintana Roo.

Por otro lado, hay que mencionar que muchos platillos típicos de la comida quintanarroense han surgido de los recursos de su entorno, ya sea de su fauna local como las carnes de faisán, jabalí, conejo o venado y/o de sus productos agrícolas como el maíz, el frijol, las semillas de calabaza, el chile serrano, el chile habanero, la chaya, el mango, la piña, el coco, la papaya, etc.

En este contexto, De'Angeli, et. al. (1988), mencionan que en el sureste mexicano hay varias plantas autóctonas que se han vuelto indispensables en las recetas locales como lo son los casos de la chaya y el chayote. Asimismo, señalan que debido a la llegada de inmigrantes árabes y chinos a la región se han cultivado otros vegetales como las berenjenas (de gran popularidad en la ciudad de Mérida), así como pepinillos, coles de origen oriental, el quimbombó (chimbombó o angú), el ajo morado de Tabasco y la cebolla morada.

De acuerdo con esta aportación gastronómica regional a la comida quintanarroense es muy ilustrativo citar algunas recetas culinarias que en muchos casos surgieron de una escala local y que en la actualidad ya se preparan en un marco más regional, es decir en muchos lugares de la Península de Yucatán.

Siguiendo esta lógica, se tiene un extenso recetario de las comidas tradicionales de los estados que conforman la Península de Yucatán en el *Gran libro de la Cocina Mexicana* De'Angeli, et. al. (1988), en el cual hacen toda una recopilación de los platillos típicos de esta región, pero también algunas recetas están basadas en el libro de *La Cocina Campechana*, publicado en el año de 1928, por Adela Mena de Castro, una de las más afamadas cocineras de toda la región de aquellos años.

La mayoría de los platillos típicos que se pueden encontrar en este recetario destacan por utilizar con frecuencia ingredientes de esta región geográfica, entre los que se encuentran desde un caldo gallego a la campechana, pescado en verde, carne en brazo, frangollo de berenjena, atropellado de huevos, atropellado de crema, gallina en verde, sesos entomatados, sierra frita, tzotobilchay (tamalitos), sopa de maíz con leche, panuchos y empanadas de cazón, pámpano empapelado, venado en salpicón, budín sencillo, flan de fruta, entre muchas más.²²

Sobre esto, es importante considerar que, debido a la continua llegada de diversos flujos migratorios, tanto nacionales e internacionales, se ha propiciado la llegada de una diversidad de platillos, que en muchos casos tienden a desplazar a los originarios del lugar.

Considerado uno de los destinos turísticos más importantes de México, Quintana Roo es famoso por su deliciosa gastronomía. Con más de 3,000 restaurantes en toda la región, quienes deciden visitar el lugar pueden disfrutar de una amplia variedad de platos de cocina maya, mestiza, nacional e internacional. Los platillos más populares son los mariscos y peces frescos, gracias su ubicación en la costa caribeña. Sin embargo, también hay opciones vegetarianas, cocina maya tradicional, sabores mestizos con influencias de Belice y sabores ingleses, y restaurantes gourmet en las principales ciudades. Los lugares más populares para probar estos platos son Cancún, Playa del Carmen, Cozumel, Isla Mujeres, Holbox, Bacalar, Chetumal, Tulum, Xelhá, y Majahual, que ofrecen una amplia variedad de opciones culinarias para satisfacer todos los gustos.

Trajes típicos

Entre sus trajes típicos, es posible identificar dos exponentes máximos. El primero de ellos ha sido una manifestación cultural heredada a través del tiempo y que se basa en la vestimenta que antiguamente utilizaban las mujeres mayas en las distintas ceremonias religiosas-cívicas. Lo decoran con el color verde

²² En el Anexo 2 “Recetas de platillos tradicionales de Quintana Roo” se pueden revisar algunas recetas de las antes mencionadas.

(considerado por los mayas un color sagrado) y el color rosa (simbolizando el punto cardinal del sur y el interior de la tierra). Este traje lleva una capa abierta a los lados hasta el busto, un mascarón de Kohunlich y una figura del Dios descendente de Tulum en la parte posterior, así como elementos que reflejan la riqueza natural de la región.

Más recientemente otra vestimenta comenzó a ser utilizada con frecuencia por los pobladores de Quintana Roo. Esta se basa en una blusa blanca donde las mangas están adornadas con cintas del color de la falda, mientras que el cuello es tipo cuadrado con caracoles bordados a la altura de la cintura y que representan la riqueza de los recursos marinos. Para el caso de las mujeres el traje se compone de una falda de grandes dimensiones y que tiene elementos que hacen referencia al escudo del estado. En el caso de los hombres, estos llevan una camisa blanca, un pantalón blanco o azul, paliacate rojo complementado muchas veces por un sombrero.

Artesanías

Con respecto a las artesanías del estado, se tiene que, de acuerdo con Jiménez (2010), existen muchos lugares donde se pueden encontrar figuras de cerámica que representan a la naturaleza y sus seres, así como tallas de madera personificando a dioses mayas; también existe la elaboración y comercio de: cestería, textiles bordados, hamacas caribeñas o la creación de artesanías en conchas, corales y caracoles.

En la cerámica se tiene la elaboración de los originales vasos estilo chocholá²³ (en color negro y con escritura maya), así como de vasijas con dedicatoria al dios solar y de incensarios decorados con deidades y/o simbolismos mayas.

Los habitantes de la costa quintanarroense han sabido aprovechar diversos materiales marinos para elaborar verdaderas piezas artísticas o en su caso para reutilizarlas en algún uso. Por ejemplo, diversas conchas, caracoles y corales se utilizan para la elaboración de servilleteros, accesorios de cocina, lámparas o joyería de coral negro. Jiménez (2010), expone que el caracol rosado es uno de los materiales más admirables, el cual es finamente tallado y se utiliza principalmente para la representación de dioses mayas. Asimismo, define que Cozumel, Isla Mujeres y Holbox elaboran artesanías con huevos de avestruz y cuernos bovinos, que junto a Cancún representan los principales centros artesanales de materiales marinos.

En el caso de Playa del Carmen se tiene que éste posee un gran número de comercios donde se venden joyas realizadas con minerales y/o piedras preciosas, entre las que destacan la turquesa, ópalo, ónix, amatista, plata y jade; también se producen pulseras, collares, pendientes y alhajas con materiales tan diversos como el cristal austriaco, el coral negro, la filigrana de cobre y el ámbar.

²³ Son vasijas decoradas con estrías pertenecientes a un estilo cerámico de élite del noroeste de la Península de Yucatán. Los especialistas señalan que el estilo “Chocholá” se remonta aproximadamente hasta el siglo VIII d. C.

Por otro lado, en el municipio de Solidaridad existen algunos productores de pieles pirograbadas; en cambio, en el municipio de Bacalar se realizan figuras de carrizo y pinturas. Finalmente, en Holbox, se ofrecen a los turistas adornos locales formados con hueso o maderas preciosas, así como instrumentos musicales tradicionales.

Pueblos originarios

Por su historia y ubicación geográfica, los pueblos originarios de Quintana Roo son un aspecto cultural sustancial para comprender la riqueza de dicho territorio. Al respecto se tiene que el INEGI (2015) informó que el 44.4% de la población quintanarroense forman parte de este sector. Se trata de 667 mil 336 personas, mayores de tres años que se consideran originarios, de los cuales únicamente 236 mil 129 hablan una lengua indígena.

Esto indica que el estado ocupa el 4to lugar con mayor cantidad de población indígena, sólo por debajo de Oaxaca (67.7%). Yucatán (65.4%) y Campeche 44.5%).

La distribución de esta población por municipio se encuentra de la siguiente manera: En Felipe Carrillo Puerto el 91.6% de población se declaró indígena, seguido por José María Morelos, con 90.6%, y Lázaro Cárdenas, con 84.1%. En tanto, los de menor proporción fueron **Benito Juárez con 38.7%**; Cozumel con 38.2%, y Solidaridad con 33.6%.

Descrito todo lo anterior se puede reconocer la amplitud de la riqueza cultural de Quintana Roo, siendo significativa como parte del potencial de este territorio. Esto bien, puede sumar a pilar cultural que considera el proyecto de *Geoparques* cuyo lema es “Celebrar el patrimonio de la Tierra, sosteniendo las comunidades locales”. Dicho reconocimiento lleva a concientizar sobre la importancia y necesidad de su preservación al ser patrimonio cultural.

2.3 De la dinámica social al deterioro ambiental del patrimonio natural

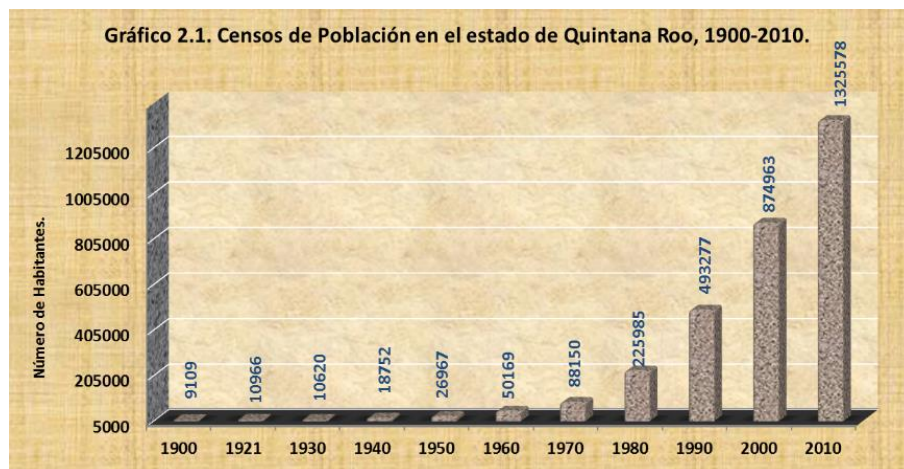
Para comprender cómo la dinámica social (guiada principalmente por las actividades económicas descritas anteriormente) se relacionan con su medio, se procede a describir las características territoriales y sociales de esta entidad para posteriormente profundizar sobre un tema de interés específico, el relacionado con el deterioro ambiental que resulta ser crucial al proponer esta delimitación de espacios potenciales para la conformación de geoparques en Quintana Roo como una estrategia de conservación del patrimonio geológico.

2.3.1 Características territoriales y sociales

La población de Quintana Roo ha experimentado un cambio constante en su estructura y crecimiento demográfico en las últimas décadas. Según el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2014), este fenómeno se debe a varios factores, como la reducción de la mortalidad infantil, los nuevos patrones de causas de muerte, la mayor esperanza de vida y la intensificación de las migraciones, entre otros. Estas características territoriales y sociales tienen un gran impacto en la vida de los habitantes de Quintana Roo y en la forma en que se desarrollan sus comunidades.

Por un lado, se reconoce un crecimiento poblacional presentado en las últimas décadas, relacionado con la conformación política como unidad estatal en el año 1974 y con ello la reforma del Artículo 43 en donde se decretó la manifestación de Quintana Roo en la que ésta dejaba de ser territorio federal para convertirse en un nuevo estado, ya que anteriormente no contaba con el mínimo poblacional (80,000 habitantes) que establecía la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos y con la generación de recursos propios para su autogestión en la administración pública.

Es así como se identifica este crecimiento generado en las últimas décadas del siglo XX principalmente por el acelerado crecimiento de las actividades turísticas. La siguiente gráfica (Gráfica 2.6) muestra el crecimiento poblacional en el periodo de 1900-2010:



Gráfica 2.6. Censos de población de Quintana Roo 1900-2020.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información censal de INEGI.

De acuerdo con el INEGI (1997), en la División territorial del estado de Quintana Roo de 1810 a 1995, especifican que la Constitución Política del Estado se publicó de manera oficial el 12 de enero de 1975, en la que destacan algunos puntos muy importantes, como en la delimitación de su territorio tanto en su forma continental, así como de “las islas de Cozumel, Cancún, Mujeres, Blanca, Contoy y Holbox; asimismo, de las islas, islotes, cayos y arrecifes contiguos a su litoral” (INEGI, 1997).

Por otro lado, se define a la ciudad de Chetumal como capital del estado y se conforma la nueva división municipal con siete ayuntamientos: “Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, Othón P. Blanco, Benito Juárez, José María Morelos y Lázaro Cárdenas” (INEGI, 1997).

Para 1980 el municipio de Othón P. Blanco era el más poblado con 97,999 habitantes; el segundo municipio más poblado era Benito Juárez, con 37,190 habitantes, lo que resulta muy entendible, debido principalmente a que empieza a destacar la Ciudad de Cancún como un polo de atracción turística en el Caribe Mexicano.

El tercer municipio más poblado para esta década es Felipe Carrillo Puerto con 32,506 habitantes, dicho dato resulta muy significativo, ya que no presenta un incremento poblacional marcado como los otros municipios, al contrario, muestra un estancamiento en esta década, puesto que si consideramos el dato del censo anterior donde registro una población de 32,314 habitantes.

El crecimiento poblacional se sigue manifestando marcadamente en las cifras del censo poblacional de 1990, según el INEGI (1993), reporta que la población de Quintana Roo sumo 493,277 habitantes; por lo tanto, otra vez vuelve a duplicar y más su población. El municipio de Benito Juárez desplaza a Othón P. Blanco como el más poblado, a nivel estatal se sitúa como el principal punto de crecimiento poblacional, pero de una forma acelerado o exponencial, ya que en cuestión de una década casi quintuplica su población.

Para el último censo del siglo XX, el INEGI (2002), informa que la población del estado era de 874,963 habitantes, por lo que se mantenía el ritmo de crecimiento poblacional de la última década. El municipio de Benito Juárez seguía siendo el más poblado de la entidad, con 419,815 habitantes, lo que representó el 48% de la población del estado, en esta ocasión se queda cerca de triplicar su población con respecto a la década anterior. Dicha situación debida principalmente al crecimiento urbano de la ciudad de la ciudad de Cancún, originado en esencia por las actividades turísticas; el área se sigue consolidando como uno de los principales puntos turísticos de México para el turismo nacional, pero principalmente para la demanda turística internacional.

Asimismo, el INEGI (2014), reporta que, en la primera década del siglo XXI, el estado de Quintana Roo junto a Baja California Sur, fueron las dos entidades con los mayores promedios en las tasas de crecimiento medio anual de la población, en los periodos del 2000-2005 y 2005 al 2010. En el primer lustro, Quintana Roo, ocupó la primera posición con una tasa de crecimiento de 4.7, muy por encima de la media nacional que fue de 1.0; ya en el segundo lustro, ocupa la segunda posición, con una tasa de crecimiento de 3.4, casi el doble con respecto a la media nacional que fue de 1.8 en ese periodo.

De acuerdo con el último Censo de INEGI (2020) se tiene que Quintana Roo tiene un aproximado de 1,857,985 habitantes, por lo que se acrecentó poco más del 40% respecto al último censo de 2010 (con 1325578 habitantes). La distribución del total de por municipio se representa en la siguiente tabla (2.8).

| Municipio | Población total |
|------------------------|-----------------|
| Cozumel | 88,626 |
| Felipe Carrillo Puerto | 83,990 |
| Isla Mujeres | 22,686 |
| Othón P. Blanco | 233,648 |
| Benito Juárez | 911,503 |
| José María Morelos | 39,165 |
| Lázaro Cárdenas | 29,171 |
| Solidaridad | 333,800 |
| Tulum | 46,721 |
| Bacalar | 41,754 |
| Puerto Morelos | 26,921 |

Tabla 2.8. Distribución de la población de Quintana Roo por municipio.

Elaboración propia a partir de los datos del Censo INEGI 2020.

Según los datos de INEGI, la población de Quintana Roo presenta un porcentaje poco mayor en el total de hombres con un 50.4% y un 49.6% de mujeres.

Sobre esta dinámica en los grupos por edades es importante destacar que el Estado de Quintana Roo se convirtió desde hace algunas décadas un centro de atracción para la llegada de migrantes de otros estados de la república mexicana y otros países. Por ejemplo, en una estadística elaborada por el INEGI en 2010, se mencionó que a nivel nacional Quintana Roo ocupó la primera posición a nivel nacional con respecto a la proporción de la población residente que no nació en la entidad, con un 54%.

Derivado de la dinámica y construcción de la sociedad en este estado debe comprenderse que la división territorial del estado ha cambiado presentado toda una serie de modificaciones en los últimos años, la cual empieza en el año del 2008, con la creación del municipio de Tulum, en donde, el municipio que cede territorio para la conformación de esta nueva municipalidad es el de Solidaridad; en el año del 2011, nace el décimo municipio para la entidad con la fundación de Bacalar, el municipio que pierde territorio es el de Othón. P. Blanco; y, por último, en el año del 2016, nace el undécimo municipio de Quintana Roo, con la creación de Puerto Morelos.

2.3.2 Deterioro ambiental del patrimonio natural

A lo largo de este capítulo se ha hecho hincapié en la riqueza y el potencial que tiene el estado de Quintana Roo tanto en los aspectos natural y socioeconómico como en el cultural, destacando por ejemplo sus 2,800 cenotes²⁴, 240 cuevas secas y 358 sistemas de cuevas sumergidas cuya longitud es de 1400 km, además de los espacios que albergan vestigios arqueológicos y paleontológicos.

²⁴ Base de datos Amigos de Sian Khan (2015).

Esto ha permitido reforzar el argumento enfocado en la posibilidad de considerar la delimitación de espacios potenciales para su integración el proyecto de los *Geoparques*, que bien podrían sumar como alternativas para el necesario turismo sustentable (geoturismo) y desarrollo socioeconómico de la población local.

Es por esto, que en este último apartado se pretende profundizar en lo correspondiente al deterioro ambiental a fin de ampliar los argumentos sobre la pertinencia de la propuesta para su futura consideración.

Para comenzar, cabe recordar que la geodiversidad (sustento de la biodiversidad), entendida como “la variedad de elementos geológicos, incluidos rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, formaciones y unidades geológicas y paisajes son el producto y registro de la evolución de la Tierra” (Rodríguez-Martínez y Menéndez, 2010), por ello, la conservación de ella resulta trascendental, más aún si es como la de Quintana Roo que destaca por sus cenotes con espeleofomas como las estalactitas y estalagmitas y sus estromatolitos de acuerdo con Rodríguez-Martínez y Menéndez, (2010).

Estos verdaderos túneles del tiempo resguardan entre otras cosas, la historia remota y reciente de Quintana Roo. Por lo cual tienen gran relevancia geológica, arqueológica y cultural.

De ahí que puedan ser considerados como Patrimonio Natural - Patrimonio geológico²⁵ y cultural de México y el mundo, el cual es necesario conservar y preservar. Sin embargo, a pesar de su importancia, han tenido un constante proceso de deterioro a gran velocidad principalmente por factores antropogénicos (sin descarta los naturales), lo que los pone en riesgo de pérdida. Entre los factores antropogénicos que aceleran tal situación vale la pena citar el avance incontrolado de la infraestructura turística, las decisiones políticas, el desinterés de la población en general y la falta de educación ambiental. Ahora bien, para comprender cabalmente esta problemática, es importante preguntarse por su origen.

Un primer momento se identifica a finales de la década de 1960, cuando desde el nivel federal del gobierno, se puso en marcha la creación de los polos de desarrollo, denominados Centros Integralmente Planeados. Estos buscaban diversificar las actividades económicas, con fomento al turismo y así promover el desarrollo regional de distintos espacios locales, pero con alcances internacionales.

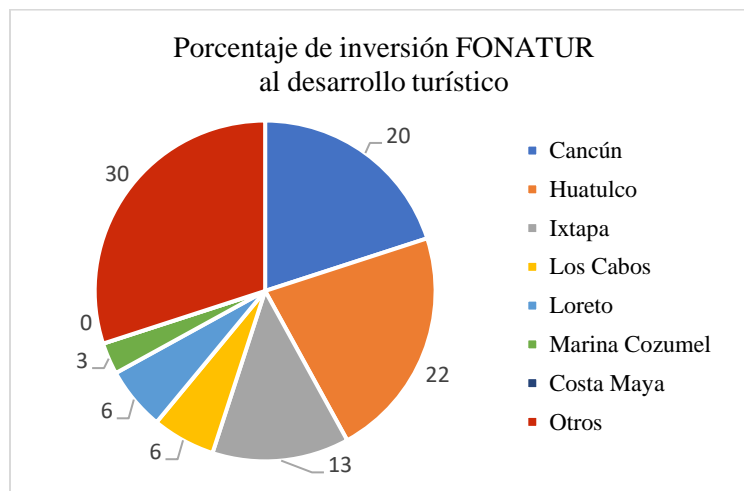
Entre estos polos²⁶, figuraba el desarrollo de Cancún, que además de contar con recursos del erario mexicano y la promoción de INFRATUR (Fondo de Promoción de Infraestructura Turística), tuvieron el apoyo de organismos internacionales como el Fondo Monetario Internacional y el Banco Interamericano de Desarrollo. En esa década (1960) el estado de Quintana Roo, atravesaba por dificultades sustanciales en materia agrícola, la principal actividad económica de la entidad padecía problemas en el cultivo y producción de henequén, chicle y maíz, por lo cual existía desempleo a nivel regional y la actividad turística

²⁵ Definido como “El conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra y los procesos que la han modelado”. Incluye también las colecciones de fósiles y minerales que constituyen el llamado patrimonio geológico (IGME, 2014).

²⁶ Polos de desarrollo en México de la década de 1970: Cancún, Quintana Roo; Huatulco, Oaxaca; Ixtapa Zihuatanejo, Guerrero, Los Cabos y Loreto, Baja California Sur (Espinosa-Coria, 2013).

parecía ser una alternativa para paliar algunas de las necesidades sociales, principalmente el trabajo y la circulación de dinero (Espinosa, 2013).

La gráfica 2.7 permite identificar la inversión que el FONATUR ha realizado en distintos destinos turísticos desde 1994 a 2015; destacan Huatulco y Cancún como los principales destinatarios de los fondos en materia de infraestructura turística. Aunque, en años recientes, fueron incorporados los desarrollos turísticos de Costa Maya (2004 a 2007; 42 mdp) y Marina Cozumel (2004 a 2015; 523 mdp), que sumados a los recursos destinados a Cancún (1994 a 2015; 4048 mdp) sumaron 4613 millones de pesos, cifra que representó un 23% del total, monto con el cual el estado de Quintana Roo, se ubica en primer lugar en este rubro.



Gráfica 2.7. Inversión FONATUR al desarrollo de infraestructura turística en México 1994-2015 (millones de pesos). Nota: El 100% equivale a 20,103 millones de pesos; Cancún 4,048 (mdp)²⁷. Fuente: INEGI (2015a).

Una de las consecuencias de la construcción del destino turístico de Cancún en el municipio de Benito Juárez fue el crecimiento de la población, en gran medida originaria de otras localidades y / o entidades federativas, la disponibilidad de trabajo y la inserción en actividades relacionadas directa o indirectamente en el turismo que suscitaron una serie de cambios. Hace más de 46 años la actual zona hotelera de Cancún, estaba prácticamente despoblada.

Es por ello por lo que Quintana Roo, es uno de los estados donde han surgido nuevos municipios a nivel nacional.

En el año de 1930, cuando Quintana Roo era un territorio federal, contaba con cuatro municipios: Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres y Payo Obispo. A mediados del año 1970, ya eran

²⁷ En la categoría “otros” están: Palenque, Palenque, Costa Capomo, Nayarit, Escalera Náutica, Costa del Pacifico, Kino Nuevo, Otros.

siete los municipios: “Benito Juárez, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, José María Morelos, Lázaro Cárdenas y Othón Blanco” (Marín, 2008, p. 107). En 1993 nació el municipio de Solidaridad, y para 2008 se creó Tulum. En 2011 se constituyó jurídicamente Bacalar, y para 2015 [aprobado en 2016] nació Puerto Morelos (Cárdenas, 2020, p. 96).

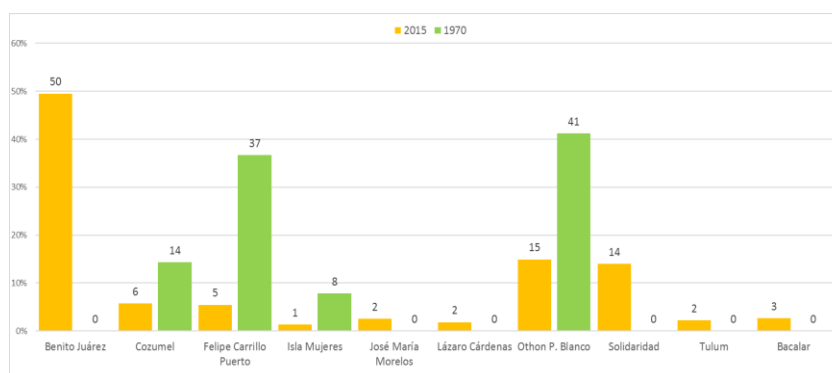
Para tener una idea sobre el incremento de la población, se presenta la Tabla 2.9:

| Municipio | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2015 |
|------------------------|--------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| Benito Juárez | | 37,190 | 176,765 | 419,815 | 661,176 | 743,626 |
| Cozumel | 12,622 | 23,270 | 44,903 | 60,091 | 79,535 | 86,415 |
| Felipe Carrillo Puerto | 32,314 | 32,506 | 47,234 | 60,365 | 75,026 | 81,742 |
| Isla Mujeres | 6,867 | 4,731 | 10,666 | 11,313 | 16,203 | 19,495 |
| José María Morelos | | 18,372 | 25,179 | 31,052 | 36,179 | 37,502 |
| Lázaro Cárdenas | | 11,917 | 15,967 | 20,411 | 25,333 | 27,243 |
| Othón P. Blanco | 36,347 | 97,999 | 172,563 | 208,164 | 244,553 | 224,080 |
| Solidaridad | | | | 63,752 | 159,310 | 209,634 |
| Tulum | | | | | 28,263 | 32,714 |
| Bacalar | | | | | | 39,111 |
| Quintana Roo | 88,150 | 225,985 | 493,277 | 874,963 | 1,325,578 | 1,501,562 |

Tabla 2.9. Población en municipios de Quintana Roo 1970-2016.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2015a).

El surgimiento de nuevos municipios se debió entre otras cosas al desarrollo turístico, la generación de empleos y con ello la llegada de más población inmigrante; En 1970, Othón P. Blanco albergaba al 41% de la población del estado, para 2015, es Benito Juárez (donde se ubica Cancún), la demarcación que concentra la mitad de la población de toda la entidad (gráfica 2.8).



Gráfica 2.8. Población en los municipios de Quintana Roo, 1970 y 2015 (porcentaje).

Nota: En 1970 el 100% equivale a 88,150 habitantes; En 2015 el 100% equivale a 1,501,562 hab.

También el año de 1972 debe recordarse como una fecha memorable ya que en dicha fecha arrancaron las actividades turísticas en Quintana Roo y con ello la profundización en sus problemas ambientales, acelerando una constante contaminación, saqueo y destrucción de recursos.

El proyecto turístico y urbano de Cancún fue el primer centro planeado integralmente por FONATUR en 1974 con el objetivo de fomentar el desarrollo económico de la región y promover el

poblamiento de un territorio estatal de 50,843 km². Este proyecto fue el más ambicioso de su tipo en México (E. Rubio, M. Murad y Rovira, 2010).

Sin embargo, la alteración del territorio tiene diversas repercusiones, y aunque legalmente existe un marco que tentativamente protege al ambiente, este solamente se enfoca en ciertos elementos bióticos, no incluyendo los relacionados con los geológicos, específicamente. Si bien, la planificación de una ciudad como Cancún partió de la existencia de un patrimonio geológico y natural también se reconoce que el papel de los actores sociales son ejes rectores en la transformación de un territorio con gran potencial de recursos bióticos y abióticos. Es indudable que la participación del gobierno como actor social, para crear infraestructura en un lugar bastante singular llevó años de planificación y con el paso de los años las dimensiones de este lugar se incrementaron y pasó de ser un espacio rural a una ciudad urbana con todas las características, necesidades e insumos que se necesitan para sustentar una urbe de las dimensiones de Cancún.

Con respecto a los factores naturales involucrados en el deterioro ambiental se puede identificar uno sustancial por las características del subsuelo del territorio de Quintana Roo ya que está formado por rocas calizas, las cuales están sujetas a una erosión kárstica muy dinámica que afecta a otros componentes del paisaje tanto natural como cultural, trátase de una cueva, un estromatolito, o una pirámide que se localice a una distancia considerable de la zona erosionada. Además, no sólo la erosión kárstica está presente en el territorio, también la región está sujeta a pérdidas de materiales geológicos y componentes biológicos por las irrupciones anuales de ciclones, en donde destacan los que alcanzaron categoría 5 de la escala Saffir-Simons, estos son *Janet* (1955), *Gilberto* (1988) y *Wilma* (2005).

Por ejemplo, el caso de *Janet*, causó grandes daños a la ciudad de Cozumel y a las zonas boscosas donde se practicaba la extracción del chicle. En el caso de *Gilberto*, considerado como el huracán más intenso que ha cruzado por tierras mexicanas, cambió la línea de playa al arrastrar grandes cantidades de arena mar adentro, ocasionando una fuerte desforestación y grandes destrozos en ciudades como Cancún, Chetumal y otros centros poblacionales. Más contemporáneo *Wilma* causó grandes destrozos en la isla de Cozumel, en Playa del Carmen y Cancún.

Esto permite entender que la problemática ambiental se debe tanto a factores naturales como antropogénicos y una combinación de ambos. Unos y otros inciden el deterioro de los componentes naturales del paisaje y de las manifestaciones culturales de Quintana Roo. Por ello es necesario tener un panorama general de los problemas ambientales del estado y paulatinamente acercarse a los problemas particulares del Patrimonio Natural.

Deterioro por erosión y contaminación del agua

La zona sur de México se ubica en una región tropical dinámica en donde los ciclones de verano y otoño se hacen presentes tanto en el océano Pacífico, como en el golfo de México y el mar Caribe, sumando a esto, existe una mayor intensidad de estos fenómenos como efecto del calentamiento global, lo que ha conllevado a la pérdida parcial de playas y con ello, en un futuro no muy lejano, de centros poblacionales. Sobre esto, debe considerarse también la constante sequía e incidencia de incendios, no sin olvidar los que se provocan para abrir zonas de cultivo y cría de ganado.

En este contexto, el efecto de los factores naturales combinado con los factores antropogénicos, aumentan el deterioro ambiental. Por citar un ejemplo, el avance de la urbanización en zonas cercanas a la playa expone a las edificaciones a la intensidad de los ciclones ya que se encuentran en la zona hotelera de Cancún, pues la construcción de estos grandes hoteles en zonas muy cercanas a las playas es muy rentable debido a que permite a los turistas un rápido acceso a las playas, sin embargo, este tipo de edificaciones y otras más como restaurantes y centros de entretenimiento constituyen un factor antropogénico para el deterioro ambiental.

Además de la erosión que se provoca debe sumarse la contaminación a las playas debido a la expulsión de aguas residuales, desechos sólidos y basura, ya que existe una indiferencia de los dueños y de la población (tanto permanente como transitoria), como resultado de una insuficiente educación ambiental o carecimiento de ella.

Cabe recordar que el impulso al proyecto Cancún, no sólo ha impactado en numerosos renglones económicos, políticos y sociales de Quintana Roo, también incidió en su demografía, tal como se observa en la tabla X., pues a nivel estatal las cifras son más que reveladoras. Según datos censales aportados por INEGI, en 1970, Quintana Roo, cuando todavía era territorio federal no llegaba a los 100,000 habitantes, pero en el año de 2020, alcanzó la cifra de **1,501,562** millones (Tabla 2.10), repartidos irregularmente entre los 11 municipios que conforman el estado de Quintana Roo.

Este aumento de la población en Quintana Roo, principalmente en la costa este, está vinculado al impulso al Proyecto Cancún, en el cual se observa el ritmo acelerado de la población total y en especial en los centros urbanos, debido al abanico de actividades terciarias vinculadas al turismo de masas que demanda una gran cantidad de servicios e infraestructura acorde a sus necesidades.

El boom turístico de Quintana Roo y la necesidad de satisfacer la creciente demanda de servicios requería de mano de obra que la entidad no poseía ni estaba preparada para insertarse en el sector terciario, situación que fue subsanada con la avalancha de inmigrantes provenientes de varios estados de la República Mexicana.

| Municipio | 1970 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2020 |
|------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Cozumel | 12,622 | 23,270 | 44,903 | 48,385 | 60,091 | 73,193 | 79,535 | 86,415 |
| Felipe Carrillo Puerto | 32,314 | 32,506 | 47,234 | 56,001 | 60,365 | 65,373 | 75,026 | 81,742 |
| Isla Mujeres | 6,867 | 4,371 | 10,666 | 8,75 | 11,313 | 13,315 | 16,203 | 19,495 |
| Othón P. Blanco | 36,347 | 97,999 | 172,563 | 202,046 | 208,164 | 219,763 | 244,553 | 224,08 |
| Benito Juárez | s/d | 37,190 | 176,765 | 311,969 | 419,815 | 572,973 | 661,176 | 743,626 |
| José María Morelos | s/d | 18,372 | 25,179 | 29,604 | 31,052 | 32,746 | 36,179 | 37,502 |
| Lázaro Cárdenas | s/d | 11,917 | 15,967 | 18,307 | 20,411 | 22,434 | 25,333 | 27,243 |
| Solidaridad | s/d | s/d | sd | 28,747 | 63,752 | 135,512 | 159,31 | 209,634 |
| Tulum | s/d | s/d | sd | sd | sd | sd | 28,263 | 32,714 |
| Bacalar | s/d | s/d | sd | sd | sd | sd | sd | 39,111 |
| Puerto Morelos | s/d | s/d | sd | sd | sd | sd | sd | sd |
| Totales | 88,150 | 225,625 | 493,277 | 703,809 | 874,963 | 1135,309 | 1325,578 | 1,501,562 |
| Incremento % | - | 255% | 45.7 % | 70% | 80.4% | 77% | 85.6% | 88.2% |

Tabla 2.10. Población en los municipios de Quintana Roo (1970-2020).

Fuente: Elaboración propia con base en Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1970,1980, 1990, 1995, 2000,2005, 2010 y 2020).

Es así como el crecimiento de la población del estado derivado de su vocación turística, principalmente a partir del surgimiento de Cancún, ha traído consecuencias, entre ellas, el deterioro de la roca caliza que se ha utilizado tanto en la construcción de pirámides, expresión última de la gran cultura maya como para las edificaciones modernas, en hoteles, por ejemplo.

En Quintana Roo, las actividades económicas están influenciadas por la riqueza cultural y natural de la región (Daltaubuit y Meade, p. 11). El turismo de masas es la actividad económica principal y ha sido la fuerza motriz detrás de las políticas económicas y sociales que han transformado el territorio. Sin embargo, la infraestructura turística ha causado un impacto negativo en el medio ambiente, especialmente en la zona continental y en las islas. Dicho impacto es mayor que el causado por la pesca, la explotación forestal y las actividades agropecuarias. La transformación y disminución de los ecosistemas costeros y acuáticos, el cambio morfológico del litoral, la devastación de dunas y la deforestación en áreas costeras con manglares y humedales son algunos de los efectos más evidentes del deterioro ambiental en Quintana Roo. Esto ocasiona:

- Destrucción de arrecifes, por una sedimentación excesiva.
- Degradación de hábitats de especies animales y vegetales propias de la región debida al vertido de aguas residuales que contaminan las aguas dulces (cenotes, agudas, ríos subterráneos y mantos freáticos) y las aguas saladas litorales.
- Contaminación del suelo y subsuelo por confinamiento de residuos sólidos en tiraderos a cielo abierto.

Aunque hay referencias acerca del notable incremento del deterioro ambiental desde 1970 cuando inició la actividad turística en el actual estado de Quintana Roo, poco se mencionan sus efectos en los elementos de la geodiversidad, como lo son las estalactitas o estalagmitas, ya se trate de un saqueo constante para su venta, un recuerdo del viaje de algún turista o su destrucción.

El daño severo de los estromatolitos y otras formaciones geológicas como las cavernas y cenotes, tan visitadas actualmente, pone en serio peligro no sólo a las estalagmitas, estalactitas y estromatolitos, sino también a los sitios arqueológicos acuáticos y subacuáticos donde se localizan.

En relación con los cenotes, además de su creciente contaminación se aprecian los estragos del saqueo arqueológico (El financiero 30,000 en Yucatán y Milenio De Anda). Al respecto, hay denuncias periodísticas y de otra índole, además de investigaciones acerca del saqueo y de las toneladas de basura que han sido arrojadas a estos cuerpos de agua durante muchos años, mencionando grosso modo, botellas, plásticos, ventiladores, llantas y hasta muebles.

Se considera también la contaminación del recurso agua, ya que, al ser un recurso vital, considerando que los mantos freáticos constituyen la única reserva regional de agua dulce, su alteración constituye un peligro para obtener agua potable y podría motivar la intrusión de agua salina costera.

Entre las investigaciones sobre la contaminación de los cenotes, también cabe mencionar los hallazgos del antropólogo y buzo yucateco Sergio Grosjean (2012) quien documenta que entre el 70 y el 75% de los cenotes de la península de Yucatán está habitado por bacterias provenientes del lavado de letrinas, actividades porcícolas, fosas sépticas y aguas residuales, consecuencias del incremento poblacional.

Para completar el escenario, existen otras investigaciones realizadas en cenotes de QR que analizan la presencia de hidrocarburos en su interior. (Tabla 2.11).

| Poste turístico | Punto de muestreo | Hidrocarburo | Concentración (mg L ⁻¹) |
|-----------------|---------------------------|------------------|-------------------------------------|
| Cancún | Talleres | Naftalina | 5.94 ± 3.62 |
| | | Fenantreno | 0.09 ± 0.02 |
| Cancún | Rancho Viejo | Hexadecano | 2.02 ± 2.09 |
| Puerto Morelos | Mojarras | Pireno | 4.96 ± 0.10 |
| | | Fenantreno | 0.53 ± 0.19 |
| Puerto Morelos | Siete bocas | Hexadecano | 3.18 ± 0.02 |
| | | Fenantreno | 2.54 ± 0.02 |
| Riviera Maya | Xca-ha (Playa del Carmen) | Benceno | 1.00 ± 0.01 |
| | | Benzo (a) Pireno | 9.67 ± 0.02 |
| | | Decano | 1.33 ± 0.07 |
| | | Hexadecano | 5.87 ± 0.23 |
| Riviera Maya | Chaac-mol (Tulum) | Naftalina | 2.57 ± 0.11 |
| Cozumel | Chanka-nab | Naftalina | 3.48 ± 0.09 |
| | | Hexadecano | 2.15 ± 0.19 |
| Chetumal | Laguna de Bacalar | Naftalina | 2.18 ± 0.54 |
| Chetumal | Laguna Milagros | Pireno | 1.14 ± 0.11 |

Tabla 2.11. Presencia de hidrocarburos en los puntos de muestreo en la temporada "Alta".

Fuente: Medina-Moreno SA, Jiménez-González A, Gutiérrez-Rojas M, Lizardi-Jiménez MA. (2014).

En su trabajo, Medina-Moreno et al. (2014) encontraron que en la mayoría de los cenotes estudiados hay evidencias de hidrocarburos alifáticos y aromáticos. A continuación, se enlistan algunas características de los componentes de la tabla, así como sus consecuencias para la vida:

- La Naftalina, es un sólido blanco también llamado alquitrán utilizado en bolas para ahuyentar a las polillas. Su ingestión puede provocar náusea, diarrea una coloración amarillenta de la piel.²⁸
- El Fenantreno²⁹ es un compuesto aromático que se obtienen de la destilación de la madera. Se puede encontrar en el agua, en el suelo y en el aire, producto de derrames petroleros y combustiones. Cuando una persona se expone a este químico, este se acumula en los tejidos grasos de los seres vivos produciendo toxicidad.
- El Hexadecano³⁰ pertenece a la categoría de hidrocarburos alifáticos saturados y su consumo puede ocasionar daño al tejido pulmonar. La exposición crónica a este compuesto puede generar resequedad o agrietamiento en la piel.
- En cuanto al Pireno³¹, es un hidrocarburo aromático usado comercialmente para hacer colorantes y precursores de colorantes. Su principal riesgo es ser un irritante.
- El Benceno³², perteneciente al grupo de los hidrocarburos aromáticos, es conocido también como benzol. Este líquido, que se presenta sin color y altamente inflamable, posee múltiples aplicaciones en la industria, como la elaboración de gomas, detergentes, tinturas, lubricantes, medicinas y pesticidas. No obstante, la exposición prolongada al benceno puede acarrear graves consecuencias, como la muerte en caso de inhalar grandes cantidades, mientras que su inhalación en niveles reducidos puede generar somnolencia, mareo y taquicardia.
- Finalmente, el Decano es un hidrocarburo perteneciente a la familia de los alcanos, con una fórmula molecular de C₁₀H₂₂. Este compuesto es un componente importante de la gasolina y se utiliza comúnmente como disolvente en la industria química. La exposición continua al Decano puede causar efectos negativos en la piel, tales como sequedad y formación de grietas.

Ahora bien, al analizar el contenido de la tabla, se puede afirmar que hay evidencias de la presencia de estos compuestos en cenotes, aunque parecería ser que las cantidades mezcladas en agua son mínimas, mas no se debe olvidar la detección de este problema que a la larga puede incrementar consecuencias para la salud de los habitantes expuestos a sus aguas, ya sea por el uso cotidiano o por la práctica del turismo.

Además, se señala que el comportamiento del agua subterránea es particular. El hecho de que se contamine en un lugar específico traerá consecuencias en otro a una distancia considerable. Como se observa en la tabla anterior, los muestreos se realizaron en centros turísticos, en especial Cancún y Playa del Carmen, lugares con alta densidad de población. Otro hallazgo de la investigación de Medina se remite a la temporada de vacaciones. A mayor número de visitantes, mayor concentración y diversidad de hidrocarburos.

²⁸ <https://www.ecured.cu/Naftaleno>. Consultado 26 marzo 2016

²⁹ <https://www.lifeder.com/fenantreno/> Consultado 26 marzo 2016

³⁰ <https://es.wikipedia.org/wiki/Hexadecano> Consultado 26 marzo 2016

³¹ Senkan, Selim y Castaldi, Marco (2003) "Combustión" en la Enciclopedia de Química Industrial de Ullmann, Wiley-VCH, Weinheim.

³² McMurry, John (2006). «Química del benceno: sustitución electrófila aromática» en Química orgánica. Cengage Learning Editores. ISBN 970-686-354-0.

En lo que atañe a la contaminación de cavernas en Quintana Roo, hay evidencias aportadas por Rendón (2016). Esta investigación se realizó en cinco sitios de cavernas en la Riviera Maya. En ella se detectaron residuos de varios compuestos, de los cuales resalta el herbicida 2,4-D con una concentración estimada de 2.39 ng L-1. Este compuesto es uno de los pesticidas sintéticos más antiguos. Se emplea para eliminar la maleza que crece a la par de cultivos como maíz y soya. Este herbicida puede ser considerado al menos como “posibles carcinógenos” y también disruptores endocrinos, por lo que causarían potenciales efectos negativos en la reproducción.³³

En la siguiente tabla (Tabla 2.12) se describen otros contaminantes encontrados en el agua de las cavernas de la Riviera Maya. En ésta es posible reparar en la presencia no solo de plaguicidas, como el herbicida arriba señalado, sino también de otros químicos como medicamentos, en inclusive drogas como la cocaína. Rendón señala que incluso en el mismo lugar se pueden encontrar varios de los contaminantes. Substancias que pudieran tener un efecto adverso sobre los organismos expuestos.

| Compuesto | Clase | Concentración ng L-1 |
|------------|---------------|-------------------------|
| 2,4-D | Herbicida | 2.39 |
| Cafeína | Estimulante | 12.5 |
| Cocaína | Droga ilícita | 1.87 |
| Naproxen | Medicamento | 3.19 |
| Ibuprofeno | Medicamento | 4.27 |
| Fenantreno | Hidrocarburo | 2.12 |
| Triclosan | Bactericida | 0.81 |
| Nonilfenol | Alquilfenol | 0.11 |

Tabla 2.12. Compuestos determinados en agua de cavernas de la Riviera Maya

Fuente: Rendón, (2016).

Extinción, saqueo y destrucción

Otro problema que cada día adquiere mayor relevancia en cenotes y cuevas secas e inundadas es la extensión de especies de flora y fauna. La fauna de los cenotes y cuevas desaparece debido a factores que parecen inofensivos, como la introducción de especies ajenas a ese hábitat, las cuales al competir por espacio y recursos depredan peces y crustáceos nativos, incluso endémicos. Asimismo, seguramente por el desconocimiento de la población y de los turistas, está la destrucción antropocéntrica de espeleoformas, tales como estalactitas y estalagmitas, las cuales tardan miles de años en crecer un centímetro. Estas formas son sometidas a la inconciencia de visitantes que las tocan dañando poco a poco su larga evolución o que se apropian de algunas partes, como recuerdo del recorrido.

Los estromatolitos de la Laguna de Bacalar son el mejor ejemplo de destrucción del Patrimonio Natural de Quintana Roo. El Laboratorio de Ecología Bacteriana del Instituto de Ecología de la Universidad

³³ Neumeister, L. (2014). Riesgos del herbicida 2,4 – D. Una publicación conjunta entre Testbiotech, GeneWatch UK, Pesticides Action Network (PAN) Europe

Nacional Autónoma de México (UNAM) reveló las condiciones preocupantes en que las que se encuentran estas formaciones, al comprobar que sus estructuras presentaban heridas, que desprenden los primeros centímetros en donde están las comunidades que forman las estructuras. Las causas del deterioro son provocadas por golpes provocados por los lancheros, pues anclan sus embarcaciones en los estromatolitos para impedir que sean empujados por la corriente. Las graves consecuencias del deterioro y desaparición de los estromatolitos son incuantificables, baste recordar que su antigüedad se calcula en nueve mil años y la única capa de su estructura que los cubre mide poco más de medio centímetro. Aunque esta medida parezca insignificante se debe considerar que su estudio ayuda a comprender la evolución de la vida en el planeta³⁴.

Por otro lado, en Quintana Roo se han hecho importantes descubrimientos de vestigios arqueológicos y paleontológicos en los sistemas hidrográficos subterráneos, especialmente en cenotes y cuevas inundadas. Tales vestigios deben su preservación a la falta de luz, las condiciones químicas del agua y los sedimentos finos (Grosjean, 2012). Destacan los esqueletos de más de 10, 000 años de antigüedad de “Eva de Naharon”, “La Mujer de las Palmas” descubierta en 2002, a 5 Km de Tulum por un grupo de buzos en cuevas inundadas de Tulum. Junto con su esqueleto se encontraron dos más que fueron bautizados como “Eva de Naharon” y “Chan Hol” en otras cuevas inundadas, también en Tulum. Estos descubrimientos han aportado nuevas líneas de investigación en torno a la forma como se pobló el continente americano. Lamentablemente, en 2011, “La mujer de las Palmas” fue sustraída del fondo de la cueva donde había sido encontrada. Para Grosjean este tipo de saqueos está encabezado por un grupo de buzos profesionales con determinada formación académica.

Al respecto, Carmen Rojas Sandoval, quien es arqueóloga subacuática del INAH-Quintana Roo, tiene conocimiento de que las cuevas son cada vez más populares entre los buzos del mundo, lo que ha generado una mayor accesibilidad a los bienes de tipo arqueológico. No obstante, la pérdida de estos hallazgos va más allá de la información que podemos obtener sobre la vida de un individuo, ya que la presencia de múltiples esqueletos nos permite tener una mejor comprensión de la variabilidad de las poblaciones antiguas.

Es importante destacar que las múltiples actividades económicas y los factores naturales han generado un significativo deterioro ambiental en Quintana Roo, situación que debería ser abordada por el gobierno, empresarios y población. En este contexto, es relevante considerar la delimitación de dos regiones para su inclusión en el proyecto de los Geoparques como una estrategia para la conservación del patrimonio geológico de la región. Todo esto tiene especial importancia dado que los cenotes son los principales espacios de conservación geológica en la zona. En este sentido, se retomó el trabajo de *Amigos de Sian Ka’an* (2018) quienes analizan las problemáticas entorno al uso de los cenotes y cuevas en la Península de Yucatán (Tabla 3.13).

³⁴ <http://www.gaceta.unam.mx/20160815/hacia-la-recuperacion-de-cuerpos-de-agua-y-arrecifes-en-el-caribe/>. Recuperado 17 de marzo de 2019.

| Factor detonante | Ejemplos | Problemática-Consecuencias |
|---|--|---|
| Luz artificial | La instalación de luminarias para recorridos turísticos, las lámparas de buzos y las antorchas o fogatas. | Invasión de especies de cielo abierto a los cenotes, alteración de rutinas de insectos, murciélagos y aves; cambio de ruta de peces ante la iluminación de zonas más profundas, provocando competencia y depredación; promoción del crecimiento de algas; aumento específico de la temperatura en los cenotes y cuevas generando evaporación del agua cercana a estalagmitas y estalactitas afectando su crecimiento. |
| Contaminación sonora | Aparatos que son usados por el turismo masivo, desde el ruido de los automóviles como los utilizados para la música. | Altera la distribución y comportamiento de los animales que habitan en los cenotes, especialmente murciélagos y aves. |
| Saqueo | Extracción de los visitantes de ciertos tipos de plantas | Pérdida de vegetación del cenote y sus alrededores provocando daños severos al entorno y rompiendo el ciclo vital de cada una de estas especies. |
| Falta de zonas de amortiguamiento | No se cuenta con zonas de amortiguamiento adecuadas. | Falta de mitigación de las actividades humanas, principalmente el turismo y el saqueo, provocando el desplazamiento de la fauna. |
| Arquitectura invasiva | Transformación del espacio en torno a las necesidades humanas: área de regaderas, áreas comunes, hospedaje, etc. | Pérdida del hábitat, reducción de infiltración del agua de lluvia, alteración del paisaje, erosión de suelos y amenaza del colapso de la roca. |
| Introducción de especies invasoras. | Mascotas o plantas ornamentales. | Amenaza para la biodiversidad de los cenotes al propiciar la competencia del espacio y comida con las especies nativas o transmisión de enfermedades como la rabia y el moquillo; contaminación de los cuerpos de agua o suelo al ser los medios para deshacerse de los cuerpos de dichos animales. |
| Aguas residuales | Ante la complicación (por la estructura geológica) de diseñar y estructurar una red de alcantarillado adecuada para satisfacer las necesidades de la población: duchas, evacuaciones, limpieza de ropa o trastes se generan residuos con altas cantidades de materia orgánica fecal, grasas, aceites, medicinas y desechos químicos. | Descargas en el suelo, pozos, cenotes o cuevas que afectan directamente el acuífero aportando sustancias contaminantes que modifican la calidad del agua y promueven el crecimiento de bacterias que ponen en riesgo el equilibrio de los ecosistemas y la salud de la población. |
| Sobreexplotación del agua. | Explotación masiva del agua subterránea. | Agota la delgada capa de agua dulce y la mezcla con la salada provocando la concentración de sales en el acuífero, disminuyendo el nivel de agua en los cenotes e incluso secarlos. |
| Uso de productos químicos | Como herbicidas, insecticidas, bactericidas, fertilizantes, detergentes, líquidos limpiadores. | Estos químicos suelen tener fosfatos que son compuestos que favorecen el crecimiento de las poblaciones de algas y plantas acuáticas. Debido a las propiedades físicas del suelo poroso de la Península estos desechos se infiltran en el agua subterránea. Esto afecta a la flora y fauna y daños a la salud de las personas que nadan o consumen dicha agua contaminada. |
| Uso de hidrocarburos | Gasolina, aceites y solventes; uso de máquinas motorizadas como plantas de luz (diésel), embarcaciones o coches. | Cambios en las propiedades físicas y químicas del agua y el aire que afecta la flora y fauna de los cenotes. |
| Alteraciones permanentes de las rocas y formaciones de cenotes. | Uso de explosivos, generalmente para abrir o ampliar cenotes. Uso de materiales de construcción | Erosión del material rocoso. Alteración en la estructura geológica. Aumento de amenaza por colapso debido al debilitamiento de las paredes del cenote y sus cuevas. Daño grave a la calidad del agua y salud de las especies. |
| Residuos sólidos. | Alto volumen de basura (orgánicos e inorgánicos). | Alto número de turistas y falta (población en general) de cultura cívica y sensibilidad ecológica hacen que los cenotes sean utilizados como depósitos de basura, afectando a la fauna, flora y paisaje natural. |

Tabla 2.13. Causas y consecuencias del deterioro ambiental en los cenotes y cuevas de la Península de Yucatán:

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Asociación “Amigos de Sian Ka’an”, 2018.

Si bien la tabla anterior especifica sobre las afectaciones locales a los cenotes y cuevas y a sus elementos bióticos y abióticos, también se considera relevante acercarse al tema a escala regional considerando las actividades que se necesitan realizar en la Península de Yucatán y en específico en Quintan Roo.

La siguiente tabla (2.14) sintetiza las amenazas generales que se presentan en el territorio y que amplían los riesgos en la biodiversidad y geodiversidad que van provocando este deterioro ambiental:

| Amenaza | Riesgos para la biodiversidad flora y fauna terrestre y marina | Riesgos para la geodiversidad: suelo y agua |
|--|---|---|
| Deforestación extensa por falta de conocimiento y datos sobre crecimiento, regeneración natural y estado de las poblaciones. | Estado de amenaza más crítico para especies maderables endémicas como el granadillo, el siricote y el bayo, que son escasos y de alta demanda en la industria hotelera para fabricación de palapas y restaurantes. Fragmentación de ecosistemas naturales como especies de anfibios asociados a selvas maduras poco perturbadas, que son vulnerables a cualquier cambio en las condiciones ambientales en áreas forestales mal o no manejadas. Impacto sobre poblaciones silvestres y domesticadas de abejas melíponas y escarabajos. | Cambio de uso de suelo sin conocimiento de su manejo |
| Apertura de carreteras y caminos | Desarrollo de actividades ilícitas, cacería o extracción de palmas, epífitas o semillas con alta demanda en zonas de desarrollo turístico. Impacto en planes de manejo y sustentabilidad de los bosques | Erosión del suelo |
| Políticas de desarrollo agropecuario encaminadas a fomentar la ganadería bovina en el sur y centro del estado. | Eliminación de la cobertura forestal. Por ejemplo, cultivo de la caña de azúcar en 30,000 mil hectáreas causa discontinuidad de vegetación | Erosión del suelo |
| Fragmentación excesiva del hábitat | Pérdida de hábitat y desaparición de especies como tapir, mono araña, mono aullado negro, mico de noche y jabalí de labios blancos | |
| Uso de agroquímico: plaguicidas y fertilizantes | Impacto sobre la microfauna e insectos benéficos para el ser humano y sobre anfibios que cumplen servicios a la población por su consumo de larvas. | Contaminación de cuerpos de agua y corrientes subterráneas |
| Impacto de huracanes | Impacto directo al arbolado y producción de biomasa altamente combustible que pudiera ocasionar incendios. Pérdida y/o alteración de hábitats críticos | |
| Pesca excesiva e introducción de otras especies como el pez león o la tilapia | Disminución drástica de grandes como el mero criollo y de especies nativas vulnerables | |
| Quema de potreros para 'el rebrote' de pastos | Incendios en zonas forestales | Incendios en áreas erosionadas cercanas que puede propiciar el crecimiento de especies invasivas como el helecho, que desplazan a especies nativas y ocasionan que, con el tiempo |

Tabla 2.14. Amenazas a la riqueza natural de Quintana Roo debidas al desarrollo agropecuario, forestal y pesquero

Fuente: Elaboración propia con información de Pozo, Armijo y Calmé, (2011).

Es así como el desarrollo del turismo, y las actividades económicas que conlleva, inició hace décadas propiciado por el gobierno federal y, desde entonces, lo promueve la iniciativa privada; grandes empresarios nacionales y extranjeros han invertido e invierten cuantiosos capitales en espacios turísticos y espacios complementarios a lo largo del litoral y, poco a poco, avanzan tierra adentro. Estos actores sociales han transgredido leyes y normas oficiales desde el último tercio del siglo XX, sin importar las sanciones administrativas a las que pudiesen ser acreedores, por incurrir en delitos federales que ameritasen multas e incluso años de encarcelamiento.

El desarrollo incontrolado de la infraestructura turística se refleja en el deterioro cada vez más significativo del espacio natural que afecta, en primera instancia la riqueza natural biótica y abiótica de la entidad. También influyen los habitantes de Quintana Roo y su población flotante, representada por trabajadores temporales y turistas nacionales y extranjeros.

A esto, podría sumarse el análisis y debate que enmarcan Campos et al. (2022) sobre del actual megaproyecto federal “Tren Maya” que contempla el sureste de México (Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Tabasco y Chiapas) mediante el desarrollo de aproximadamente 1500 km de camino ferroviario con tres modalidades: transporte de carga, pasajeros y turismo, el cual ha recibido críticas derivadas de los disímiles puntos de vista de los actores involucrados, en torno a los conflictos socio ambientales, ya que (mencionan los autores) para los residentes, el espacio tiene un valor residencial-patrimonial que no quieren que se vea contaminado o alterado, sin embargo, ¿por qué pese a este reconocimiento existe una grave problemática de deterioro ambiental?

Por un lado, se expresa el objetivo federal de incrementar la conectividad de la Península de Yucatán que, indican, fortalecerá la industria turística, pero también se busca (según el discurso oficial) impulsar el desarrollo socioeconómico de la región y las comunidades locales, fomentando la inclusión social y la creación de empleos.

Desde este ángulo, se muestra oportuna la consideración del proyecto de *Geoparques* que se ha defendido en estos dos capítulos, ya que, si este ordenamiento territorial busca propiciar nuevos sitios turísticos desde el respecto al medio ambiente y a las comunidades de los pueblos originarios conforme a la ley, así como el fomento de la inclusión social y la creación del empleo, un proyecto como los *geoparques* bien podría sumar a estos objetivos. A esto se suma la discusión sobre que el turismo se concentra en las áreas de zonas costeras cuando existen atractivos turísticos dispersos que no tienen la misma atención, incentivos, apoyos y programas sectoriales, y desde esta investigación al menos para Quintana Roo se presenta una opción.

Sin embargo, ¿Qué tanto este desarrollo integral realmente ha de beneficiar a las comunidades locales? Si también existe la renuente consideración de construir centros urbanos, hoteles, comercios, ampliación de la conectividad aérea nacional e internacional, carreteras, puentes, entre otros.

Los autores que analizan que, en México, dentro del discurso desarrollista aún no existe una verdadera planeación participativa, ya que:

[...] “se omite el desarrollo local de la comunidad receptora, generando problemas como la privatización de la tierra ejidal, los desplazamientos de comunidades indígenas en áreas estratégicas, la explotación de usos y costumbres de los pueblos indígenas, mercantilización de los recursos naturales, la destrucción del medio ambiente, la llegada de drogas y otros vicios a las zonas rurales antes aisladas” (Ávila, 2015 citado en Campos et al. 2022, p. 176).

Si bien, existen muchos retos y debates en torno a este megaproyecto, cabe identificar y argumentar que tanto la asignación de *Geoparque Mundial* en el territorio de Quintana Roo podría mediar las múltiples problemáticas generadas en torno al deterioro ambiental antes expuesto.

Al respecto, Rosenzweig y Álvarez (2021) dentro de su propio análisis y defensa sobre “La conservación del sistema de ríos subterráneos de la península de Yucatán” realizan una mención específica sobre que, una de las oportunidades para la conservación de estos ríos se encuentra en el reconocimiento de estos sistemas anquihalinos del Caribe mexicano a nivel internacional en función a su valor como capital natural, cultural y geológico.

Argumentan que dos tipos de proyectos que podrían darle ese carácter distintivo a los sistemas anquihalinos de Quintana Roo, son el de Patrimonio Mundial y/o Geoparque Mundial. Este ejemplo se considera oportuno debido a que se puede observar que la consideración de ciertos espacios del territorio quintanarroense con esta asignación. Esto con la finalidad de incentivar la debida conservación de dicho patrimonio, elevar su perfil y compartirlo con la población nacional e internacional.

Para cerrar este apartado se puede concluir que este desarrollo turístico en la costa de Quintana Roo ha utilizado los recursos naturales de la región, como la selva virgen, la fauna exótica, la arqueología maya, las playas blancas con aguas cristalinas y los cenotes con agua pura, como herramienta de promoción turística desde su inicio. Es por eso que, si estos recursos naturales son la principal materia prima para atraer al turismo y para proyectos como el de la costa norte de Quintana Roo, se debe buscar un equilibrio responsable entre su aprovechamiento y conservación. Según Rubio, Murad y Rovira (2010), a corto y mediano plazo, la contaminación y el consecuente deterioro ambiental afectarán a la economía familiar, que depende principalmente de la explotación turística de los cenotes y las cavernas. Por lo tanto, es esencial prestar atención a la conservación del medio ambiente para garantizar el sostenimiento de la economía local a largo plazo.

Si bien, es un hecho innegable que en algunas zonas del territorio quintanarroense la naturaleza está siendo modificada, principalmente a costa de las actividades vinculadas con el turismo, las medidas de conservación, restauración, mitigación, control y demás líneas de acción basadas en estrategias, que corresponden a distintos objetivos ya sea en los planes y/o programas municipales, estatales o federales centran su atención en la flora, la fauna, la atmósfera, el agua, y el suelo. Elementos que, sin duda, al

conjugar dan vida a diferentes organismos y seres vivos, concentrándose en los elementos BIO, pero dejan de lado a los elementos GEO (geología, geomorfología, hidrología) donde además de generar correlaciones dan vida a los elementos BIO.

Ningún documento oficial consultado en la investigación hace la anterior distinción. Por lo cual, el marco normativo protege -en ciertos casos- a los elementos BIO, pero no sucede lo mismo con los elementos GEO. Las repercusiones, pueden derivar en una mayor alteración o degradación del medio ambiente, ya que el GEO es la base donde se desarrollan los elementos BIO. Seguramente, una de las primordiales razones que forman parte de este problema, es el tratamiento que tradicionalmente se le ha dado a la protección del ambiente, donde pareciera ser encasillado en la Biología y Ecología, cuando existen otras disciplinas que también estudian los elementos que se vinculan con el ambiente, en ciencias de la Tierra, tales como Geografía y Geomorfología.

Es importante señalar que, en ningún momento, se está demeritando el trabajo hasta ahora realizado durante las últimas décadas en materia ambiental, pero, si se hace un llamado a las futuras generaciones para adentrarse en temas territoriales, tarea de coordinaciones, de profesores y de diversas universidades donde se imparten licenciaturas, maestrías y doctorados en Geografía y otras ciencias. De esa manera, en algún momento, se podrían proponer soluciones que se sume a los esfuerzos ya realizados, dando un mayor peso a los elementos GEO. De otra manera, difícilmente se incorporarán nuevas normas, leyes que se sumen a las estrategias de reducción del deterioro ambiental. Tarea difícil, sino se vinculan las visiones e intenciones de todos los actores.

En resumen, el desarrollo turístico de la costa de Quintana Roo ha utilizado los recursos naturales de la región como herramienta de promoción turística desde su inicio. Es esencial buscar un equilibrio responsable entre su aprovechamiento y conservación para garantizar el sostenimiento de la economía local a largo plazo. Sin embargo, en la protección del medio ambiente, se ha centrado principalmente en los elementos BIO, dejando de lado a los elementos GEO. La falta de atención en los elementos GEO puede derivar en una mayor alteración o degradación del medio ambiente, ya que son la base donde se desarrollan los elementos BIO. Por lo tanto, se hace un llamado a las futuras generaciones para que se adentren en temas territoriales y se sumen a los esfuerzos ya realizados, dando un mayor peso a los elementos GEO. Esto será crucial para incorporar nuevas normas y leyes que se sumen a las estrategias de reducción del deterioro ambiental, lo que requerirá la coordinación y colaboración de los actores políticos, sociales y empresariales.

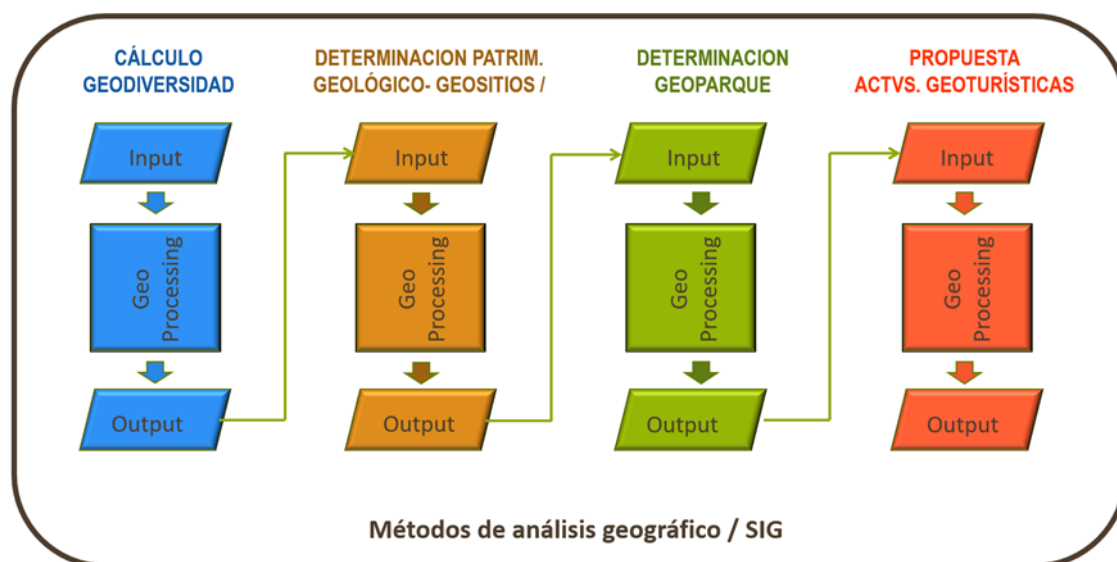
Capítulo 3. Geodiversidad de Quintana Roo. Primer paso para la conformación de Geoparques.

Se han expuesto ya los motivos y argumentos por los que se considera pertinente y necesario delimitar espacios específicos en el estado de Quintana Roo en función al proyecto de los *Geoparques Mundiales* primero, por el impacto positivo que éstos han generado en otros casos, como los de México en tanto que se impulsa el desarrollo socioeconómico de la población local y la mitigación del deterioro ambiental, y segundo, porque la riqueza natural y social de este territorio amerita dicha consideración en un proyecto internacional que considera primordial el patrimonio geológico.

Por ello, esta tercera parte se centrará en describir y desarrollar la metodología utilizada para delimitar los sitios potenciales que podrían conformar geoparques que se proponen para este territorio siguiendo las consideraciones que se revisaron en el capítulo 1 de acuerdo con Brilha (2016). Esto llevará a reconocer explícita y puntualmente, el patrimonio geológico con el que cuenta Quintana Roo en función a un inventario de los geositos y sitios de geodiversidad y de las representaciones cartográficas de: la propuesta de *geoparques* en Quintana Roo y de las actividades geoturísticas que se podrían realizar en estos espacios.

Con ello, se estarían cumpliendo algunas de las directrices operativas de los geoparques mundiales (mencionadas en el primer capítulo) como la de “conservar y realzar el valor de zonas de importancia geológica en la historia de la Tierra...” o la de evidenciar “la importancia geológica de la zona elegida [...] para coadyuvar el desarrollo económico sostenible en función a un turismo responsable”. También se avanzará en la primera condición que estipula la UNESCO para dicho nombramiento: “la existencia de patrimonio geológico con valor internacional” en función a esta propuesta cartográfica, y en cierta medida se contribuirá a la segunda condición que indica que debe existir “la implementación de estrategias de geoconservación, educación y divulgación” ya que esta investigación puede significar las bases para dicha solicitud.

Por otro lado, debe reiterarse que si bien, la continuación de esta línea de investigación aspira a que las propuestas de los geoparques en Quintana Roo derivadas de este trabajo se materialicen en un futuro, esta investigación se centra en los objetivos a corto plazo, por lo cual, en los siguientes capítulos se trabajará respectivamente en el cálculo de la geodiversidad, en función a una metodología específica, en la determinación del Patrimonio geológico y en la delimitación de sitios potenciales para establecer geoparques en Quintana Roo, lo cual se puede observar en el siguiente esquema (3.1).



Esquema 3.1. Metodología para la determinación de los límites de un geoparque mediante el análisis geográfico.

Fuente: Elaboración propia.

3.1 La geodiversidad ponderada, GdP, una propuesta conceptual

Para comenzar, se ha de señalar de Brilha (2016) que el primer paso para preparar un territorio y su conversión en un geoparque es la descripción general de su geodiversidad. Retomando las conceptualizaciones principales revisadas en el capítulo uno respecto a la geodiversidad, se ha de destacar que éste es un término relativamente joven, recordando que fue en función a la década de los años noventa que se definió por diversos especialistas en ciencias de la tierra, en especial geólogos, geomorfólogos, geógrafos, incluso, arqueólogos.

Retomando, durante la revisión anterior de dicho concepto se afirmó que para considerar la geodiversidad de un lugar es recomendable (de acuerdo con las definiciones de distintos autores como Sharples (1995), Eberhard (1997), Nieto (2001), Kozłowski (2004), Carcavilla et al. (2007) y Serrano (2009), Gray (2013 y 2019), Fernández et al. (2015) Chakravorty y Gray (2020), dos Santos et al. (2020) y Zakharovskiy y Németh (2021).

- Identificar la variedad y/o tipos de rocas, minerales, fósiles, paisajes y suelos.
- Distinguir los procesos constructores (tectonismo y vulcanismo) y modeladores del relieve (intemperismo y erosión).
- Realizar la interpretación de la historia geológica con base a la edad de las rocas y su estratigrafía.
- Establecer la relación e interacción entre los componentes.

Sin embargo, debido a su reciente desarrollo este concepto presenta al menos dos importantes desafíos. El primero es que actualmente no existe una definición de geodiversidad consensuada por los especialistas, situación contraria a lo que ocurre con el concepto de *biodiversidad*, que cuenta con una definición ampliamente aceptada por la comunidad científica, la cual fue definida en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, Brasil, organizada por la Organización de la Naciones Unidas (ONU) en 1992 (Carcavilla, 2008).

El segundo reto radica en que los métodos que actualmente existen para obtener la geodiversidad presentan distintas limitaciones, pues como lo señala Serrano: “los estudios de geodiversidad todavía son poco frecuentes, aún no disponen de un cuerpo teórico y metodológico suficientemente desarrollado y han sido aplicados principalmente a pequeña escala” (Serrano, 2014). Consecuentemente, hasta ahora la mayoría de las definiciones de geodiversidad conocidas no ofrecen un método de evaluación acorde a su conceptualización, por lo que surge la necesidad de buscar alternativas que permitan suprimir estas carencias de conocimiento en la materia.

Por lo anterior, en esta tesis doctoral se propone la siguiente definición retomando los diferentes conceptos de geodiversidad existentes: “*La geodiversidad es una característica de la superficie terrestre que se manifiesta a través de la integración de distintos componentes y elementos físicos, tales como rocas, minerales, fósiles, elementos hidrográficos, geoformas y paisajes, interrelacionados de manera dinámica entre sí a partir de la influencia de los procesos endógenos constructores y exógenos modeladores del relieve, los cuales coexisten y evolucionan en un lugar y a una escala de tiempo geológico determinados*”. (Domínguez et al., 2023).

Considerando esta definición y con la finalidad de avanzar en la clasificación de la geodiversidad de QR se diseñó un método denominado Geodiversidad Ponderada (GdP), que toma algunos procedimientos del método Proceso Analítico Jerárquico (AHP) del profesor Thomas L. Saaty (1977, 1980), así como algunas herramientas del análisis geográfico. El nombre del método incluye la palabra “ponderada”, derivada del verbo ponderar que significa “determinar el peso de algo” (RAE, 2021). Lo anterior debido a que en este trabajo se sostiene que no todos los elementos o componentes en la naturaleza se manifiestan y se desarrollan con el mismo peso o intensidad, independientemente de su extensión espacial.

Por lo tanto, los objetivos generales de este capítulo son redefinir el concepto de geodiversidad, diseñar un método para calcular la geodiversidad que responda directamente al concepto redefinido, aplicar el método en el caso de estudio de QR y representar los resultados clasificados en un mapa (Domínguez et al., 2023)

3.2. Metodología para la obtención de la Geodiversidad Ponderada de la zona de estudio

La primera parte de la propuesta metodológica consiste en retomar los primeros elementos del método AHP para la toma de decisiones, ordenar estas partes o variables en un orden jerárquico, asignar valores numéricos a juicios o pensamientos subjetivos sobre la importancia relativa de cada variable, y sintetizar los juicios para determinar qué variables tienen mayor prioridad y cómo debe actuarse sobre ellas para influir sobre el resultado de la situación” (Saaty, 2014).

La segunda parte del método GdP se sustenta en el uso de algunas herramientas de análisis geográfico empleando el sistema de información geográfico ArcGIS 10.1 (georreferencing, point density, line density, buffer, union, clasificación de datos por el método natural breaks), las cuales se explicarán en la siguiente sección. Se definieron las siguientes fases para aplicar la estrategia metodológica GdP y obtener la geodiversidad de QR:

- Fase I: Selección de los criterios (componentes) de la geodiversidad
- Fase II: Diseño de la estructura jerárquica de los criterios (componentes) con base en el AHP
- Fase III: Evaluación de los criterios (componentes) obtención de prioridades y consistencia del modelo
- Fase IV: Aplicación de métodos de análisis geográfico a la información cartográfica

A continuación, se describen las fases mencionadas para obtener la geodiversidad ponderada de QR:

Fase I: Selección de los componentes de la geodiversidad

Esta fase equivale a considerar “descomponer una situación no estructurada y compleja en sus partes” del método AHP, procedimiento que consiste en identificar los componentes de la geodiversidad de la zona de estudio. Con base en el análisis de los elementos que conforman la primera parte de la definición de geodiversidad propuesta en esta investigación: “rocas, minerales, fósiles, topoformas y paisajes”, se identificaron los componentes principales de QR que son la geología, la geomorfología y la hidrología, a excepción de minerales y fósiles ausentes en la zona de estudio. En la Tabla 3.1 se presenta la estructura completa de la geodiversidad, obtenida en función a la recopilación de información bibliográfica y cartográfica a escala 1:250,000 y desarrollada en el capítulo dos.

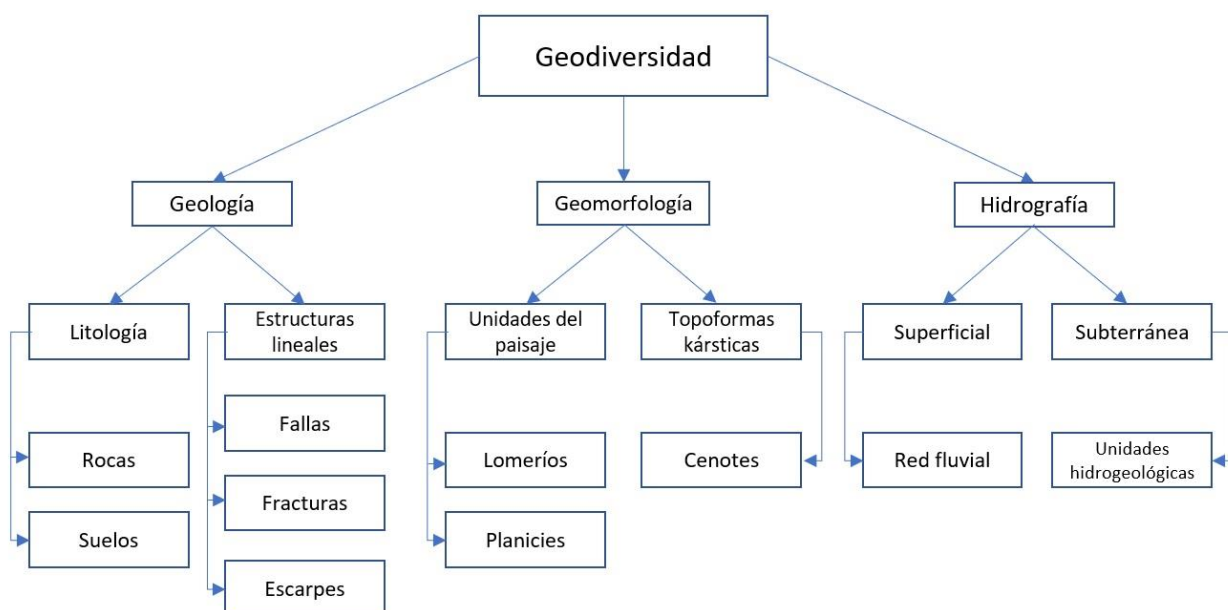
Fase II: Diseño estructural jerárquico de los criterios con base en el AHP

El siguiente paso es “ordenar estas partes o variables en un orden jerárquico (AHP)”. Como se observa en la parte superior del Esquema 5 el propósito de calcular la geodiversidad de QR se halla en el nivel más elevado y los criterios y subcriterios, en este caso, los componentes y subcomponentes de la geodiversidad

en el siguiente nivel. Esta tarea se llevó a cabo analizando las particularidades de todos los elementos de la Tabla 3.1. En el Esquema 3.2 se presenta el diagrama correspondiente.

| Componentes | Subcomponentes | Elementos | Fuente cartográfica |
|---------------|----------------------|---|---|
| Geología | Litología y suelos | Rocas principalmente calizas y suelos litorales, palustres, lacustres y aluviales | Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2005). Carta Geológico-Minera [Mapa]. 1:250,000, claves: F16-8 Cancún, F16-10 Mérida, F16-11 Cozumel, E16-1 Felipe Carrillo Puerto, E16-2-5 Bahía Ascensión. México: Servicio Geológico Mexicano. |
| | Estructuras lineales | Área de influencia de fallas, fracturas y escarpes | Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2005). Carta Geológico-Minera [Mapa]. 1:250,000, clave: E16-4-7 Chetumal. México: Servicio Geológico Mexicano. |
| Geomorfología | Unidades paisaje | Planicies y lomeríos | Bautista, F., Batllori-Sampedro, E., Palacio, G., Ortíz-Pérez, M., y Castillo-González, M. (2005). Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán. En F. Bautista y G. Palacio (Eds.), Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales (pp. 33-58). Campeche, Yucatán y CDMX, México: Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán e Instituto Nacional de Ecología. |
| | Formas kársticas | Densidad de cenotes | Asociación Civil "Amigos de Sian Ka'an" (2015). Base de datos puntuales digitales correspondientes a la ubicación de cenotes, formato de ArcGIS shapefile. Cancún, Quintana Roo, México. Recuperado de http://3.129.193.251/ |
| Hidrografía | Superficial | Densidad de red fluvial | Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). Red Hidrográfica del Estado de Quintana Roo [formato shapefile ArcGIS]. 1:250,000, claves: F16-8 Cancún, F16-10 Mérida, F16-11 Cozumel, E16-1 Felipe Carrillo Puerto, E16-2-5 Bahía Ascensión, E16-4-7 Chetumal. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. |
| | Subterránea | Unidades geohidrológicas | Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Carta de Aguas Subterráneas del Estado de Quintana Roo [Mapa]. 1:250,000, claves: F16-8 Cancún, F16-10 Mérida, F16-11 Cozumel, E16-1 Felipe Carrillo Puerto, E16-2-5 Bahía Ascensión, E16-4-7 Chetumal. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. |

Tabla 3.1. Componentes y subcomponentes de la geodiversidad e información cartográfica recopilada.
Fuente: Elaboración propia.



Esquema 3.2. Estructura jerárquica de componentes y subcomponentes de la geodiversidad de Q.
Fuente: Elaboración propia con base en Saaty (2014)

Fase III: Evaluación de los criterios (componentes), obtención de prioridades y consistencia del modelo

Ya estructurado el modelo jerárquico (Esquema 5), se procedió a realizar tres tareas: a) evaluar el peso de cada componente y subcomponente, b) obtener su ranking global, es decir, clasificar los componentes en orden de importancia y c) evaluar la consistencia del modelo.

Tarea 1. Evaluar el peso de cada componente

Para alcanzar este objetivo se utilizó “la escala fundamental para comparaciones por pares” de Saaty (2014) (Tabla 3.2), que permite obtener las prioridades de cada par de elementos evaluados mediante la asignación de valores numéricos partiendo de comparaciones subjetivas. Es preciso señalar que los valores numéricos obtenidos con este análisis resultan en los pesos o ponderaciones de cada comparación. La esencia de la metodología es el empleo de una escala de comparación pareada, apoyado en el fundamento de que el cerebro humano puede comparar con facilidad dos criterios entre sí, pero le resulta más complejo realizar comparaciones múltiples en un solo paso.

| Escala | Definición | Explicación |
|---------------|--|---|
| 1 | Igualmente, preferible | Los dos criterios contribuyen igual al objetivo |
| 2 | Entre igual y moderadamente preferible | Intermedio entre 1 y 3 |
| 3 | Moderadamente preferible | La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro |
| 4 | Entre moderada y fuertemente preferible | Intermedio entre 3 y 5 |
| 5 | Fuertemente preferible | La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro |
| 6 | Entre fuerte y muy fuertemente preferible | Intermedio entre 5 y 7 |
| 7 | Muy fuertemente preferible | Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro |
| 8 | Entre muy fuerte y extremadamente preferible | Intermedio entre 7 y 9 |
| 9 | Extremadamente preferible | La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro |

Tabla 3.2. Escala fundamental para comparaciones por pares.

Fuente: Elaboración propia con base en Saaty (1985).

Tarea 2. Evaluar el peso de cada componente

A continuación, se muestra el procedimiento para calcular la matriz de contraste pareada descrito en Saaty y Kearns (1985), Saaty y Vargas (1994) y Saaty (1996), para la obtención de prioridades o pesos relativos entre los elementos de todo el modelo jerárquico.

Para obtener los pesos relativos de los elementos en un problema de comparación, primero debe hacerse la comparación por pares en función de un componente dado. Para ello es necesario construir la matriz de comparación por pares (Figura 3.1).

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 3.1. Matriz para comparación por pares.

Fuente: Elaboración propia.

La declaración de evaluación tiene que demostrar la correspondencia adecuada entre los componentes de un nivel con la propiedad del nivel superior inmediato (Saaty, 2014). En este caso se estableció la pregunta: *¿Qué componente entre la Geología, Geomorfología e Hidrología aporta mayor geodiversidad a QR?* En la Tabla 3.3 se muestran los resultados de las comparaciones por pares entre los componentes considerados en el ejemplo.

| 1. ¿Qué componente aporta mayor geodiversidad a QRoo? | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------|
| Geología | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Geomorfología |
| Geología | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Hidrología |
| Geomorfología | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Hidrología |

Tabla 3.3. Matriz de comparación y enunciado para establecer prioridades de los componentes.

Fuente: Elaboración propia.

Las comparaciones para esta matriz (3 x 3) fueron seis; tres directas y tres indirectas. En la diagonal principal de la matriz de comparación (Tabla 3.4), es donde coinciden los valores de cada componente consigo mismos, en consecuencia, al comparar entre sí estos valores, resulta el valor 1. Los valores directos (valores arriba de la diagonal principal), correspondieron a aquellos elegidos para cada comparación en función de la Escala de Saaty (Tabla 19) y los valores indirectos (aquellos debajo de la diagonal principal) resultaron de aplicar el valor recíproco de la comparación opuesta (Tabla 20), de la forma en que se representa en la Figura 1.

| | Geol | Geom | Hidro |
|-------|------|------|-------|
| Geol | 1.0 | 2.0 | 3.0 |
| Geom | 1/2 | 1.0 | 3.0 |
| Hidro | 1/3 | 1/3 | 1.0 |

Tabla 3.4. Valores de la matriz de comparación.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se normalizaron los valores de las comparaciones pareadas para cada componente y se generó la matriz normalizada (Tabla 3.5). Enseguida se calculó el vector promedio (peso relativo) de los valores normalizados de cada componente (filas). Estos valores van a servir para calcular la razón de consistencia de todo el análisis. El peso relativo de cada componente es el vector promedio resultante, derivado del producto de los valores normalizados de cada componente expresados en las filas. En el caso de esta primera comparación pareada, y respuesta a la pregunta *¿Qué componente aporta mayor*

geodiversidad a QRoo? Como se puede observar en la tabla 21, el resultado del procedimiento en orden de importancia fue; en primer lugar, la Geología (0.5246), en segundo lugar, la Geomorfología (0.3337) y en tercer lugar la Hidrología (0.1415).

| | Geol | Geom | Hidro | Matriz normalizada | | | Vector promedio (peso) |
|----------|------|------|-------|--------------------|-----|-----|------------------------|
| Geol | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5246 |
| Geom | 0.5 | 1.0 | 3.0 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3337 |
| Hidro | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1415 |
| Σ | 1.8 | 3.3 | 7.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0000 |

Tabla 3.5. Matrices de comparación por pares, de normalización y vector del peso relativo de cada componente.

Fuente: Elaboración propia.

Tarea 3. Evaluar la consistencia del modelo

Hasta este punto, vale la pena preguntarse qué tan válidos son los juicios de expertos al evaluar los elementos del modelo jerárquico. Para responder este cuestionamiento, es necesario calcular la Razón de Consistencia (RC). Para obtener este valor se siguió el siguiente procedimiento. El método de comprobación del AHP se aplica a partir de calcular la razón de consistencia (RC), relación matemática que sirve para evaluar la congruencia de todos los juicios a partir de la matriz de comparaciones.

Este cálculo (Fórmula 3) requiere de obtener previamente el Índice de consistencia (IC) y el índice de consistencia aleatorio (IA) (Fórmulas 1 y 2). El autor del método AHP, Thomas Saaty, sugiere que la inconsistencia sea calculada a través del valor Índice de Consistencia (IC), en donde N_{max} es el máximo autovalor entendido como el promedio de la división de los resultados de la multiplicación de matrices de prioridad de la matriz de comparación por los valores del vector promedio de cada componente, y n es el orden de la matriz de decisión (Yepes, 2022).

$$IC = \frac{N_{max}-n}{n-1} \quad \text{Fórmula 3.1}$$

Donde:

IC = Índice de Consistencia

N_{max} = máximo autovalor

n = orden de la matriz de decisión o número de criterios

$$IA = \frac{1.98(n-2)}{n} \quad \text{Fórmula 3.2}$$

Donde:

IA = Índice de Consistencia Aleatoria

n = orden de la matriz de decisión o número de criterios

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Fórmula 3.3

Donde:

RC = Razón de Consistencia

IC = Índice de Consistencia

IA = Índice de Consistencia Aleatoria

El valor ideal que se busca obtener con el cálculo del IC es cero, que equivaldría a que el análisis tenga una consistencia completamente coherente; sin embargo, este índice depende del orden de la matriz (n), por lo que en el método AHP se propone el uso de la función Razón de Consistencia (RC), que se obtiene de la división de IC entre su valor esperado Índice de Consistencia Aleatorio (IA), que indica la consistencia de una matriz aleatoria. Éste último índice se obtiene de aplicar el valor 1.98 por el orden de la matriz menos dos, dividido nuevamente en el orden de la matriz de decisión. Por tanto, la matriz es consistente siempre y cuando RC no supere los valores indicados en las tablas 3.6 y 3.7. Si en una matriz se supera el RC máximo, hay que revisar las ponderaciones previamente aplicadas.

| | | | | | | | | | |
|---------------------|---|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Tamaño de la matriz | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Índice aleatorio | 0 | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Tabla 3.6. Índice aleatorio RI

Fuente: Elaboración propia.

| | |
|-------------------------|-----------------------|
| Tamaño de la matriz (n) | Ratio de consistencia |
| 3 | 5% |
| 4 | 9% |
| 5 o mayor | 10% |

Tabla 3.7. Porcentajes máximos de la relación de consistencia CR.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.8 se presenta el análisis de consistencia de los componentes Geología, Geomorfología e Hidrología. En esta relación matemática la RC se encuentra por debajo de los límites permitidos (0.041), por lo tanto, el resultado del análisis de la matriz de decisión es válido.

| Análisis de consistencia | | | | | | |
|--------------------------|----------|---------------|------------|--------|-----------|----------|
| COMPONENTE | Geología | Geomorfología | Hidrología | Peso | Mmult (A) | A / Peso |
| Geología | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 0.5247 | 1.6 | 3.0817 |
| Geomorfología | 0.5 | 1.0 | 3.0 | 0.3338 | 1.0 | 3.0584 |
| Hidrología | 0.3 | 0.3 | 1.0 | 0.1416 | 0.4 | 3.0214 |
| | | | | | Nmax = | 3.1 |

Donde:

n = número de criterios

n = 3

Índice de consistencia = $N_{max} - n / n - 1$

IC = 0.03

Índice de aleatoriedad = $1.98 (n-2) / n$

IA = 0.66

Razón de consistencia = IC / IA

RC = 0.041

Tabla 3.8. Análisis de Consistencia.

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener los resultados en el total de las entidades que se incluyeron en la estructura jerárquica, se elaboraron 15 matrices de comparación. Los resultados se incluyen en el Anexo 4. Como resumen, en la Tabla 3.9 presenta la lista completa (ranking global) de las 36 entidades de la geodiversidad de QR que se evaluaron mediante este método. La evaluación de los elementos, subcomponentes y elementos analizados derivó en la ponderación de cada una de las 36 entidades consideradas en función a los 6 mapas analizados (dos por cada componente). En la columna Peso F aparecen los resultados finales de las comparaciones de todas las matrices.

| Objetivo | Peso (w) | Componente | Peso (w) | Subcomponente | Peso (w) | Atributo | Peso (w) | Entidad | PESO FINAL | | | | |
|---------------------|----------|--|----------|---------------------------------|----------|--|----------|-------------------------------|------------|----------------------------|--------|---------------------------------------|--------|
| GEODIVERSIDAD (GdP) | 1.000 | GEOLOGIA (procesos endógenos) | 0.5247 | Litología / Cronoestratigrafía | 0.7500 | Suelo (susceptibilidad a la erosión) | 0.2000 | Qholi | 0.0064 | | | | |
| | | | | | | | | Qhopa | 0.0064 | | | | |
| | | | | | | | | Qhola | 0.0247 | | | | |
| | | | | | | | | Qhoal | 0.0412 | | | | |
| | | | | | | Roca (edad) | 0.8000 | Qpt(?)Ar | 0.0078 | | | | |
| | | | | | | | | QptAr-Cz | 0.0126 | | | | |
| | | | | | | | | TmCz-Do | 0.0315 | | | | |
| | | | | | | | | TmCz | 0.0202 | | | | |
| | | | | | | | | TmplCz-Cq | 0.0485 | | | | |
| | | | | | | | | TeCz-Mg | 0.0747 | | | | |
| | | Estructuras lineales | 0.2500 | Área de influencia | 1.0000 | TpaCz-Y | 0.1195 | | | | | | |
| | | | | | | Fractura | 0.0139 | | | | | | |
| | | GEOMORFOLOGIA (procesos exógenos) | 0.3338 | Unidades del paisaje | 0.8333 | Madurez-Tardía de relictos | 0.6491 | Escarpe | 1.0000 | Falla | 0.0831 | | |
| | | | | | | | | | | Juventud-Madurez | 0.2790 | POLJES | 0.0516 |
| | | | | | | LOMERIOS | 0.1033 | | | | | | |
| | | | | | | PRACE | 0.0251 | | | | | | |
| | | | | | | PEBF | 0.0051 | | | | | | |
| | | | | | | PEOTrans | 0.0130 | | | | | | |
| | | | | | | PEOEsc | 0.0459 | | | | | | |
| | | | | | | Reciente-Juventud | 0.0719 | PEBDen | 0.0018 | | | | |
| | | | | | | | | PETENES | 0.0029 | | | | |
| | | | | | | | | PPCOSInu | 0.0045 | | | | |
| | | | | | | | | PPCost | 0.0091 | | | | |
| | | | | | | | | PEODisDen | 0.0158 | | | | |
| | | | | | | | | Geoformas kársticas (dolinas) | 0.1667 | Densidad de dolinas | 1.000 | Baja (0.07-0.26 cen/km ²) | 0.0046 |
| | | | | | | Media (0.26-0.68 cen/km ²) | 0.0107 | | | | | | |
| | | | | | | Alta (0.68-1.42 cen/km ²) | 0.0402 | | | | | | |
| | | | | | | HIDROGRAFIA (procesos exógenos) | 0.1416 | Superficial (red fluvial) | 0.2500 | Densidad de la red fluvial | 1.000 | Baja (0.005-0.23 km/km ²) | 0.0029 |
| | | | | | | | | | | | | Media (0.23-0.54 km/km ²) | 0.0068 |
| | | | | | | | | | | | | Alta (0.54-1.31 km/km ²) | 0.0256 |
| | | Subterránea (unidades hidrogeológicas) | 0.7500 | Capacidad de extracción de agua | 1.000 | | | Muy baja | 0.0037 | | | | |
| | | | | | | | | Baja | 0.0072 | | | | |
| | | | | | | | | Media | 0.0143 | | | | |
| | | | | | | | | Alta | 0.0276 | | | | |
| | | Muy alta | 0.0533 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 1.0000 | | |

Tabla 3.9. Valores ponderados resultantes de la comparación pareada (ranking global)

Fuente: Elaboración propia.

Fase IV: Aplicación de métodos de análisis geográfico a la información cartográfica

Finalmente, ya obtenidos los pesos relativos de los elementos jerarquizados de la geodiversidad, se aplicaron diferentes funciones de análisis geográfico a las diferentes capas de información correspondiente. La Tabla 3.10 muestra la organización de los datos en función del tipo de representación geométrica en el SIG seleccionado en conjunto con las funciones aplicadas para poder agregar a los mapas digitales los pesos obtenidos (Tabla 3.9) y así aplicar la suma de los valores (pesos) de los distintos componentes y subcomponentes para generar el mapa final.

3.3 Resultados: Clasificación de la geodiversidad de Quintana Roo.

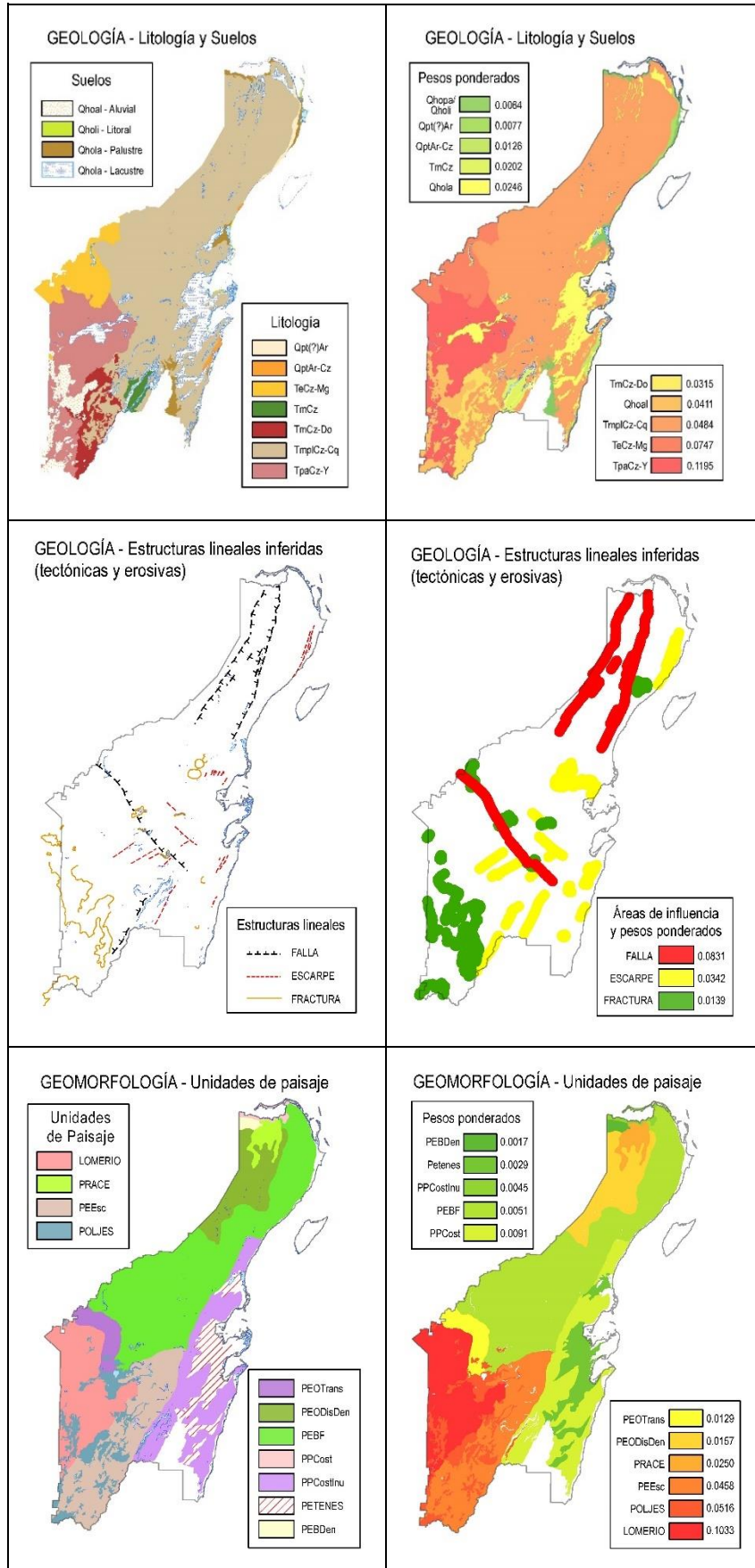
Los resultados se dividieron en dos grupos: parciales y finales. En la parte superior de la Figura 3.2 se muestran los seis mapas originales incluidos en la Tabla 3.9 (columna Subcomponente); mientras que, en parte inferior, se presentan los resultados parciales que consisten en seis mapas clasificados después de aplicarles las funciones del SIG (Tabla 3.10) y de agregar el atributo Peso a partir de los valores calculados con el método AHP.

| Geometría original | Componentes | Sub-componentes | Atributos | Entidades | Funciones SIG aplicadas | Geometría resultante |
|--------------------|---------------|----------------------|--|---|---|----------------------|
| Polígonos | Geología | Litología y suelos | Rocas calizas y suelos | Qholi, Qhopa, Qhola, Qhoal, Qpt(?)Ar, QptAr-Cz, TmCz-Do, TmCz, TmplCz-Cq, TeCz-Mg, TpaCz-Y | Se capturaron los polígonos de los mapas. Se agregaron los atributos del mapa a los polígonos capturados. Se agregó el atributo Peso calculado con el método AHP. | Polígonos |
| | Geomorfología | Unidades de paisaje | Planicies y lomeríos | POLJES, PRACE, LOMERIOS, PEBF, PEOTrans, PEOEsc, PEBDen, PETENES, PPCOSInu, PPCost, PEODisDen | | |
| | Hidrografía | Subterránea | Unidades geohidrológicas | Extracción de agua muy baja, baja, media, alta y muy alta | | |
| Puntos | Geomorfología | Formas kársticas | Densidad de cenotes | Densidad baja, media y alta | Se aplicó la función POINT DENSITY a los puntos para generar un raster de valores continuos de densidad; el resultado se segmentó en tres clases (alta, media y baja) con NATURAL BREAKS y se convirtió a polígonos. A cada clase se agregó el atributo Peso calculado con el método AHP. | Polígonos |
| Líneas | Geología | Estructuras lineales | Área de influencia de fallas, fracturas y escarpes | | Se aplicó la función BUFFER a las líneas para generar un raster valores de continuos de área de influencia; el resultado se segmentó en tres clases | Polígonos |

| | | | | | | |
|--|-------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|--|--|
| | | | | | (alta, media y baja) con NATURAL BREAKS y se convirtió a polígonos. A cada clase se agregó el atributo Peso calculado con el método AHP. | |
| | Hidrografía | Superficial | Densidad de red fluvial | Densidad baja, media y alta | Se aplicó la función LINE DENSITY a las líneas para generar un raster de valores continuos de densidad; el resultado se segmentó en tres clases (alta, media y baja) con NATURAL BREAKS y se convirtió a polígonos. A cada clase se agregó el atributo Peso calculado con el método AHP. | |

Tabla 3.10. Funciones de SIG aplicadas.

Fuente: Elaboración propia.



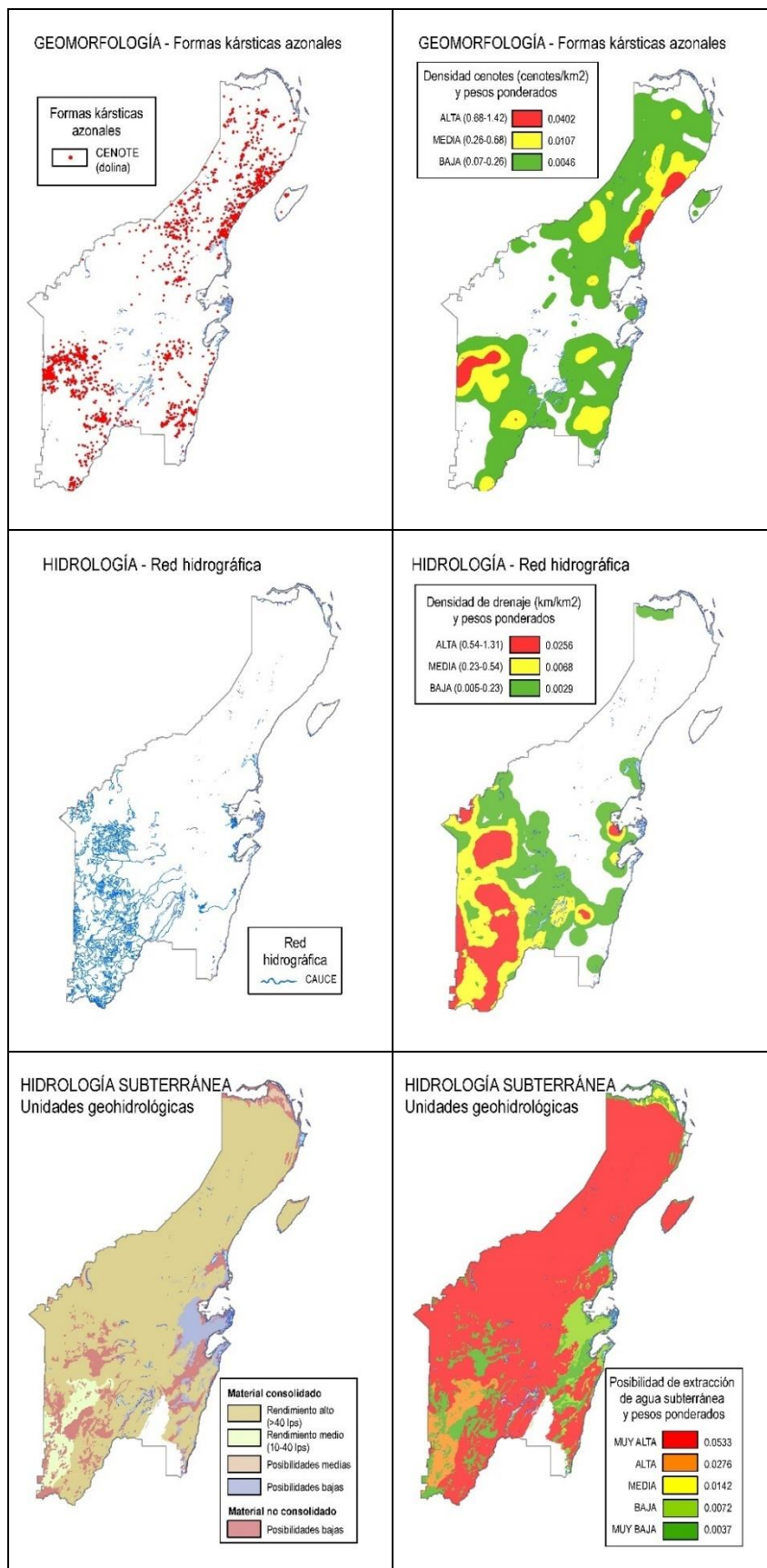


Figura 3.2. Mapas originales (primera columna) y mapas resultantes (segunda columna).
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los resultados finales consisten en un mapa final y su tabla de datos de clasificación. Para obtener el mapa final se aplicó la función de análisis geográfico “Union” (ESRI, 2005c) en el SIG, operación que calcula la intersección geométrica de la sobreposición de los polígonos de los mapas digitales y que mantiene en el mapa de salida toda la información de atributos de los mapas de entrada (primeros mapas de la Figura 3.2).

En cuanto a los resultados finales consisten en un mapa final y su tabla de datos de clasificación. Para obtener el mapa final se aplicó la función de análisis geográfico “Union” (ESRI, 2005c) en el SIG, operación que calcula la intersección geométrica de la sobreposición de los polígonos de los mapas digitales y que mantiene en el mapa de salida toda la información de atributos de los mapas de entrada (primeros mapas de la Figura 3.2).

En la parte izquierda de la Figura 3.3, aparece el mapa resultante de la sobreposición de los 6 mapas clasificados. Esta operación geográfica fue crucial para obtener el mapa final de geodiversidad, ya que permitió sobreponer las diferentes capas de información cartográfica y calcular la “suma total” de los pesos relativos de los elementos en el atributo WGd que se localizan o sobreponen en un mismo espacio geográfico. Posteriormente, se aplicó al atributo WGd el método de clasificación de datos conocido como “Natural Breaks” (ESRI, 2005a), en el que las clases se agrupan en conjuntos naturales a partir del análisis del histograma de frecuencias de la variable de interés. En esta operación se identificaron los puntos de ruptura en el histograma de los valores del atributo, seleccionando los saltos que mejor se agruparon los valores similares y que maximizaron las diferencias entre las clases.

Finalmente, los polígonos resultantes (primer mapa de la Figura 3.3) se dividieron en cinco clases: Muy alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja, las que muestran la distribución de la geodiversidad de QR, como puede apreciarse en el segundo mapa de esa misma figura.

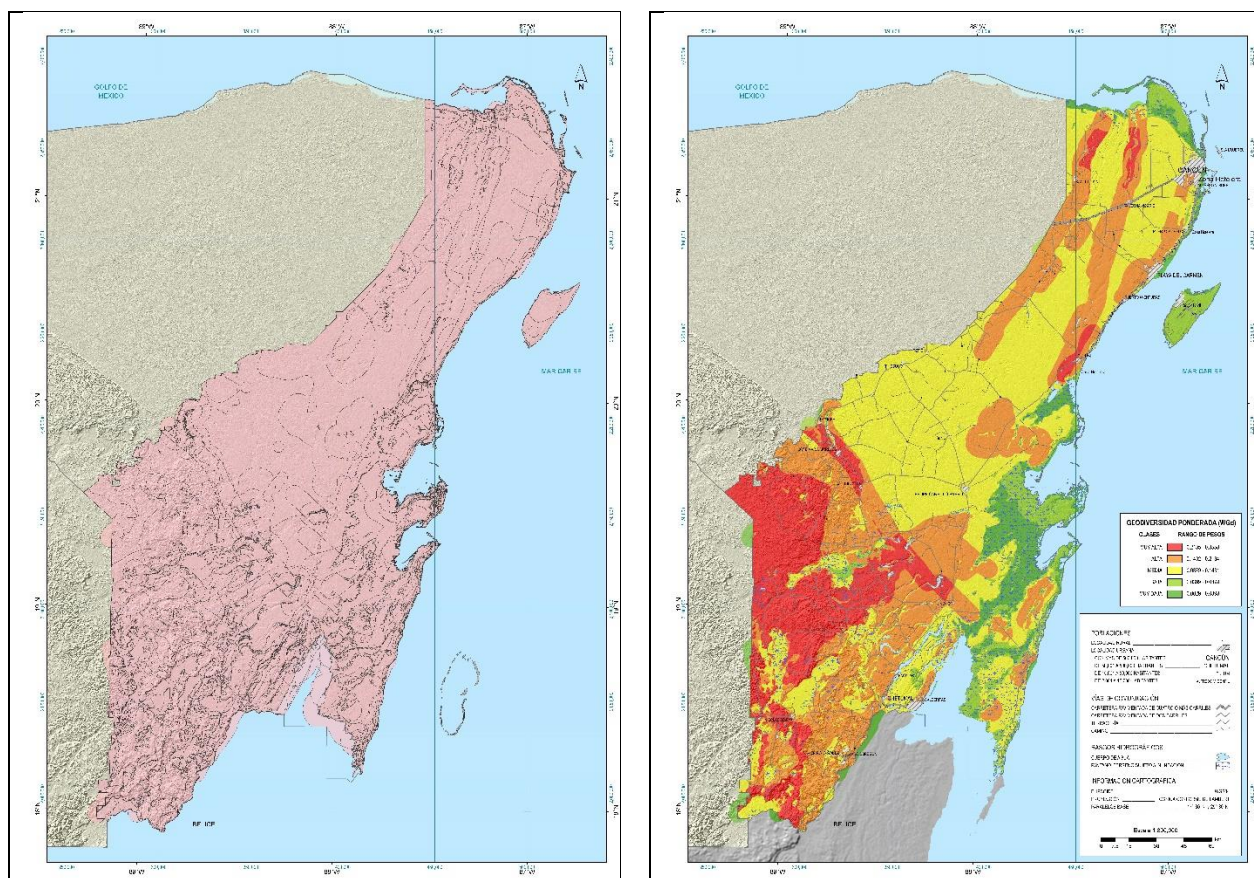


Figura 3.3. Resultado de la integración de mapas clasificados (sin clasificar y clasificado)

Fuente: Elaboración propia.

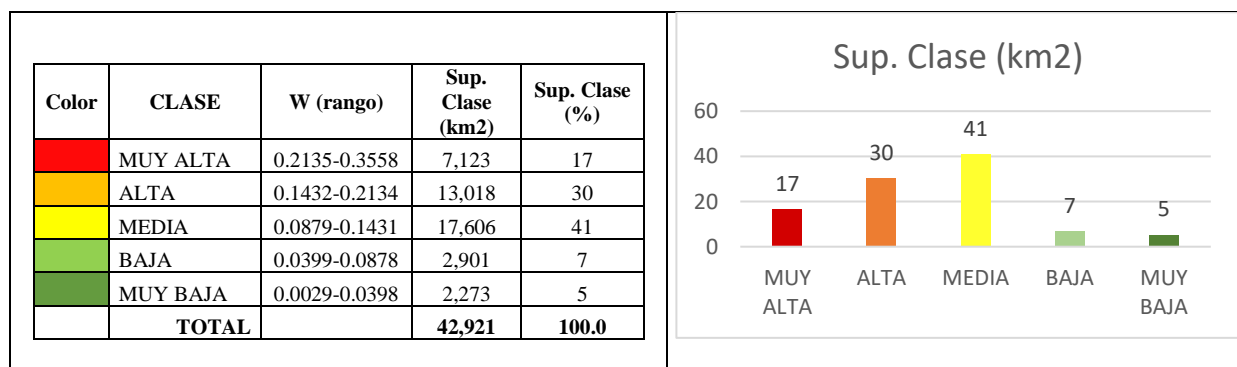


Figura 3.4. Leyenda del mapa 2 de la Fig. 3.3. Resultados de la clasificación de la Geodiversidad Ponderada de Quintana Roo. Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de las fases I, II y III de la metodología GdP permitió obtener el ranking global de los 36 elementos que, a nivel individual, constituyen la geodiversidad de QR a partir de reconocer las entidades y el PesoFinal (w) de estos elementos (Tabla 3.9). Para conocer gradualmente (en un rango de mayor a menor) la distribución espacial que tienen estos componentes, en la fase IV de la metodología antes referida, se agruparon las 5 clases antes referidas. A continuación, se describen las características generales de estas clases que permiten identificar la geodiversidad en el territorio de QR. Estas describen: su ubicación en el

estado de QR, el porcentaje de superficie que ocupan, y los componentes más representativos por clase. El mapa 3.1 es el resultado final de esta etapa de la investigación. A continuación, se describe las características más importantes de cada una de las clases en las que se segmentó la información:

MUY ALTA. Se ubica al SW de QR, ocupando 16.6% de la superficie del estado. Los principales tipos de rocas (que abarcan 71.2% de superficie de esta categoría) son las calizas y yesos del Paleoceno (TpaCz-Y), las cuales son las más antiguas. Las estructuras tectónicas representativas (con expansión de 36.2% de superficie) son las fallas inferidas, que favorecen el desarrollo de dolinas. En cuanto a las unidades del paisaje (68.5% de superficie) se encuentran los lomeríos de elevaciones bajas (< a 200 msnm) y planicies interiores en etapa de madurez. La densidad de cenotes (21.2% de superficie) es alta, resultado de una activa erosión kárstica intensa. Así mismo, existe una alta densidad de red fluvial (34.1% de superficie), debido a una mayor densidad de la red superficial combinada con los suelos más antiguos y las altitudes topográficas mayores, en comparación al resto del estado. Por último, tiene una muy alta capacidad de extracción de agua de las unidades geohidrológicas (78.3% de superficie), debidos al tipo de material subyacente.

ALTA. Se ubica al SW y en algunas porciones N de QR, ocupando 30.3% de la superficie del estado. Los principales tipos de rocas (que abarcan 8.3% de superficie de esta categoría) también son las calizas y yesos del Paleoceno (TpaCz-Y). Las estructuras tectónicas representativas (con expansión de 43.5% de superficie) son las fallas inferidas, que favorecen el desarrollo de dolinas. En cuanto a las unidades del paisaje (3.1% de superficie) se encuentran los lomeríos. La densidad de cenotes (5.1 de superficie) es alta. Así mismo, existe una alta densidad de red fluvial (28.6% de superficie). Por último, tiene una muy alta capacidad de extracción de agua de las unidades geohidrológicas (88.8% de superficie).

MEDIA. Se ubica al centro y norte de QR, ocupando 41% de la superficie del estado. Los principales tipos de rocas (que abarcan 0.4% de superficie de esta categoría) también son las calizas y yesos del Paleoceno (TpaCz-Y). Las estructuras tectónicas representativas (con expansión de 5.4% de superficie) son las fallas inferidas, que favorecen el desarrollo de dolinas. En cuanto a las unidades del paisaje (0.1% de superficie) se encuentran los lomeríos. La densidad de cenotes (0.6% de superficie) es alta. Así mismo, existe una alta densidad de red fluvial (13.3% de superficie). Por último, tiene una muy alta capacidad de extracción de agua de las unidades geohidrológicas (86.4% de superficie).

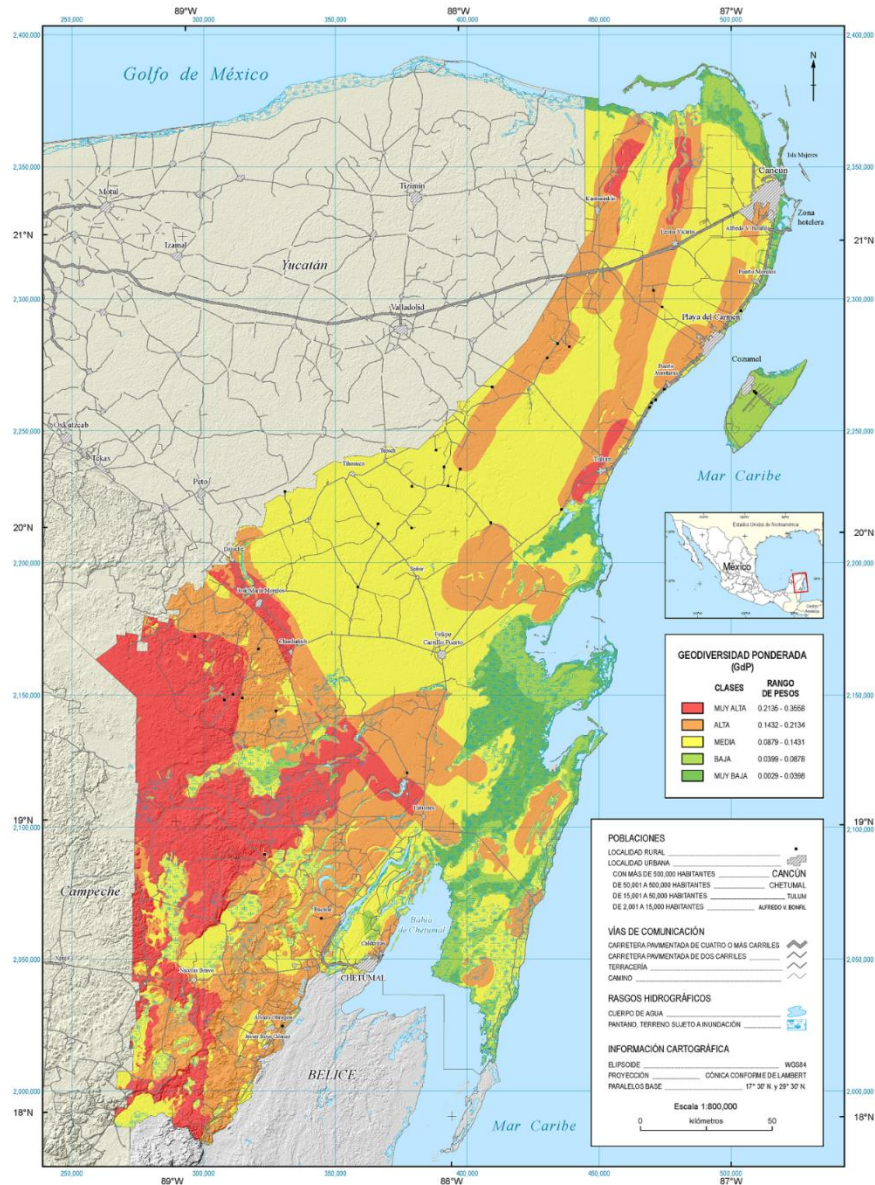
BAJA. Se ubica en algunas porciones N y E de QR, ocupando 6.8% de la superficie del estado. Los principales tipos de rocas (que abarcan 0.1% de superficie de esta categoría) son las calizas y margas del Terciario Eoceno (TeCz-Mg). Las estructuras tectónicas representativas (con expansión de 21.1% de superficie) son las fallas inferidas, que favorecen el desarrollo de dolinas. En cuanto a las unidades del paisaje (5.9% de superficie) se encuentran los poljes. La densidad de cenotes (1.8% de superficie) es alta.

Así mismo, existe una alta densidad de red fluvial (8.2% de superficie). Por último, tiene una muy alta capacidad de extracción de agua de las unidades geohidrológicas (28.8% de superficie).

MUY BAJA. Se ubica en algunas porciones N y E de QR, ocupando 5.3% de la superficie del estado. Los principales tipos de rocas (que abarcan 0.1% de superficie de esta categoría) son las calizas y dolomías del Terciario Mioceno (TmCz-Do). Las estructuras tectónicas representativas (con expansión de 48.6% de superficie) son los escarpes inferidos, que favorecen el desarrollo de poljes. En cuanto a las unidades del paisaje (con 0.2% de superficie) se encuentran unidades de paisaje planicies residuales acumulativas susceptibles de inundación controlada estructuralmente (PRACE). La densidad de cenotes (5.4% de superficie) es media. Así mismo, existe una alta densidad de red fluvial (2% de superficie). Por último, tiene una muy alta capacidad de extracción de agua de las unidades geohidrológicas (0.1% de superficie).

Estos valores evidencian que la geodiversidad es el resultado de la integración de elementos y procesos en el espacio físico y en el tiempo geológico, tal y como se señala en la definición de la geodiversidad, propuesta en la introducción de este artículo. En cuanto a los resultados de la geodiversidad en QR, se puede concluir que un territorio conformado por rocas sedimentarias antiguas, con presencia de agua superficial, con la influencia de estructuras lineales (falla, fracturas y escarpes) que favorecen los procesos exógenos modeladores del relieve se transforma más rápidamente, dando como resultado una mayor geodiversidad. Caso contrario, un territorio con rocas o suelos recientes, con escasa agua superficial, genera lentos procesos exógenos, por lo tanto, escasa geodiversidad.

En conclusión, en este capítulo de la tesis se presenta un método que permite integrar cuantitativa y cualitativamente los componentes físicos del relieve que participan en conjunto y constituyen una geodiversidad particular de un lugar dado a partir de establecer ponderaciones entre estos elementos. Facilita integrar los datos obtenidos del AHP, y sintetizarlos y representarlos a través de mapas mediante el uso de herramientas del análisis geográfico en un sistema de información geográfico (SIG). Vincula una definición de la geodiversidad con un método para calcular su distribución de la geodiversidad en escalas medias (1:250,000 a 1,000,000). Aporta nuevas perspectivas a investigadores en Ciencias de la Tierra enfocados en construir una línea de investigación sobre la geodiversidad. Asimismo, este método puede ser aplicado en otras regiones tanto nacionales como en otros países. En cuanto a los resultados de la geodiversidad en QR, se puede concluir que un territorio conformado por rocas sedimentarias antiguas, con presencia de agua superficial, se transforma más rápidamente, dando como resultado una mayor geodiversidad. Caso contrario, un territorio con rocas o suelos recientes, con escasa agua superficial, genera lentos procesos erosivos, por lo tanto, escasa geodiversidad.



Mapa 3.1. Distribución de la geodiversidad de Quintana Roo.

Fuente: elaboración propia.³⁵

³⁵ Para apreciar el Mapa 3.1 Distribución de la geodiversidad de Quintana Roo (tamaño original 710 x 1,100 mm), ver el Anexo 6.

Capítulo 4. Patrimonio Geológico de Quintana Roo

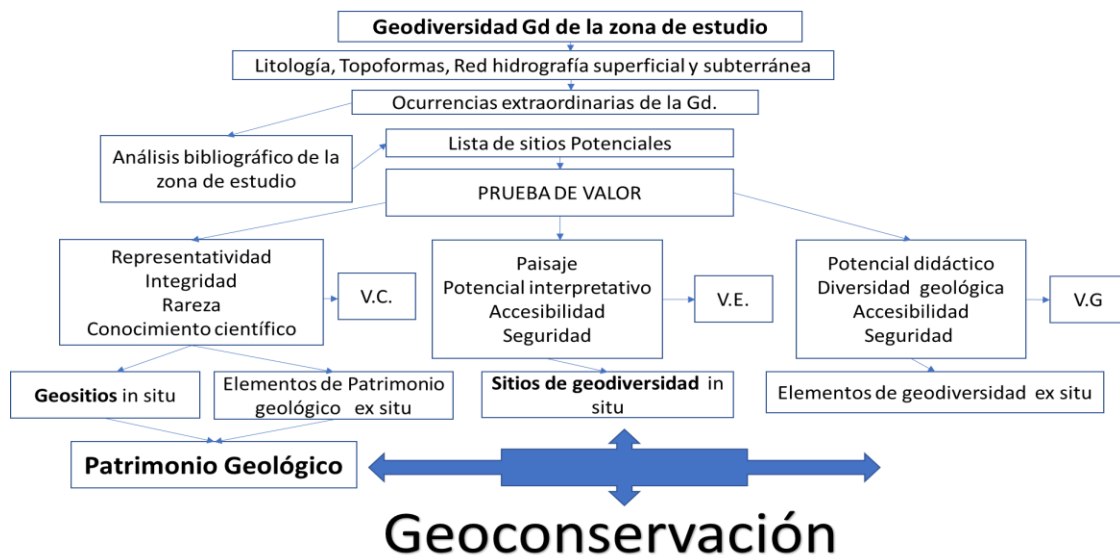
Habiendo procedido a describir la metodología para obtener la geodiversidad ponderada del área de estudio, sigue precisarse en lo correspondiente al patrimonio geológico de Quintana Roo. Para ello se describe la metodología utilizada para tal fin, lo que posteriormente permite identificar el inventario de los geositios y sitios de geodiversidad dando como resultado la representación cartográfica. Todo esto forma parte de la argumentación de la posterior propuesta de distribución de geoparques en Q. Roo.

4.1 Evaluación cuantitativa y cualitativa de geositios potenciales

Una vez calculada la geodiversidad de Quintana Roo, se debe proceder con la distinción del Patrimonio Geológico del área de estudio. En cuanto a esto, Brilha (2016) señala, que, para preparar un territorio y su conversión en un geoparque, habrá que considerar:

1. Elaborar un inventario y evaluación cuantitativa de geositios, con base a su valor científico y a su riesgo de degradación.
2. Evaluación cuantitativa del potencial educativo y turístico de sus geositios.
3. Elaborar un inventario de los sitios de geodiversidad.
4. Evaluación cuantitativa del potencial educativo y turístico de los sitios de geodiversidad, junto con la evaluación de riesgo.

Estas consideraciones se desarrollan en el siguiente esquema (4.1):



Esquema 4.1. Consideración de elementos para elaborar un inventario de geositios y sitios de geodiversidad (V.C.; valor cultural; V.E.: valor económico; V.G.: valor geoturístico)

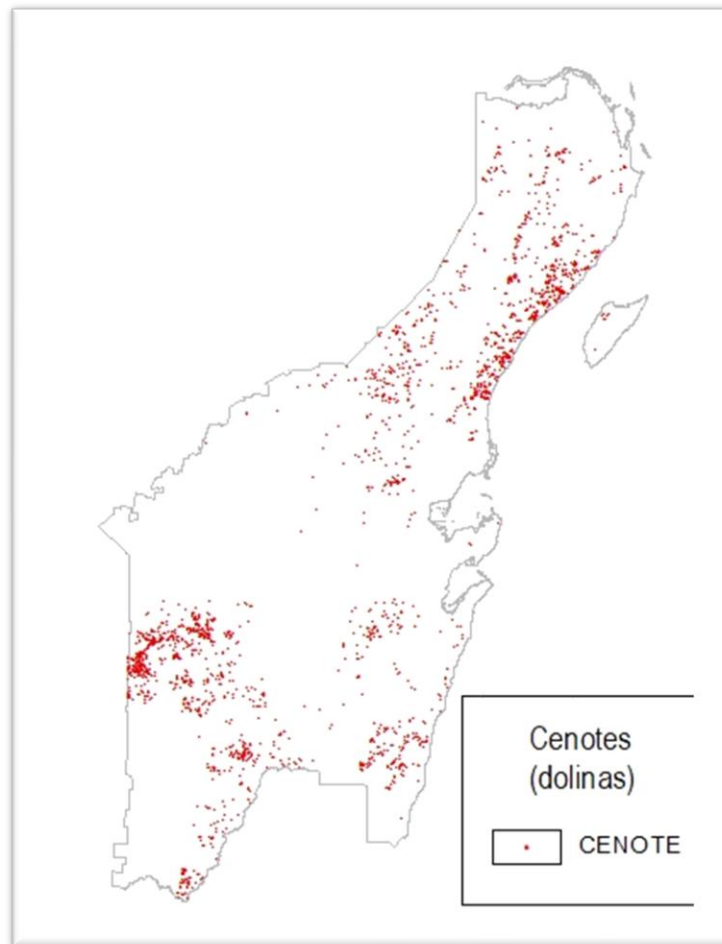
Fuente: Elaboración propia en función a la información Brilha, J. (2016)

Utilizando el Esquema 6 como guía, se inició el proceso de obtención de la geodiversidad de la zona de estudio, el cual consistió en recolectar información cartográfica a una escala principalmente de 1:250,000. Para llevar a cabo este análisis se utilizó el método de análisis multicriterio Proceso Analítico Jerárquico (AHP), así como técnicas de análisis cartográfico en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el fin de dar peso, prioridad e integrar las características de la geodiversidad en el área de interés.

Como siguiente paso se generó una lista de sitios potenciales sujetos a convertirse en Patrimonio Geológico de QR. Entre los geositos y sitios de geodiversidad potenciales a considerar están los cenotes, las cuevas secas e inundadas y los estromatolitos. Posteriormente se hizo una evaluación cualitativa y cuantitativa de los mismos en función partiendo de los estudios de García (2020) y Palacio et al. (2018). El resultado final fue una lista de 3 geositos y 9 sitios de geodiversidad. Seguidamente, se detalla el grupo de actividades realizadas para obtener el inventario.

Primera actividad: Sitios potenciales (cenotes) en general

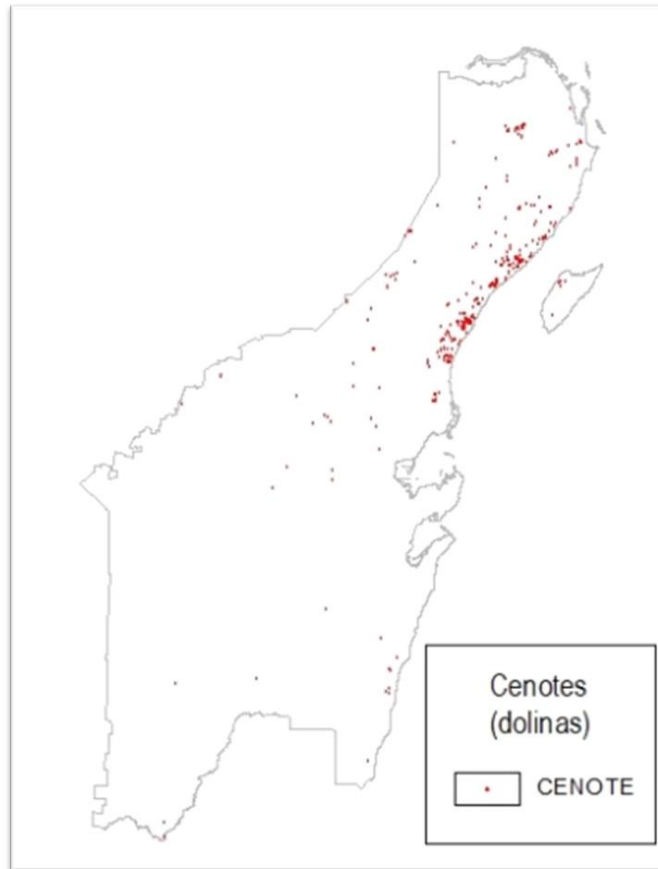
Esta consistió en elaborar una lista preliminar de los sitios de potenciales. Como se observa en el Mapa 4.1, en los casi 50, 000 km cuadrados que conforman el territorio de QR existen 2,530 cenotes, los cuales podrían incluirse en esta categoría. Los criterios empleados en esta primera selección fueron, aquellos cenotes registrados con algún tipo de uso; en especial, aquellos destinados a la adquisición de agua dulce para consumo diario y los destinados a la práctica de un incipiente turismo.



Mapa 4.1. Registro de 2,530 cenotes en Quintana Roo.
Fuente: Elaboración propia en función a *Amigos de Sian Khan A.C.*

Segunda actividad: Sitios potenciales en función al uso turístico.

Al ser una cantidad considerable de cenotes en un territorio tan extenso, se optó por hacer una segunda selección de geosítios potenciales en función del uso turístico, en especial, en aquellos lugares donde se realizan actividades asociadas a la natación como son el snorkel y en otros casos la práctica del buceo. El resultado obtenido fue de 391 cenotes (Mapa 4.2). La distribución de esta selección se concentra al NE del Estado. Esta muestra fue todavía muy grande para realizar el inventario, de ahí la necesidad de ajustar nuevamente la lista.



Mapa 4.2. Registro de 391 cenotes en Quintana Roo.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de *Amigos de Sian Khan A.C.*

Tercera actividad: sitios potenciales en función a parámetros establecidos

La tercera selección de sitios potenciales se basó en los siguientes parámetros:

- Nombre del cenote, localidad y municipio de ubicación.
- Contar con infraestructura.
- Realización de actividades turísticas, en especial buceo y snorkel.
- Existencia de compañías encargadas de organizar tours (excursiones) a cada cenote.

Una vez identificados dichos parámetros³⁶ se obtuvieron 83 sitios potenciales, los cuales se representan en el Mapa 4.3 en el cual se puede observar que la distribución de este tipo de dolinas sigue siendo hacia al NE. Una de las explicaciones de esta ubicación se debe a la presencia de localidades como son Playa del Carmen y Tulum que ha hecho que un mayor número de personas los consideren como un atractivo turístico, lo cual también significa una alta probabilidad de sufrir deterioro.

³⁶Los cuales se pueden observar en el anexo 3 “Sitios potenciales en función a parámetros establecidos” en el cual también se registra su ubicación en Google Earth.



Mapa 4.3. Registro de 83 cenotes en Quintana Roo.

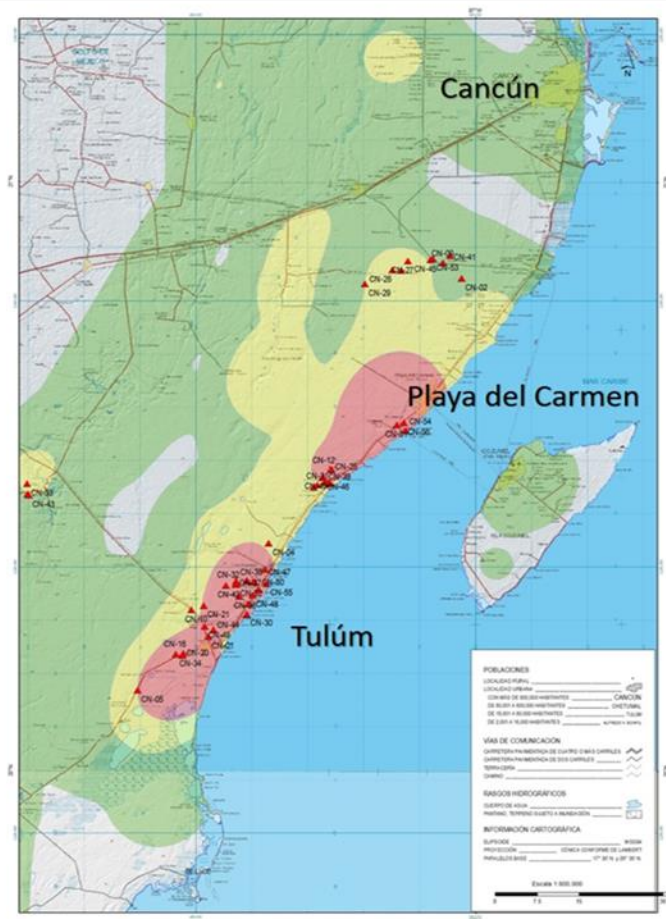
Fuente: Elaboración propia (georreferenciación en Google Earth) en función a *Amigos de Sian Khan A.C.*

Cuarta actividad: Sitios potenciales como geositorios o sitios de geodiversidad.

Para esta cuarta asignación, de los 83 sitios identificados en la etapa anterior, se procedió a filtrarlos en función de su densidad, cercanía a centros de población importantes, existencia de vías que permiten el acceso a ciertos lugares y su probable estado de degradación, de lo cual se obtuvo un registro de 56 sitios potenciales para su denominación de geositorios o sitios de geodiversidad (Mapa 4.4). A la par de esta lista se trabajó con la información de los sistemas de cuevas secas e inundadas elaborada por la QRSS (2018) y con los estromatolitos detallados en el subapartado 2.2.3 de esta tesis.

Con esta información, fue posible proceder a la selección final del Patrimonio geológico (geositorios) y de los sitios de geodiversidad, los cuales representan ser la base para la conformación de geoparques que es la propuesta central de esta tesis doctoral.

| No. | Nombre |
|-----|-----------------------|
| 1 | Calavera |
| 2 | Las Mojarras |
| 3 | Taj Mahá |
| 4 | Aktun Chen - Parque - |
| 5 | Angelita |
| 6 | Azul |
| 7 | Azul Bacalar |
| 8 | Cave |
| 9 | Boca Puma |
| 10 | Car Wash - Actun Ha- |
| 11 | Casa Cenote |
| 12 | Chac Mool |
| 13 | Chikin hA |
| 14 | Choo - Ha |
| 15 | Cocodrilo Dorado |
| 16 | Cristal |
| 17 | Cristalino |
| 18 | Del Jaguar |
| 19 | Dos Ojos |
| 20 | Escondido |
| 21 | Isla Alamos |
| 22 | Jardín del Eden |
| 23 | Kantun Chi - parque- |
| 24 | Kin-Ha |
| 25 | Kukulcán |
| 26 | K'Aak' - Xenotes - |
| 27 | La Noria |
| 28 | LabnaHa - Park- |



| No. | Nombre |
|-----|-----------------------|
| 29 | Lu'Um |
| 30 | Manatí |
| 31 | Minotauro |
| 32 | Misterio Maya |
| 33 | Multun - Ha |
| 34 | Naharon |
| 35 | Nic Te Ha |
| 36 | Nohoch Na Chich |
| 37 | Pet Cemetery |
| 38 | Pit |
| 39 | Ponderosa |
| 40 | Rainbow |
| 41 | Siete Bocas |
| 42 | Tak Be Ha |
| 43 | Tankach-Ha |
| 44 | Tankah |
| 45 | Verde Lucero |
| 46 | X Tabay |
| 47 | Xunaan - Ha |
| 48 | Yax-kin |
| 49 | Grand Cenote |
| 50 | Hidden World - Park - |
| 51 | Río Secreto - Park- |
| 52 | Sac Actun 4_7 |
| 53 | Selvática - Park- |
| 54 | Xcaret - Park - |
| 55 | Xel - Há - Park- |
| 56 | Xplor - Park- |

Mapa 4.4. Sitios potenciales para su denominación de geositos o sitios de geodiversidad.
 Categorías (colores) del mapa, densidad de cenotes (cenotes/km²) y pesos ponderados: Rojo - ALTA (0.0402);
 Amarillo - MEDIA (0.0107); Verde - BAJA (0.0046)
 Fuente: Elaboración propia.

4.2 Metodología para identificar el patrimonio geológico de QR

Para concluir esta etapa, como se señaló al inicio de este capítulo, se hizo la evaluación cualitativa y cuantitativa de la última lista potencial en función a las investigaciones de García (2020) y Palacio et al (2018).

Los argumentos que justifican este proceder son, que la propuesta está construida en función a otras metodologías relacionadas con la valoración del patrimonio geológico y aplicadas en el entorno mexicano.

En consecuencia, se incluyeron modificaciones en el diseño de las fichas de los geositos y sitios de geodiversidad. El resultado final del análisis es la obtención del Patrimonio geológico de la zona de investigación, compuesto por geositos de valor internacional, y de sitios de geodiversidad relevantes.

Retomando a García (2020), se rescataron 5 de sus 6 características; Temática del sitio, Categorías de análisis, Dimensión espacial de análisis, Uso y Criterios de análisis. Dichas características se describen a continuación:

- **Temática del sitio:** Asociación del lugar con algún aspecto de la geodiversidad de índole geológica o geomorfológica, asociada a algún proceso erosivo. En este caso el interés es *geomorfología y procesos geológicos activos*.
- **Categorías de análisis:** Se refiere a grupos que reúnen condiciones similares a los rasgos de formación más representativos de la geodiversidad del lugar. Las categorías fueron tres: Sistemas de cuevas secas e inundadas, dolinas (cenotes) y estromatolitos.
- **Dimensión espacial:** Superficie que abarca cada geosito y sitio de geodiversidad. Se trabajaron dos categorías: 1) sitios puntuales – superficie menor a 100 m. cuadrados y 2) sitios lineales- unidades de cientos de metros cuadrados-.
- **Uso:** En este estudio se consideraron dos propósitos: el científico-educativo y el geoturístico. El primero implica el uso de los geositos como sitios para llevar a cabo actividades científicas que generen nuevos conocimientos en el campo de las Ciencias de la Tierra. El segundo hace referencia al aprovechamiento del geosito como recurso didáctico para ilustrar distintos procesos en la configuración física del planeta. Con la finalidad de hacer la evaluación de la utilización científico-educativo de los geositos, García (2020), retoma los criterios e indicadores propuestos por Brilha (2016) y García Sánchez (2015). Entre los que destacan: Representatividad, Integridad, Rareza, Conocimiento Científico, Potencial Educativo, Variedad de elementos geomorfológicos y geológicos (Tabla 4.1).

| Criterio | Indicador | Valor |
|--|------------------|--------------|
| Representatividad | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |
| Integridad | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |
| Rareza | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |
| Conocimiento Científico | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |
| Potencial Educativo | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |
| Variedad de elementos geomorfológicos y geológicos | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |

Tabla 4.1. Criterios, indicadores y valores del uso científico y educativo de geositios y sitios de geodiversidad.
Fuente: García L. (2020)

Con relación al uso geoturístico de los geositios y sitios de geodiversidad, éstos se relacionan con el fomento de actividades económicas entre comunidades locales y la promoción de saberes respecto a las ciencias de la tierra y en mayor medida a la geoconservación de este tipo de recursos. Entre los criterios para realizar su evaluación se encuentran: la visibilidad, estética, potencial interpretativo, asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico, accesibilidad y seguridad con sus respectivos 18 indicadores de ponderación (Tabla 4.2).

| Criterio | Indicador | Valor |
|--|------------------|--------------|
| Visibilidad | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |
| Estética | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |
| Potencial Interpretativo | Bajo | 1 |
| | Medio | 3 |
| | Alto | 5 |
| Asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico | Bajo | 1 |
| | Medio | 3 |
| | Alto | 5 |
| Accesibilidad | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |
| Seguridad | Baja | 1 |
| | Media | 3 |
| | Alta | 5 |

Tabla 4.2. Criterios, indicadores y valores del uso geoturísticos de geositios y sitios de geodiversidad
Fuente: García L. (2020).

- **Criterios de análisis:** Son la conjunción de criterios, indicadores y valores los cuales dan lugar a la evaluación de una situación compleja de forma sintética. Para el caso de este apartado se consideraron 12 criterios, 36 indicadores y 3 valores. De los cuales 6 criterios y 18 indicadores se relacionan con el uso científico y educativo. Y los restantes 6 criterios con sus 18 indicadores pertenecen al uso geoturístico de los sitios y geositios (Tablas 4.3 y 4.4).

| Criterio | Indicador | Valor |
|---|---|-------|
| Representatividad: geomorfológicos y geológicos Se hace referencia a los aspectos más destacados del lugar, así como a la importancia de los procesos geomorfológicos y geológicos que dieron origen a dichas características. | Baja: Cuando el sitio contenga rasgos básicos de geomorfológicos y geológicos, que sean suficientes para representar la geodiversidad del área. | 1 |
| | Mediana: Cuando el sitio contenga elementos geológicos y morfológicos explicativos de los diversos eventos que dieron origen al área. | 3 |
| | Alta: Cuando el sitio contenga elementos geomorfológicos y geológicos que evidencien la evolución del área | 5 |
| Integridad: Relacionado con la preservación del sitio teniendo en cuenta los procesos tanto naturales como antrópicos, es decir, si el sitio no está alterado por algún fenómeno natural o por las actividades humanas. | Baja: Cuando el sitio presente alteración en sus rasgos geomorfológicos y geológicos como consecuencia de las actividades antrópicas. | 1 |
| | Mediana: Cuando el sitio presente alteraciones en sus rasgos geomorfológicos y geológicos como consecuencia de los procesos naturales. | 3 |
| | Alta: Cuando el sitio visiblemente conserve intactos sus rasgos geomorfológicos y geológicos. | 5 |
| Rareza: Se refiere a los rasgos diferenciales de uno o más elementos geomorfológicos y geológicos del área, es decir, algún rasgo que salga de lo común o que se repita pocas veces dentro del área. | Baja: En el área hay más de cuatro ejemplos del sitio. | 1 |
| | Mediana: En el área hay dos o tres ejemplos del sitio. | 3 |
| | Alta: El sitio es la única ocurrencia de este tipo en el área. | 5 |
| Conocimiento científico: Se trata del número de publicaciones formales dentro del ámbito científico como artículos, tesis, libros, etc., que estén relacionados con los rasgos geomorfológicos y geológicos del área. | Bajo: De 1 a 2 publicaciones formales. | 1 |
| | Mediano: De 3 a 4 publicaciones formales. | 3 |
| | Alto: Más de 5 publicaciones formales. | 5 |
| Potencial educativo: Se refiere al potencia pedagógico y didáctico del sitio, el cual mide el nivel que tiene el sitio para ilustrar algún o algunos rasgos de la geología y geomorfología del área. | Bajo: Cuando el sitio sea útil como un recurso que permita realizar un aprendizaje significativo para nivel universitario. | 1 |
| | Mediano: Cuando el sitio sea útil como un recurso que permita realizar un aprendizaje significativo para los niveles básicos educativos. | 3 |
| | Alto: Cuando el sitio sea útil como un recurso que permita realizar un aprendizaje significativo para todos los niveles educativos. | 5 |
| Variedad de elementos geomorfológicos y geológicos: Se trata de un criterio que identifica la diversidad geológica y geomorfológica (geodiversidad) más próxima al sitio de valoración, entre más geodiversidad se localice cerca del sitio mayor valor tendrá. | Baja: 1 Elemento geológico o geomorfológico. | 1 |
| | Mediana: 2 a 3 elementos geológicos o geomorfológicos. | 3 |
| | Alta: 4 o más elementos geomorfológicos y geológicos. | 5 |

Tabla 4.3. Uso científico y educativo.
Fuente: García L. (2020).

| Criterio | Indicador | Valor |
|---|--|--------------|
| Visibilidad: Hace alusión al área de visibilidad que se tiene de rasgos y elementos geomorfológicos y geológicos del sitio, es decir, que la visibilidad no sea obstruida por algún elemento natural como la vegetación, o bien, por algún elemento de origen antrópico como una construcción. | Baja: Cuando el sitio geológico y geomorfológico solo se pueda observar con equipo especial. | 1 |
| | Mediana: Cuando el sitio geológico y geomorfológico lo obstruye parcialmente la vegetación o alguna construcción. | 3 |
| | Alta: Cuando todos los rasgos geomorfológicos y geológicos sean visibles sin necesidad de movimiento por parte del espectador ni que lo obstruya algún elemento adicional (natural o antrópico). | 5 |
| Estética: Relacionado a los rasgos geomorfológicos y geológicos que contrastan con su entorno y sobresalen por el cambio de formas, colores, y perspectivas. | Baja: No hay contraste. | 1 |
| | Mediana: Regular contraste. | 3 |
| | Alta: Si hay contraste. | 5 |
| Potencial interpretativo: Hace relación con la capacidad interpretativa de los rasgos geomorfológicos y geológicos para ser fácilmente entendidos por el público en general, es decir, que el conocimiento previo en geomorfología y geología del sitio o área no sea un requisito para que el público en general pueda comprenderlo. | Bajo: El sitio presenta elementos geomorfológicos y geológicos solo comprensibles para expertos en geología y geomorfología. | 1 |
| | Mediano: El público en general necesita tener sólidos antecedentes geomorfológicos y geológicos para comprender los elementos y rasgos geomorfológicos y geológicos del sitio. | 3 |
| | Alto: El sitio presenta elementos geomorfológicos y geológicos de una manera muy clara y forma expresiva para todo tipo de público. | 5 |
| Asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico: Depende de la relación entre los elementos geomorfológicos y geológicos con los elementos culturales y el grado de conservación del elemento cultural resguardado por el relieve. | Baja: Cuando el elemento cultural no tenga ninguna asociación con los elementos geomorfológicos y geológicos. | 1 |
| | Mediana: Cuando el elemento cultural tenga una mínima dependencia con los elementos geomorfológicos y geológicos. | 3 |
| | Alta: Cuando el elemento cultural no pueda subsistir sin los elementos geomorfológicos y geológicos. | 5 |
| Accesibilidad: Se refiere a la distancia que existe entre el sitio y la vía de comunicación más próxima a él. Este criterio refleja la facilidad o dificultad que tendrá el visitante para llegar al sitio de interés geológico y geomorfológico. | Baja: Acceso a más de 1 km de una vía de comunicación. | 1 |
| | Mediana: Acceso a 1 km de una vía de comunicación. | 3 |
| | Alta: Acceso directo a una vía de comunicación. | 5 |
| Seguridad: Se refiere a la distancia que hay entre el sitio de interés geológico, geomorfológico y los servicios básicos de primeros auxilios, instalaciones de seguridad y cobertura móvil. | Baja: Cuando el sitio no tenga instalaciones de seguridad ni cobertura telefónica móvil y esté ubicado a más de 50 km de los servicios de emergencia. | 1 |
| | Mediana: Cuando el sitio no tenga instalaciones de seguridad, pero con cobertura telefónica móvil y esté ubicado a menos de 50 km de los servicios de emergencia. | 3 |
| | Alta: Cuando el sitio tenga instalaciones de seguridad (cercas, escaleras, pasamanos, etc.), cobertura telefónica móvil y esté ubicado a menos de 25 km de los servicios de emergencia. | 5 |

Tabla 4.4. Uso geoturístico.

Fuente: García L. (2020).

Para concluir la evaluación se recopiló información tanto de gabinete como de campo de cada sitio potencial. El resultado (Figura 4.1) se integró en una ficha de identificación de cada lugar cuyo formato se presenta a continuación:



| Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad | |
|--|--------------------------|
| Identificación | |
| Número: | Nombre: |
| Ubicación | |
| País: | Entidad federativa: |
| Municipio: | Coordenadas geográficas: |
| Dimensión espacial: | Altitud: |
|  | |
|  | |
| Descripción | |
| | |
| Uso: Científico - Geoturístico | |
| | |

Figura 4.1. Ficha informativa del patrimonio geológico y sitios de geodiversidad de Quintana Roo.

Fuente: Elaboración propia en función a la información de García (2020) y Palacio et al (2018).

En esta ficha se consideraron los siguientes ámbitos:

- Número y nombre del geositio o sitio de geodiversidad.
- Ubicación del lugar: país, entidad, municipio, coordenadas geográficas y su dimensión espacial.
- Representación cartográfica del lugar y representación visual.
- Descripción del lugar: rasgos geomorfológicos y geológicos.
- Uso: argumentos que justifican su tipo de uso. Ya sea Científico- educativo o geoturístico.

4.3 Inventario del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad del estado de Quintana Roo.

En función a la revisión bibliográfica y la investigación de campo realizada en el área de estudio, se identificaron 12 lugares (Tabla 4.5) asociados al patrimonio geológico y a sitios de geodiversidad. Su distribución se presenta en dos zonas. Una al noreste del estado de Quintana Roo, en los municipios de Puerto Morelos, Solidaridad y Tulum; la otra al sur del estado, en los municipios de Bacalar y de Othón. P. Blanco.

| Datos generales | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|---|
| ID | Coordenadas | | Altitud (msnm) | Municipio | Tipo de rasgo | Nombre |
| | Latitud | Longitud | | | | |
| 1 | 20° 51' 11" | -87° 07' 44" | 20 m | P. Morelos | Cenotes | Lu' Um Kin-Ha K'áak' |
| 2 | 20° 37' 17" | -87° 08' 32" | 11 m | Solidaridad | Sistema de cuevas | Río Secreto |
| 3 | 20° 29' 36" | -87° 15' 13" | 9 m | Solidaridad | Cenotes | Cristalino Jardín del Edén |
| 4 | 20° 23' 14" | -87° 21' 14" | 15 m | Tulum | Cenote | Aktun-Chen Nohoch Na Chich Pet Cementery Misterio Maya |
| 5 | De 20° 19' 38",a 20° 17' 45" - | De -87° 23' 22" a -87° 24' 19" | 15 m | Tulum | Cenotes | Del Jaguar Nic Te Ha Pit Dos Ojos |
| 6 | 20° 18' 45" | -87° 23' 37" | 15 m | Tulum | Sistema de cuevas | Sac-Actun |
| 7 | 20° 16' 03" | -87° 23' 27" | 2 m | Tulum | Cenote | Cenote Manatí |
| 8 | 20° 14' 21" | -87° 27' 41" | 11 m | Tulum | Cenotes | Calavera Grand Cenote Tankach-Ha |
| 9 | 20° 28' 45" | -87° 45' 53" | | Tulum | Cenotes | Choo - Ha Multun Ha |
| 10 | 18° 39' 11" | -88° 24' 24" | 0 m | Bacalar | Estromatolitos | Cocalitos Cenote Esmeralda |
| 11 | 18° 39' 11" | -88° 24' 24" | 0 m | Bacalar | Cenotes | Cenote Cocalitos Cenote Azul Bacalar |
| 12 | 18° 35' 55" | -88° 25' 40" | 0 m | Othón P. Blanco | Estromatolitos | Rápidos de Bacalar |

Tabla 4.5. Inventario del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad.

Fuente: Elaboración propia.

Incluso, si se observa el mapa de *Distribución de la geodiversidad de Quintana Roo* (Mapa 3.1) se puede comprender que existe una relación directa entre la presencia de estos sitios con las categorías Muy alta y Alta de esta representación. Una vez más, retomando las características descritas anteriormente de García (2020), se tiene que, respecto a:

- **Temática del sitio:** Respecto a las características identificadas en la geodiversidad del área de investigación, se tiene que el proceso erosivo más común que se da es la erosión karst. Por tanto, la temática considerada es: Geomorfología y procesos geológicos activos.
- **Categorías de análisis:** Con base al análisis de información bibliográfica y cartográfica, las categorías fueron tres: Sistemas de cuevas secas e inundadas, dolinas (cenotes) y estromatolitos. Las dos primeras se asocian directamente a la integración de los componentes principales de la geodiversidad de QR que son la geología, la geomorfología y la hidrología. En el caso de los cenotes están en general formados por rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie estructural baja fitoestable en etapa juventud-madurez, de acuerdo con Bautista et al. (2005).

En el caso de los sistemas de cuevas inundadas, éstas se forman por la fusión de dolinas que tienen un avanzado estado de disolución de las rocas que las conforman. Las rocas carbonatadas ceden comúnmente a lo largo de ríos subterráneos de manera indistinta, por lo que se pueden producir cuevas de alto nivel de acceso, y otras entradas accesibles fácilmente. En el estado de Quintana Roo se encuentran varios sistemas de este tipo que comunican de manera subterránea múltiples dolinas a lo largo de cientos de kilómetros de longitud. Dentro de estas cuevas y dolinas se forman las espeleotemas, formas tales como estalactitas, estalagmitas, columnas de acreción (por fusión de estalactitas y estalagmitas), coladas, pisolitas o perlas de cavernas, gours, entre otras. El Río Secreto está formado sobre rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie estructural baja fitoestable en etapa juventud-madurez, de acuerdo con Bautista et al. (2005). Además, se ubica sobre una falla, circunstancia que favoreció su génesis (SGM, 2016). Un caso aparte de los ejemplos anteriores son los estromatolitos, descritos en el subapartado 2.2.3, del cual se puede retomar que éstos son conocidos coloquialmente como rocas vivas, definidos como estructuras órgano-sedimentarias formadas principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), que se adhieren al sustrato lagunar; su origen proviene de la actividad metabólica de microorganismos conocidos como cianobacterias. Están formadas por rocas calizas del Mioceno (TmCz) (SGM, 2016).

La planicie costera palustre inundable con hundimiento en etapa juventud-reciente es la unidad de paisaje identificada, de acuerdo con Bautista et al. (2005). A la vez, se ubica sobre el escarpe de la Falla del Río Hondo, circunstancia que favoreció su génesis (SGM, 2016). Su importancia radica en que son los primeros recicladores del carbono, así como también son la evidencia de vida más antigua que se conoce en la tierra (Beraldi, 2004a). La Laguna de Bacalar es el ecosistema acuático que alberga al mayor arrecife de estromatolitos en agua dulce del mundo (Álvarez, T. et al., 2021).

- **Dimensión espacial:** En cuanto a la dimensión espacial, es decir, la superficie que abarca cada geosito y sitio de geodiversidad, para facilitar la organización y categorización de los datos se trabajaron dos categorías: 1) sitios puntuales – superficie menor a 100 m. cuadrados y 2) sitios lineales- unidades de cientos de metros cuadrados (García L. 2020). Paralelamente y en concordancia al ordenamiento de la gran cantidad de cenotes del área de investigación, se optó por agruparlos por su génesis y por su ubicación geográfica. (Tabla 4.6. ID 1, 3, 5, 9 y 11).

- **Usos:** Para valorar el uso científico-educativo y el uso geoturístico de cada uno de los 12 sitios de interés, se utilizaron los criterios: representatividad, integridad, rareza, conocimiento científico, potencial educativo, y variedad de elementos geológicos. En cuanto al uso geoturístico, se consideraron los criterios: visibilidad, estética, potencial interpretativo asociado a rasgos culturales y de valor paisajístico, accesibilidad y seguridad (Brilha, 2016), (García Sánchez, 2015).
- **Criterios de análisis e inventario final.** Para priorizar la sumatoria de los valores obtenidos para cada par criterio-indicador por cada uno de los 12 sitios de interés, se normalizaron los datos para cada uno de los 6 criterios-indicadores tanto para el uso científico-educativo como geoturístico. Una vez normalizados los datos, se ordenaron de mayor a menor. (Tabla 4.8 y Gráfica 4.1).

Los resultados se vaciaron a una tabla de dos entradas, con los criterios e indicadores organizados a través de columnas y los sitios potenciales a nivel de renglones. El objetivo fue obtener un valor que priorizara y diferenciara aquellos sitios para ser calificados como de uso científico-educativo y los de uso geoturístico (Tabla 4.7).

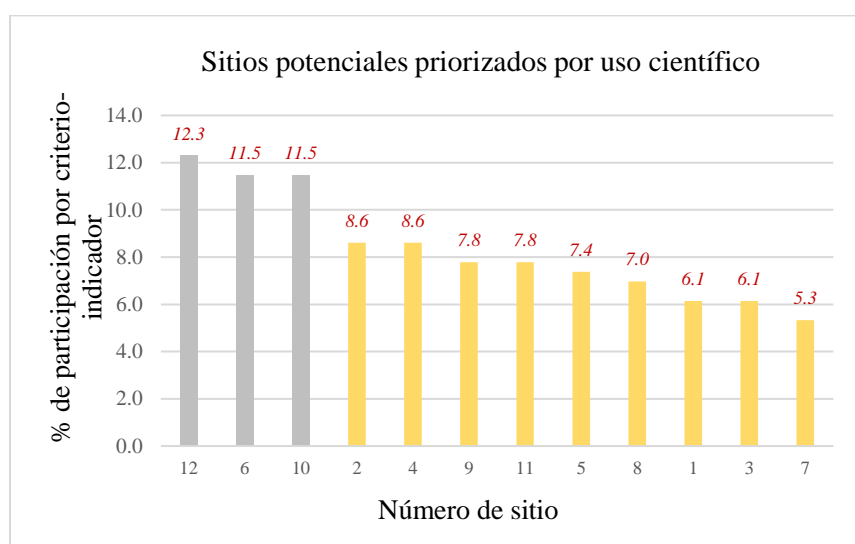
| INVENTARIO DE LOS SITIOS POTENCIALES | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------|-----------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| ID | Coordenadas | | Altitud (msnm) | Municipio | Nombre | Categoría análisis | Dimensión espacial |
| | Latitud | Longitud | | | | | |
| 1 | 20° 51' 11" | -87° 07' 44" | 20 m | P. Morelos | Lu' Um | Cenote | Puntual |
| | | | | | Kin-Ha | | |
| | | | | | K'áak' | | |
| 2 | 20° 37' 17" | -87° 08' 32" | 11 m | Solidaridad | Río Secreto | Sistema | |
| 3 | 20° 29' 36" | -87° 15' 13" | 9 m | Solidaridad | Cristalino | Cenote | Puntual |
| | | | | | Jardín del Edén | | |
| 4 | 20° 23' 14" | -87° 21' 14" | 15 m | Tulum | Aktun-Chen | Sistema | Puntual |
| 5 | De 20° 19' 38", a 20° 17' 45" - | De -87° 23' 22" a -87° 24' 19" | 15 m | Tulum | Nohoch Na Chich | Cenote | Puntual |
| | | | | | Pet Cemetery | | |
| | | | | | Misterio Maya | | |
| | | | | | Del Jaguar | | |
| | | | | | Nic Te Ha | | |
| | | | | | Pit | | |
| 6 | 20° 18' 45" | -87° 23' 37" | 15 m | Tulum | Sac-Actun | Sistema | Lineal |
| 7 | 20° 16' 03" | -87° 23' 27" | 2 m | Tulum | Cenote Manatí | Cenote | Puntual |
| 8 | 20° 14' 21" | -87° 27' 41" | 11 m | Tulum | Calavera | Cenote | Puntual |
| | | | | | Grand Cenote | | |
| 9 | : 20° 28' 45", | -87° 45' 53" | | Tulum | Tankach-Ha | Cenote | Puntual |
| | | | | | Choo - Ha | | |
| | | | | | Multun Ha | | |
| 10 | 18° 39' 11" | -88° 24' 24" | 0 m | Bacalar | Cocalitos | Estromatolitos | Puntual |
| 11 | 18° 39' 11" | -88° 24' 24" | 0 m | Bacalar | Cenote Esmeralda | Cenote | Puntual |
| | | | | | Cenote Cocalitos | | |
| | | | | | Cenote Azul Bacalar | | |
| 12 | 18° 35' 55" | -88° 25' 40" | 0 m | Othón P. Blanco | Rápidos de Bacalar | Estromatolitos | Lineal |

Tabla 4.6. Datos generales, categorías de análisis y dimensión espacial del patrimonio geológico (geositos) y sitios de geodiversidad. Fuente: Elaboración propia.

| Datos desordenados | | | Datos ordenados y priorizados | | |
|--------------------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| Núm. Sitio | U. Cient-Edu | % | Núm. Sitio | U. Cient-Edu | % |
| 1 | 15 | 6.1 | 12 | 30 | 12.3 |
| 2 | 21 | 8.6 | 6 | 28 | 11.5 |
| 3 | 15 | 6.1 | 10 | 28 | 11.5 |
| 4 | 21 | 8.6 | 2 | 21 | 8.6 |
| 5 | 18 | 7.4 | 4 | 21 | 8.6 |
| 6 | 28 | 11.5 | 9 | 19 | 7.8 |
| 7 | 13 | 5.3 | 11 | 19 | 7.8 |
| 8 | 17 | 7.0 | 5 | 18 | 7.4 |
| 9 | 19 | 7.8 | 8 | 17 | 7.0 |
| 10 | 28 | 11.5 | 1 | 15 | 6.1 |
| 11 | 19 | 7.8 | 3 | 15 | 6.1 |
| 12 | 30 | 12.3 | 7 | 13 | 5.3 |
| | 244 | 100.0 | | 244 | 100.0 |

Tabla 4.8. Normalización de datos de acuerdo con criterios-indicadores para el uso científico educativo.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 1. Sitios potenciales priorizados por uso científico y educativo.

Fuente: Elaboración propia

Como se desprende de las tablas y de la gráfica, una vez normalizados los datos y ordenados de mayor a menor, se puede verificar visual y matemáticamente, que se forman dos grandes grupos de datos. Los tres primeros datos ordenados, 12.3, 11.5 y 11.5%, conforman un primer grupo, con valores muy cercanos entre sí. Por otro lado, el resto de los valores también se agrupan entre 8.6 y 5.3%. Adicionalmente, para el uso geoturístico, se incluyen el mismo análisis y datos correspondientes como el realizado para el uso científico-educativo (Tablas 4.9 y 4.10). La integración de esta etapa del proceso se observa en la tabla: Matriz de resultados de la valoración del patrimonio geológico (geositios) y sitios de geodiversidad de QR.

| Datos desordenados | | | Datos ordenados y priorizados | | |
|--------------------|-----------------|--------------|-------------------------------|-----------------|--------------|
| Núm. Sitio | U. Geoturístico | % | Núm. Sitio | U. Geoturístico | % |
| 1 | 24 | 9.4 | 12 | 26 | 10.7 |
| 2 | 20 | 8.2 | 6 | 26 | 10.7 |
| 3 | 24 | 9.8 | 10 | 24 | 9.8 |
| 4 | 20 | 8.2 | 2 | 24 | 9.8 |
| 5 | 24 | 9.8 | 4 | 24 | 9.8 |
| 6 | 18 | 7.4 | 9 | 24 | 9.8 |
| 7 | 24 | 9.8 | 11 | 24 | 9.4 |
| 8 | 26 | 10.7 | 5 | 20 | 8.2 |
| 9 | 24 | 9.8 | 8 | 20 | 8.2 |
| 10 | 11 | 4.5 | 1 | 18 | 7.4 |
| 11 | 26 | 10.7 | 3 | 15 | 6.1 |
| 12 | 15 | 6.1 | 7 | 11 | 4.5 |
| | 256 | 100.0 | | 256 | 100.0 |

Tabla 4.9. Normalización de datos de acuerdo con criterios-indicadores para el uso geoturístico.

Fuente: Elaboración propia

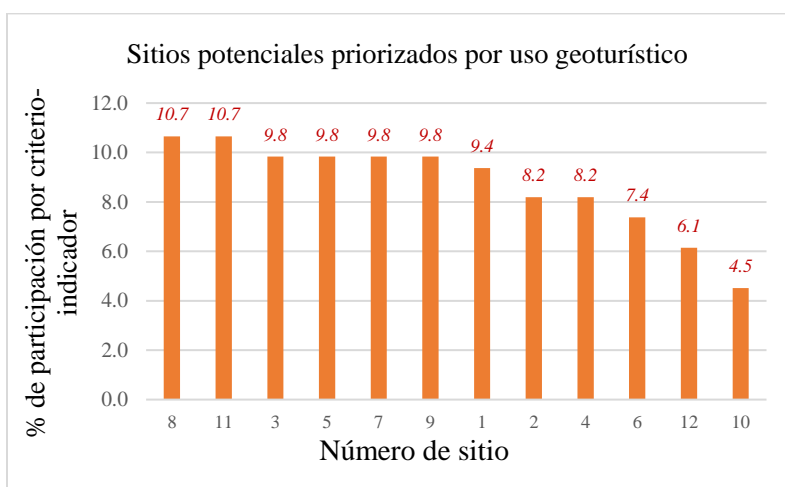


Tabla 4.10. Sitios potenciales priorizados por uso geoturístico.

Fuente: Elaboración propia

Con base en este análisis, como inventario final se seleccionaron los sitios número 12, 6 y 10 (los estromatolitos de los Rápidos de Bacalar, el sistema de cuevas de Sac-Antun, y los estromatolitos del Cenote Cocalitos), como geositos potenciales que conforman el patrimonio geológico de Quintana Roo. El uso potencial de estos geositos es el Científico educativo y el geoturístico. Los restantes 9 sitios, se plantean como sitios de geodiversidad y su uso potencial es geoturístico (Tabla 4.11).

| Temático | INVENTARIO DE LOS SITIOS POTENCIALES | | | | | | Categoría análisis | Dimensión espacial | Patrimonio geológico /sito geodiversidad | VALORACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------|-----------------|---|--------------------|--------------------|--|----------------------------|------------|--------|-------------------------|---------------------|----------|------------------|----------|--------------------------|---|---------------|-----------|-------|--------------|--------------|-----------|
| | ID | Coordenadas | | Altitud (msnm) | Municipio | Nombre | | | | Uso científico y educativo | | | | | | Uso geoturístico | | | | | | Total | Total Uso CE | Total Uso GT | USO IDEAL |
| | | Latitud | Longitud | | | | | | | Representatividad | Integridad | Rareza | Conocimiento científico | Potencial educativo | Variedad | Visibilidad | Estética | Potencial interpretativo | Asociado rasgos culturales y valor paisajístico | Accesibilidad | Seguridad | | | | |
| Geología y geomorfología | 1 | 20° 51' 11" | -87° 07' 44" | 20 m | P. Morelos | L' Um Kin-Ha K'áak' | Cenote | Puntual | Sito de geodiversidad | 3 | 3 | 1 | | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 39 | 15 | 24 | GT |
| | 2 | 20° 37' 17" | -87° 08' 32" | 11 m | Solidaridad | Río Secreto | Sistema | | Sito de geodiversidad | 5 | 3 | 3 | | 5 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 39 | 21 | 18 | GT |
| | 3 | 20° 29' 36" | -87° 15' 13" | 9 m | Solidaridad | Cristalino Jardín del Edén | Cenote | Puntual | Sito de geodiversidad | 3 | 3 | 1 | | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 39 | 15 | 24 | GT |
| | 4 | 20° 23' 14" | -87° 21' 14" | 15 m | Tulum | Aktun-Chen | Sistema | Puntual | Sito de geodiversidad | 5 | 3 | 3 | | 5 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 39 | 21 | 18 | GT |
| | 5 | De 20° 19' 38" a | De -87° 23' 22" a | 15 m | Tulum | Nohoch Na Chich Pet Cemetery Misterio Maya Del Jaguar Nic Te Ha Pit Dos Ojos | Cenote | Puntual | Sito de geodiversidad | 3 | 3 | 1 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 42 | 18 | 24 | GT |
| | 6 | 20° 18' 45" | -87° 23' 37" | 15 m | Tulum | Sac-Actun | Sistema | Lineal | Patrimonio geológico | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 5 | 46 | 28 | 18 | CE/GT |
| | 7 | 20° 16' 03" | -87° 23' 27" | 2 m | Tulum | Cenote Maratí | Cenote | Puntual | Sito de geodiversidad | 1 | 3 | 1 | | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 37 | 13 | 24 | GT |
| | 8 | 20° 14' 21" | -87° 27' 41" | 11 m | Tulum | Calavera Grand Cenote Tankach-Ha | Cenote | Puntual | Sito de geodiversidad | 3 | 3 | 1 | | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 43 | 17 | 26 | GT |
| | 9 | : 20° 28' 45", | -87° 45' 53" | | Tulum | Choo - Ha Multun Ha | Cenote | Puntual | Sito de geodiversidad | 5 | 3 | 1 | | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 3 | 43 | 19 | 24 | GT |
| | 10 | 18° 39' 11" | -88° 24' 24" | 0 m | Bacalar | Cocalitos | Estromatolitos | Puntual | Patrimonio geológico | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | 1 | | 1 | 3 | 39 | 28 | 11 | CE/GT |
| | 11 | 18° 39' 11" | -88° 24' 24" | 0 m | Bacalar | Cenote Esmeralda Cenote Cocalitos Cenote Azul Bacalar | Cenote | Puntual | Sito de geodiversidad | 5 | 3 | 3 | | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 45 | 19 | 26 | GT |
| | 12 | 18° 35' 55" | -88° 25' 40" | 0 m | Othón P. Blanco | Rápidos de Bacalar | Estromatolitos | Lineal | Patrimonio geológico | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1 | | 1 | 3 | 45 | 30 | 15 | CE/GT |

Tabla 4.11. Valoración final del patrimonio geológico (geositos) y sitios de geodiversidad de QR

Fuente: Elaboración propia

Como conclusión de este apartado se comparten las tres fichas informativas de los geositos potenciales de la zona de estudio; 6, 10 y 12 (Figuras 4,2, 4,3 y 4.4), que conformarían las propuestas de los geoparques y en el anexo 4 se comparten las fichas de los 9 sitios de geodiversidad que también tendrían un uso potencial para el geoturismo.

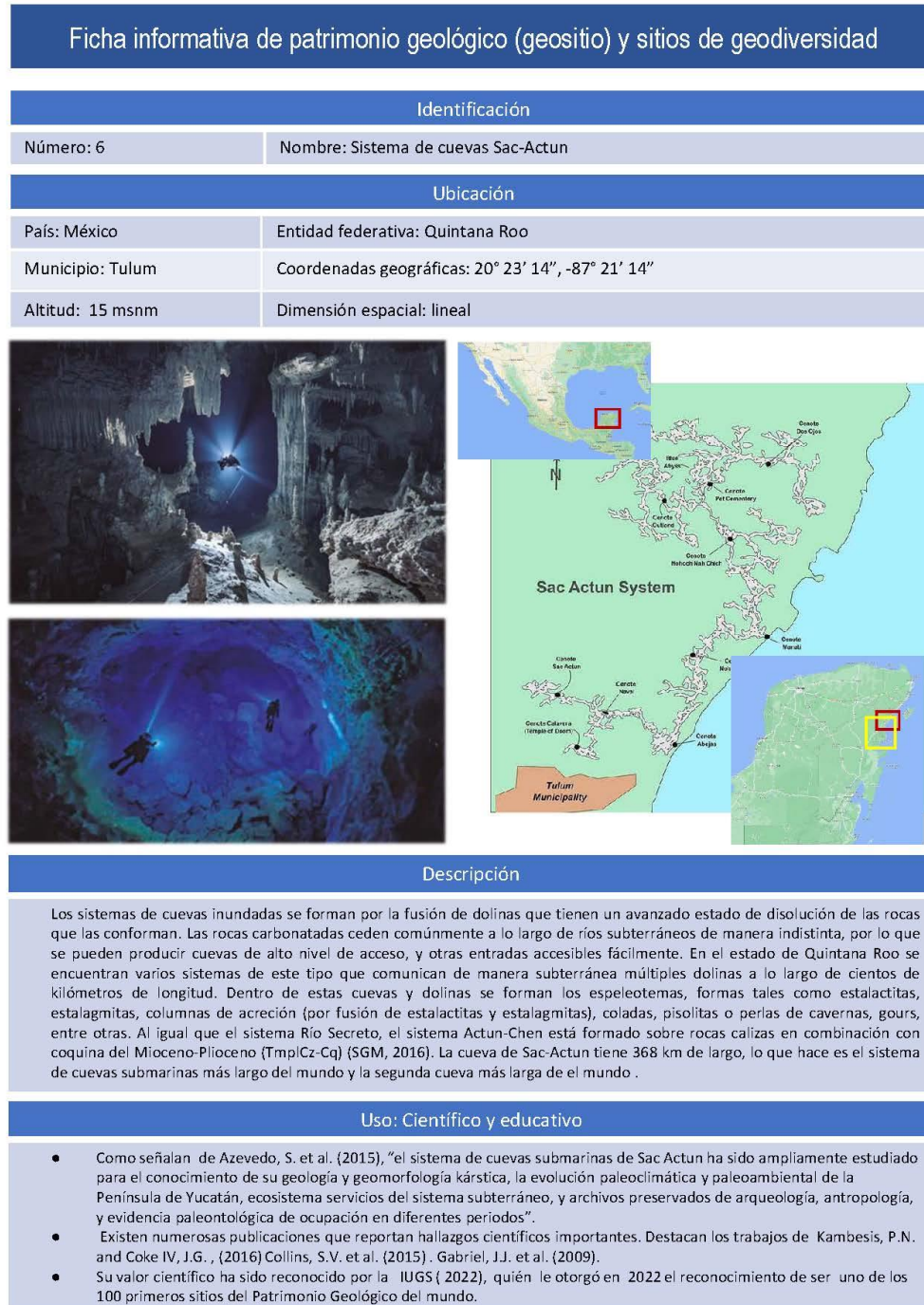


Figura 4.2. Sitio 6. Sistema de cuevas Sac-Actún³⁷. Fuente: Elaboración propia

³⁷Debido a la pandemia del SARS-COV2 no fue posible realizar el trabajo de campo a detalle, por lo tanto, se utilizaron imágenes de Google Maps solo como referencia a los lugares definidos como geositos y sitios de geodiversidad.

Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

| Identificación | |
|--|--|
| Número: 10 | Nombre: Estromatolitos en playa Cocalitos |
| Ubicación | |
| País: México | Entidad federativa: Quintana Roo |
| Municipio: Bacalar | Coordenadas geográficas: 18° 39' 11", -88° 24' 24" |
| Altitud: 0 msnm | Dimensión espacial: puntual |
| | |
| Descripción | |
| <p>Son estructuras órgano-sedimentarias formadas principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), que se adhieren al sustrato lagunar; su origen proviene de la actividad metabólica de microorganismos conocidos como cianobacterias. Están formadas por rocas calizas del Mioceno (TmCz) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie palustre costera de inundación marina en etapa de desarrollo geomorfológico juventud-reciente, de acuerdo con Bautista et al. (2005). A la vez, se ubica sobre el escarpe de la Falla del Río Hondo, circunstancia que favoreció su génesis (SGM, 2016).</p> | |
| Uso: Científico y educativo | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Su importancia radica en son los primeros recicladores del carbono, así como también son la evidencia de vida más antigua que se conoce en la tierra (Beraldi, 2004a). • La Laguna de Bacalar es el ecosistema acuático que alberga al mayor arrecife de estromatolitos en agua dulce del mundo (Álvarez, T. et al., 2021). • No obstante, estos espacio están en peligro de deterioro constante, sobre todo aquellos en los que la actividad turística se incrementa con el paso del tiempo. La falta de cuidado por parte de algunos prestadores de servicios turísticos puede estar afectando estas importantes formas de vida (Ortiz, 2015). | |

Figura 4.3. Sitio 10. Estromatolitos en playa Cocalitos³⁸.

Fuente: Elaboración propia

³⁸ Debido a la pandemia del SARS-COV2 no fue posible realizar el trabajo de campo a detalle, por lo tanto, se utilizaron imágenes de Google Maps solo como referencia a los lugares definidos como geositios y sitios de geodiversidad.

Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

| Identificación | |
|----------------------------|---|
| Número: 12 | Nombre: Rápidos de la Laguna de Bacalar |
| Ubicación | |
| País: México | Entidad federativa: Quintana Roo |
| Municipio: Othón P. Blanco | Coordenadas geográficas: De 18° 35' 55", -88° 25' 40" a 18° 33' 40", -88° 23' 53" |
| Altitud: 0 m | Altitud: 0 m Dimensión espacial: línea (franja de 4.5 km aprox.) |



Descripción

Son estructuras organo-sedimentarias formadas principalmente por carbonato de calcio (CaCO₃), que se adhieren al sustrato lagunar; su origen proviene de la actividad metabólica de microorganismos conocidos como cianobacterias. Están formadas por rocas calizas del Mioceno (TmCz) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie palustre costera de inundación marina con hundimiento en etapa juventud-reciente, de acuerdo con Bautista et al. (2005). A la vez, se ubica sobre el escarpe de la Falla del Río Hondo, circunstancia que favoreció su génesis (SGM, 2016).

Uso: Científico y educativo

- Su importancia radica en son los primeros recicladores del carbono, así como también son la evidencia de vida más antigua que se conoce en la tierra (Beraldi, 2004a).
- La Laguna de Bacalar es el ecosistema acuático que alberga al mayor arrecife de estromatolitos en agua dulce del mundo (Álvarez, T. et al., 2021).
- Para proteger los estromatolitos, actualmente algunas cooperativas lancheras de Bacalar han colocado boyas para evitar que los turistas y las lanchas los destruyan (Ortiz, 2015).

Figura 4.4. Sitio 12. Rápidos de la Laguna Bacalar³⁹. Fuente: Elaboración propia.

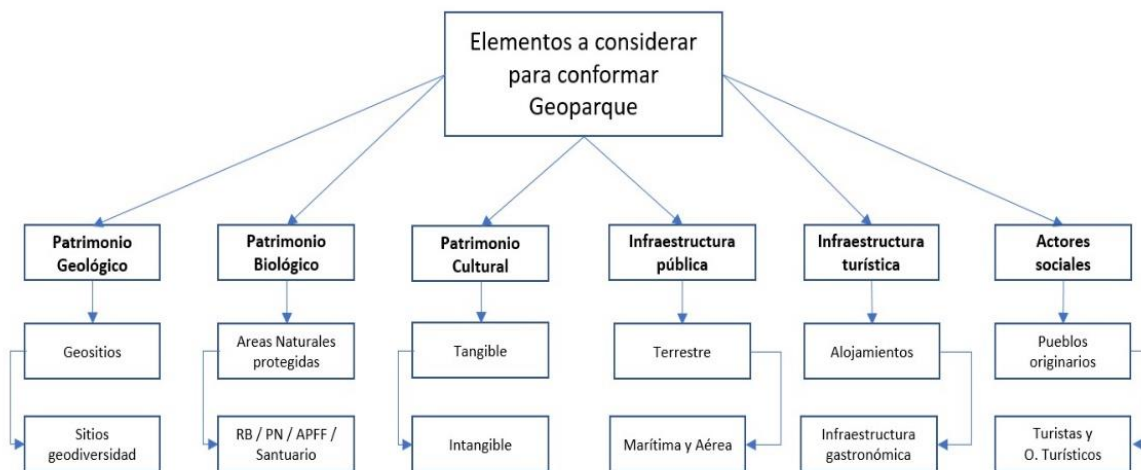
³⁹ Debido a la pandemia del SARS-COV2 no fue posible realizar el trabajo de campo a detalle, por lo tanto, se utilizaron imágenes de Google Maps solo como referencia a los lugares definidos como geositios y sitios de geodiversidad.

Capítulo 5. Geoparques en Quintana Roo: una alternativa para la integración del Patrimonio geológico, natural y cultural

5.1. Modelo conceptual

Para concluir esta investigación y dar paso a la concreción de la propuesta de esta tesis, esto es lo referente a la delimitación de espacios potenciales para la conformación de geoparques, y recordando que actualmente existen dos geoparques mundiales avalados por la UNESCO en México los cuales son: “La Comarca Minera en Hidalgo”⁴⁰ y “La Mixteca Alta en Oaxaca”⁴¹, cuya unidad territorial empleada para su delimitación es la categoría Municipio⁴² se procede a seleccionar los municipios de QR que cumplan con los requisitos de la UNESCO para la conformación de geoparques. Para alcanzar este objetivo se integró un modelo conceptual y se retomaron algunos procedimientos del método Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) de Saaty (1977, 1980) trabajados en el capítulo tres de esta tesis. Ha de recordarse que el modelo se construyó a partir de: la definición de geoparques, la clasificación del Patrimonio de la UNESCO (1972, 2005), el Sistema Áreas Naturales Protegidas de la CONABIO⁴³, y el concepto “Sistema turístico” desarrollado por Boullon R. (2004).

Para comenzar, se tiene que el modelo está compuesto por seis elementos: Patrimonio Geológico, Patrimonio Natural, Patrimonio Cultural, Infraestructura Pública, Infraestructura Turística y Actores sociales (Esquema 5.1).



Esquema 5.1. Elementos considerados para delimitar un geoparque.

Fuente: Elaboración propia con base en la información de la UNESCO, CONABIO y Boullon, R.

⁴⁰ <https://geoparquecomarcaminera.mx/> Consultado 17 de marzo de 2019.

⁴¹ <https://geoparquemixtecaalta.org/> Consultado 17 de marzo de 2019.

⁴² Palabra que proviene del latín municipium y define a los habitantes que viven en el mismo término jurisdiccional regido por un ayuntamiento. Es, al mismo tiempo, una división territorial y una entidad administrativa de nivel local, constituida por territorio, población y poderes públicos. <https://www.significados.com/municipio/>

⁴³ <https://www.gob.mx/conanp/documentos/region-peninsula-de-yucatan-y-caribe-mexicano?state=published>

Sobre este esquema, en la parte superior de izquierda a derecha se observa los primeros tres elementos: patrimonio geológico, natural y cultural. Esta selección deriva del análisis de los elementos a partir de los cuales se articula un Geoparque de la UNESCO, recordando que:

“Los Geoparques Mundiales de la UNESCO son áreas geográficas únicas y unificadas donde los sitios y paisajes de importancia geológica internacional se gestionan con un concepto holístico de protección, educación y desarrollo sostenible. Un Geoparque Mundial de la UNESCO utiliza su **patrimonio geológico**, en conexión con todos los demás aspectos del **patrimonio natural y cultural** del área, para mejorar la conciencia y la comprensión de los problemas clave que enfrenta la sociedad, como el uso sostenible de los recursos de nuestra tierra, la mitigación de los efectos del cambio climático y la reducción de riesgos relacionados con peligros naturales (UNESCO 2021)⁴⁴.

Posteriormente, para tener un nivel más particular, esta sección se subdividió de la siguiente manera:

- Patrimonio Geológico: Geositios y Sitios de Geodiversidad
- Patrimonio Natural: Áreas Naturales Protegidas: Reserva de la Biosfera, Parque Nacional, Área de Protección de Flora y Fauna
- Patrimonio Cultural, a su vez se divide en tangible, Zonas Arqueológicas y Museos; y en Intangible, Tradiciones, Artesanías y Platos Típicos

En la segunda parte del modelo (parte superior del esquema) se presentan los tres elementos restantes: Infraestructura pública, Infraestructura Turística y Actores sociales. Esta selección es una síntesis del concepto *sistema turístico* pensado por Bouillon (2004), quién lo define como “Conjunto de elementos (infraestructura, superestructura, demanda, comunidad local, atractivos, planta turística, producto turístico) interrelacionados que propiciarán satisfacción a las necesidades de uso del tiempo libre”. Vale la pena señalar que, incorporar este elemento a la selección de los sitios potenciales geoparques de Quintana Roo fue muy útil, ya que permitió articular el espacio mediante estos elementos. Esta sección se subdividió de la siguiente manera:

- Infraestructura pública: vías de comunicación terrestres (carreteras), aeropuertos y puertos
- Infraestructura turística: tipo de alojamientos y establecimientos gastronómicos
- Actores sociales: pueblos originarios, afluencia de turistas y operadores turísticos

Una vez reconocidos estos elementos, se procede a describir la metodología utilizada para delimitar los espacios potenciales que se reconocen en Quintana Roo bajo estos parámetros, lo que permitirá a su vez, tener claridad sobre la ubicación, extensión y dinámica con la que contarían los geoparques propuestos por esta investigación.

⁴⁴ <https://en.unesco.org/global-geoparks> Consultado 19 de diciembre de 2022.

5.2 Metodología para delimitar sitios potenciales para conformar geoparques

En cuanto a la estructura metodológica esta se definió en cuatro fases:

- Fase I: Selección de los criterios, subcriterios y alternativas del geoparque
- Fase II: Diseño de la estructura jerárquica de los criterios y subcriterios con base en el AHP
- Fase III: Evaluación de los criterios y subcriterios obtención de prioridades y consistencia del modelo
- Fase IV: Selección de las alternativas con base en la evaluación de los criterios y subcriterios

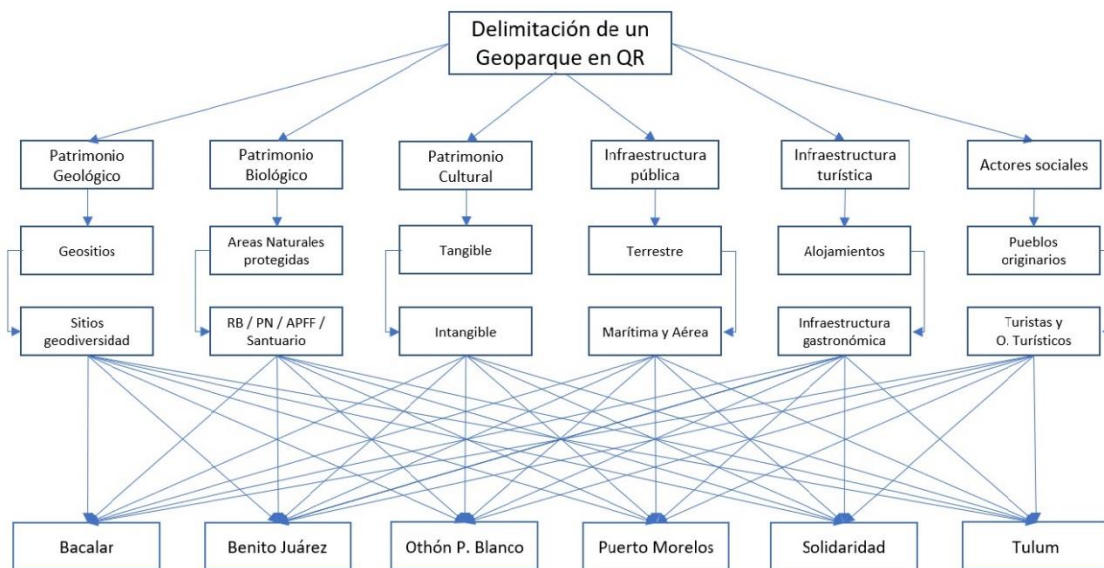
Ahora bien, conviene describir cada una de las fases a fin de reconocer a éstas como una metodología replicable para otros espacios propuestos en México u otras partes del mundo, interesados en delimitar geoparques. Estas son:

Fase I: Selección de los criterios y subcriterios

Esta fase equivale a considerar “descomponer una situación no estructurada y compleja en sus partes” del método AHP, procedimiento que consiste en identificar los componentes del geoparque de la zona de estudio. En el Esquema 5.2 se presenta la estructura completa de la información utilizada para delimitar el geoparque.

Fase II: Diseño de la estructura jerárquica de los criterios con base en el AHP

El siguiente paso es ordenar los criterios, subcriterios y alternativas en un orden jerárquico con herramientas de AHP. Como se observa en la parte superior del Esquema 5.2, el objetivo es delimitar un geoparque en QR, en donde en el nivel más elevado se encuentra el objetivo del problema; en el siguiente los criterios y subcriterios; y en el nivel más bajo, las alternativas. Esta tarea se llevó a cabo analizando las características de todos los elementos de dicho esquema.



Esquema 5.2. Estructura jerárquica de criterios, subcriterios y alternativas de un geoparque en Quintana Roo.

Fuente: Elaboración propia.

Fase III: Evaluación de los criterios (componentes) obtención de prioridades y consistencia del modelo

Una vez que se estructuró el modelo jerárquico (Esquema 5.2) y con el fin de “asignar valores numéricos a juicios o pensamientos subjetivos sobre la importancia relativa de cada variable, y sintetizar los juicios (AHP)”, se realizó la comparación por pares de todos los criterios y subcriterios del modelo. En este caso se empleó la escala fundamental para comparaciones por pares de Saaty (1984), misma que se usó en el capítulo tres⁴⁵. Retomando el procedimiento de *cálculo de matriz de comparación pareadas* descrito por Saaty y Kearns (1985), Saaty y Vargas (1994) y Saaty (1996), que se describió anteriormente en el capítulo 3, se calculará únicamente la primera matriz de comparación con el fin de obtener prioridades o pesos relativos entre los elementos del modelo sólo para el nivel más alto de la estructura jerárquica. Para ello, deben recordarse y adecuarse los siguientes puntos:

1. Para obtener los pesos relativos de los elementos en un problema de comparación, primero debe hacerse la comparación por pares a partir de un componente dado. Para ello es necesario construir la matriz de comparación por pares (Figura 5.1).

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 5.1. Matriz para comparación por pares. Fuente: Elaboración propia.

⁴⁵ Ver Tabla 20: Escala fundamental para comparaciones por pares.

2. El enunciado de evaluación debe reflejar la adecuada relación entre los elementos de un nivel con la propiedad del nivel inmediatamente superior (Saaty, 2014). En este caso se estableció la pregunta: ¿Qué componente aporta mayor riqueza para la conformación de un geoparque en QR? En la Tabla 5.1 se muestran los resultados de las comparaciones por pares entre los componentes considerados en el ejemplo:

| ¿Qué componente aporta mayor riqueza para la conformación de un geoparque? | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------------|
| Patrimonio natural geológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Actores sociales |
| Patrimonio natural geológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrimonio natural biológico |
| Patrimonio natural geológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrimonio cultural |
| Patrimonio natural geológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Infraestructura pública |
| Patrimonio natural geológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Infraestructura turística |
| Patrimonio natural biológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Actores sociales |
| Patrimonio natural biológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Patrimonio cultural |
| Patrimonio natural biológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Infraestructura pública |
| Patrimonio natural biológico | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Infraestructura turística |
| Patrimonio cultural | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Actores sociales |
| Patrimonio cultural | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Infraestructura pública |
| Patrimonio cultural | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Infraestructura turística |
| Infraestructura pública | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Actores sociales |
| Infraestructura turística | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Infraestructura pública |
| Infraestructura turística | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Actores sociales |

Tabla 5.1. Matriz de la valoración del enunciado para establecer prioridades de los criterios.
Fuente: Elaboración propia.

3. Las comparaciones para esta matriz de comparación de 6 x 6 fueron quince (Tabla 5.2). Los valores correspondieron a aquéllos elegidos para cada comparación a partir de la Escala de Saaty (Tabla 5.1). El resto de los valores resultaron de aplicar el valor recíproco de la comparación opuesta.

| | PN Geo | PN Bio | P Cult | Inf Tur | Inf Pub | Act Soc |
|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| PN Geo | 1.00 | 6.00 | 5.00 | 4.00 | 3.00 | 2.00 |
| PN Bio | 0.17 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 0.25 | 0.20 |
| P Cult | 0.20 | 2.00 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 0.25 |
| Inf Tur | 0.25 | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.50 | 0.33 |
| Inf Pub | 0.33 | 4.00 | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.50 |
| Act Soc | 0.50 | 5.00 | 4.00 | 3.00 | 2.00 | 1.00 |

Tabla 5.2. Llenado de los valores de la matriz de comparación
Fuente: Elaboración propia.

4. A continuación, se normalizaron los valores de las comparaciones pareadas para cada componente y se generó la matriz normalizada (Tabla 5.3). Enseguida se calculó el vector promedio (peso relativo) de los valores normalizados de cada componente (filas). Estos valores servirán para calcular la razón de consistencia de todo el análisis⁴⁶. El peso relativo de cada componente es el vector promedio resultante, derivado del producto de los valores normalizados de cada componente expresados en las filas.

| | Matriz de comparación por pares | | | | | | Matriz normalizada | | | | | | Vector (Peso) |
|---------|---------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| | PN Geo | PN Bio | P Cult | Inf Tur | Inf Pub | Act Soc | | | | | | | |
| PN Geo | 1.00 | 6.00 | 5.00 | 4.00 | 3.00 | 2.00 | 0.4082 | 0.2857 | 0.3226 | 0.3692 | 0.4235 | 0.4669 | 0.3794 |
| PN Bio | 0.17 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 0.25 | 0.20 | 0.0680 | 0.0476 | 0.0323 | 0.0308 | 0.0353 | 0.0467 | 0.0434 |
| P Cult | 0.20 | 2.00 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 0.25 | 0.0816 | 0.0952 | 0.0645 | 0.0462 | 0.0471 | 0.0584 | 0.0655 |
| Inf Tur | 0.25 | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 0.1020 | 0.1429 | 0.1290 | 0.0923 | 0.0706 | 0.0778 | 0.1024 |
| Inf Pub | 0.33 | 4.00 | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.50 | 0.1361 | 0.1905 | 0.1935 | 0.1846 | 0.1412 | 0.1167 | 0.1604 |
| Act Soc | 0.50 | 5.00 | 4.00 | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.2041 | 0.2381 | 0.2581 | 0.2769 | 0.2824 | 0.2335 | 0.2488 |
| SUMA | 2.45 | 21.00 | 15.50 | 10.83 | 7.08 | 4.28 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0000 |

Tabla 5.3. Matriz de comparación por pares, matriz de normalización y vector del peso de cada componente.

Fuente: Elaboración propia.

5. Para obtener los resultados de todas las entidades que se incluyeron en la estructura jerárquica, se elaboraron 19 matrices de comparación en total. Los resultados se incluyen en el Anexo 5. Como resumen, en la Tabla 5.4 se presenta la lista completa (ranking global) de las 37 entidades de la delimitación de geoparques en QR que se evaluaron a través de este método. La evaluación de los criterios, subcriterios analizados derivó en la ponderación de cada una de las 37 entidades consideradas a partir de los datos analizados. En la columna PesoF aparecen los resultados finales de las comparaciones de todas las matrices.

| Goal | W | Criterio | W | Subcriterio | W | Entidad | Indicador | W x sub-crit | W parcial |
|----------------------------|-------|------------------------------|--------|------------------------|--------|--------------------|-----------|--------------|-----------|
| Delimitación del geoparque | 1.000 | Patrimonio natural geológico | 0.3794 | Geosito | 0.8571 | Sistema cuevas | Alta | 0.6667 | 0.2168 |
| | | | | | | Estromatolitos | Baja | 0.3333 | 0.1084 |
| | | | | Sitio de geodiversidad | 0.1429 | SistCuevas/Cenotes | Alta | 0.5390 | 0.0292 |
| | | | | | | Sistema cuevas | Media | 0.2973 | 0.0161 |
| | | | | | | Cenotes | Baja | 0.1638 | 0.0089 |
| | | | | | | Más del 70% PI | Alta | 0.5390 | 0.0723 |
| | | Actores sociales | 0.2488 | Pueblos originarios | 0.5390 | Del 40 al 69% PI | Media | 0.2973 | 0.0399 |
| | | | | | | Menos del 40% PI | Baja | 0.1638 | 0.0220 |

⁴⁶ Para mayor explicación de este tema se puede consultar el trabajo de Saaty (2014).

| | | | | | | | | | |
|-----------------|----------|------------------------------|-------------------------------------|--|--------|---------------|----------|--------|--------|
| | | | Turistas (afluencia por destino) | 0.2973 | Alta | Alta | 0.7235 | 0.0535 | |
| | | | | | Media | Media | 0.1932 | 0.0143 | |
| | | | | | Baja | Baja | 0.0833 | 0.0062 | |
| | | | Operadores turísticos | 0.1638 | Alta | Alta | 0.6232 | 0.0254 | |
| | | | | | Media | Media | 0.2395 | 0.0098 | |
| | | | | | Baja | Baja | 0.1373 | 0.0056 | |
| | | Infraestructura pública | 0.1604 | Vías de comunicación (carreteras) | 0.7500 | Alta | Alta | 0.7235 | 0.0871 |
| | | | | | | Media | Media | 0.1932 | 0.0232 |
| | | | | | | Baja | Baja | 0.0833 | 0.0100 |
| | | | | Medios de comunicación | 0.2500 | Aeropuertos | Alta | 0.6667 | 0.0267 |
| | | Puertos | Baja | | | 0.3333 | 0.0134 | | |
| | | Infraestructura turística | 0.1024 | Alojamiento | 0.8000 | Alta | Alta | 0.5381 | 0.0441 |
| | | | | | | Media | Media | 0.2872 | 0.0235 |
| | | | | | | Baja | Baja | 0.1239 | 0.0102 |
| | | | | | | Muy Baja | Muy Baja | 0.0507 | 0.0042 |
| | | | | Infraestructura gastronómica | 0.2000 | Alta | Alta | 0.6232 | 0.0128 |
| | | | | | | Media | Media | 0.2395 | 0.0049 |
| | | Patrimonio cultural | 0.0655 | Tangible - Ruina/Museo | 0.6667 | Alta | Alta | 0.5390 | 0.0235 |
| | | | | | | Media | Media | 0.2973 | 0.0130 |
| | | | | | | Baja | Baja | 0.1638 | 0.0072 |
| | | | | Intangible (Tradiciones / Artesanías/ Gastronomía) | 0.3333 | Alta | Alta | 0.5390 | 0.0118 |
| | | | | | | Media | Media | 0.2973 | 0.0065 |
| | | | | | | Baja | Baja | 0.1638 | 0.0036 |
| | | Patrimonio natural biológico | 0.0434 | Integración de Áreas naturales protegidas | 1.0000 | RB-PN-APFF-ST | Alta | 0.5271 | 0.0229 |
| RB-PN-APFF | Media | | | | | 0.2914 | 0.0127 | | |
| RB-APFF/PN-APFF | Baja | | | | | 0.1268 | 0.0055 | | |
| PN | Muy Baja | | | | | 0.0547 | 0.0024 | | |

Tabla 5.4. Valores ponderados resultantes de la comparación pareada (ranking global)

Fuente: Elaboración propia.

6. El método de comprobación del AHP se aplica a partir de calcular la razón de consistencia (RC), relación matemática que sirve para evaluar la congruencia de todos los juicios a partir de la matriz de comparaciones. Este cálculo requiere de obtener previamente el Índice de Consistencia (IC) y el Índice de Consistencia Aleatorio (IA) (Fórmulas 1 y 2).

Fórmula 1: Razón o Índice de Consistencia

Fórmula 5.1

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Donde:

IC = Índice de Consistencia

Nmax = máximo autovalor

n = orden de la matriz de decisión o número de criterios

Fórmula 2: Índice de Consistencia Aleatoria

Fórmula 5.2

$$IA = \frac{1.98 (n - 2)}{n}$$

Donde:

IA = Índice de Consistencia Aleatoria

n = orden de la matriz de decisión o número de criterios

El autor del método AHP, Thomas Saaty, sugiere que la inconsistencia sea calculada a través del valor Índice de Consistencia (IC), en donde N_{max} es el máximo valor entendido como el promedio de la división de los resultados de la multiplicación de matrices (valores de comparación por los valores del vector promedio de cada componente), y n es el orden de la matriz, es decir, el número de criterios considerado (Yepes, 2022).

El valor ideal que se busca obtener con el cálculo del IC es cero, que equivaldría a que el análisis tenga una consistencia completamente coherente; sin embargo, este índice depende del orden de la matriz (n), por lo que en el método AHP se propone el uso de la función Razón o Índice de Consistencia (RC) (Fórmula 3.3), que se obtiene de la división de IC entre su valor esperado Índice de Consistencia Aleatorio (IA), que indica la consistencia de una matriz aleatoria. Éste último índice se obtiene de aplicar el valor 1.98 por el orden de la matriz menos dos, dividido nuevamente en el orden de la matriz de decisión.

| Tamaño de la Matriz (n) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Consistencia Aleatoria (CA) | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Tabla 5.5. Consistencia Aleatoria

Fuente: Sánchez, G. (2003).

Por tanto, la matriz es consistente siempre y cuando RC no supere los valores indicados en la Tabla 5.5. Si en una matriz se supera el RC máximo, hay que revisar las ponderaciones previamente aplicadas.

Fórmula 3: Razón de Consistencia

Donde:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

RC = Razón de Consistencia

IC = Índice de Consistencia

IA = Índice de Consistencia Aleatoria

En esta relación matemática, si RC se encuentra por debajo de los límites permitidos menor a 0.100 el resultado del análisis de la matriz de decisión es válido. En la Tabla 5.6 se muestran los cálculos aplicados a la matriz de comparación del ejemplo:

| Análisis de consistencia | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------------|----------------------------|------------|
| | PN Geo | PN Bio | P Cult | Inf Tur | Inf Pub | Act Soc | Peso (vector) | Multiplicación de matrices | A / Peso |
| PN Geo | 1.00 | 6.00 | 5.00 | 4.00 | 3.00 | 2.00 | 0.3794 | 2.4 | 6.2 |
| PN Bio | 0.17 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 0.25 | 0.20 | 0.0434 | 0.3 | 6.1 |
| P Cult | 0.20 | 2.00 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 0.25 | 0.0654 | 0.4 | 6.0 |
| Inf Tur | 0.25 | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.50 | 0.33 | 0.1024 | 0.6 | 6.1 |
| Inf Pub | 0.33 | 4.00 | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.50 | 0.1604 | 1.0 | 6.1 |
| Act Soc | 0.50 | 5.00 | 4.00 | 3.00 | 2.00 | 1.00 | 0.2488 | 1.5 | 6.2 |
| | | | | | | | | Nmax | 6.1 |

| | | |
|---|------|--------|
| N = Número de criterios (componentes) | n = | 6 |
| IC = Índice de consistencia = $N_{max} - n / n - 1$ | IC = | 0.0246 |
| IA = Índice de aleatoriedad = $1.98 (n-2) / n$ | IA = | 1.32 |
| RC = Razón de consistencia = IC/IA | RC = | 0.0186 |

Tabla 5.6. Análisis de consistencia. Fuente: Elaboración propia.

Con base en el resultado de $RC = 0.0186$, se puede afirmar que la valoración de los juicios aplicados al nivel superior (criterios) de la estructura jerárquica planteada cumplen con una razón de consistencia aceptable. Esta misma evaluación se realizó con todos los elementos del modelo jerárquico incluidos en el Esquema 5.2, cuyos resultados se encuentran en el Anexo 6.

Fase IV: Selección de municipios de QR a partir de criterios e indicadores

Una vez obtenidos todos los pesos de cada uno de los subcriterios (Tabla 5.4), se construyeron tablas en las que se ubicó cada uno de los elementos evaluados por su ubicación a nivel de municipios de QR (Tablas 5.7 a 5.12). Además de incluir el tipo de elemento, se agregó el peso obtenido con el análisis AHP. Hubo casos en los que los 11 municipios quedaron clasificados con esta información; no obstante, para algunos subcriterios, algunos municipios quedaron sin información. A continuación, se incluyen todas las tablas.

| Patrimonio natural geológico (1) | | | | |
|----------------------------------|----------------|--------|----------------------|--------|
| Geositos | | | Sitios geodiversidad | |
| Municipio | Descrip | W_GEOS | Descrip | W_S_GD |
| Bacalar | Estromatolito | 1084 | Cenotes | 89 |
| Benito Juárez | n/a | | n/a | |
| Cozumel | n/a | | n/a | |
| F. Carrillo Puerto | n/a | | n/a | |
| Isla Mujeres | n/a | | n/a | |
| J. María Morelos | n/a | | n/a | |
| Lázaro Cárdenas | n/a | | n/a | |
| Othón P. Blanco | Estromatolito | 1084 | n/a | |
| Puerto Morelos | n/a | | Cenotes | 89 |
| Solidaridad | n/a | | Sistema cuevas | 161 |
| Tulum | Sistema cuevas | 2168 | Sistema cuevas | 161 |

Tabla 5.7. Evaluación del Patrimonio Natural Geológico. Fuente: Elaboración propia.

| Actores sociales (2) | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|-----|-----------------------|--------|-----|
| Municipio | Pueblos originarios | | | Turistas (afluencia por destino) | | | Operadores turísticos | | |
| | Descrip | WPOr | Clasif | Descrip | Clasif | WTr | Descrip | Clasif | WOt |
| Bacalar | Del 40 al 69% de PI | 0.0399 | Medio | 119,841 | Baja | 62 | 21 | Media | 98 |
| Benito Juárez | Menos del 40% de PI | 0.0220 | Bajo | 4,298,347 | Alta | 535 | 58 | Alta | 254 |
| Cozumel | Menos del 40% de PI | 0.0220 | Bajo | 766,461 | Media | 143 | s/d | | |
| F. Carrillo Puerto | Más del 70% de PI | 0.0723 | Alto | s/d | Baja | 62 | 4 | Baja | 56 |
| Isla Mujeres | Menos del 40% de PI | 0.0220 | Bajo | 786,049 | Media | 143 | 1 | Baja | 56 |
| J. María Morelos | Más del 70% de PI | 0.0723 | Alto | s/d | Baja | 62 | s/d | | |
| Lázaro Cárdenas | Más del 70% de PI | 0.0723 | Alto | s/d | Baja | 62 | s/d | | |
| Othón P. Blanco | Menos del 40% de PI | 0.0220 | Bajo | 497,040 | Media | 143 | 11 | Media | 98 |
| Puerto Morelos | Menos del 40% de PI | 0.0220 | Bajo | 758,532 | Media | 143 | s/d | | |
| Solidaridad | Menos del 40% de PI | 0.0220 | Bajo | 4,637,459 | Alta | 143 | 17 | Media | 98 |
| Tulum | Del 40 al 69% de PI | 0.0399 | Medio | 883,326 | Media | 143 | 17 | Media | 98 |

Tabla 5.8. Evaluación de Actores sociales. Fuente: Elaboración propia.

| Infraestructura pública (3) (vías de transporte) | | | | | | | |
|--|-----------|--------|-------|------------|------|----------|------|
| Municipio | Terrestre | | | Aérea | | Marítimo | |
| | Long_carr | Clasif | W_CAR | Aeropuerto | W_AE | Puerto | W_MR |
| Bacalar | 945 | Alta | 871 | n/a | | n/a | |
| Benito Juárez | 332 | Media | 232 | 1 | 267 | 1 | 134 |
| Cozumel | 108 | Baja | 100 | 1 | 267 | 1 | 134 |
| F. Carrillo Puerto | 1296 | Alta | 871 | n/a | | n/a | |
| Isla Mujeres | 116 | Baja | 100 | 1 | 267 | 1 | 134 |
| J. María Morelos | 636 | Media | 232 | n/a | | n/a | |
| Lázaro Cárdenas | 447 | Media | 232 | n/a | | n/a | |
| Othón P. Blanco | 1171 | Alta | 871 | 1 | 267 | 1 | 134 |
| Puerto Morelos | 301 | Media | 232 | | | | |
| Solidaridad | 304 | Media | 232 | | | 1 | 134 |
| Tulum | 424 | Media | 232 | | | | |

Tabla 5.9. Evaluación de Infraestructura pública. Fuente: Elaboración propia.

| Infraestructura turística (4) | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|----------|--------|------------------------------|--------|--------|
| Municipio | Alojamiento | | | Infraestructura gastronómica | | |
| | #Aloj | Clasif | W_ALOJ | Restaurant | Clasif | W_REST |
| Bacalar | 65 | Media | 235 | 118 | Baja | 28 |
| Benito Juárez | 265 | Alta | 441 | 1178 | Alta | 128 |
| Cozumel | 75 | Media | 235 | 439 | Media | 49 |
| F. Carrillo Puerto | 13 | Muy Baja | 42 | 11 | Baja | 28 |
| Isla Mujeres | 59 | Media | 235 | 203 | Media | 49 |
| J. María Morelos | 4 | Muy Baja | 42 | 3 | Baja | 28 |
| Lázaro Cárdenas | 74 | Media | 235 | 115 | Baja | 28 |
| Othón P. Blanco | 114 | Media | 235 | 257 | Media | 49 |
| Puerto Morelos | 31 | Baja | 102 | 138 | Baja | 28 |
| Solidaridad | 268 | Alta | 441 | 1352 | Alta | 128 |
| Tulum | 226 | Alta | 441 | 564 | Media | 49 |

Tabla 15.10. Evaluación de Infraestructura turística. Fuente: Elaboración propia.

| Patrimonio cultural (5) | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------------|--------------|--------------------|---------------|--------------|
| | Trad/Arte/ Gastro | | | Ruina/Museo | | |
| Municipio | #Entidad | Clasif | W_PCI | #Entidad | Clasif | W_PCT |
| Bacalar | 8 | Baja | 36 | 3 | Media | 130 |
| Benito Juárez | 41 | Alta | 118 | 6 | Alta | 235 |
| Cozumel | 9 | Baja | 36 | 1 | Baja | 72 |
| F. Carrillo Puerto | 11 | Baja | 36 | 2 | Media | 130 |
| Isla Mujeres | 14 | Media | 65 | s/d | s/d | |
| J. María Morelos | 10 | Baja | 36 | s/d | s/d | |
| Lázaro Cárdenas | 18 | Media | 65 | s/d | s/d | |
| Othón P. Blanco | 35 | Alta | 118 | 7 | Alta | 235 |
| Puerto Morelos | 12 | Baja | 36 | s/d | s/d | |
| Solidaridad | 10 | Baja | 36 | 3 | Media | 130 |
| Tulum | 11 | Baja | 36 | 2 | Media | 130 |

Tabla 5.11. Evaluación de Patrimonio Cultural.

Fuente: Elaboración propia.

| Patrimonio natural biológico (6) | | | |
|---|---------------|---------------|--------------|
| | ANP | | |
| Municipio | ANP | Clasif | W_PNB |
| Bacalar | RB-APFF | Media | 55 |
| Benito Juárez | RB-PN-APFF | Alta | 127 |
| Cozumel | PN-APFF | Media | 55 |
| F. Carrillo Puerto | RB-APFF | Media | 55 |
| Isla Mujeres | RB-PN-APFF-ST | Muy Alta | 229 |
| J. María Morelos | n/a | n/a | |
| Lázaro Cárdenas | RB-APFF | Media | 55 |
| Othón P. Blanco | RB-PN-APFF | Alta | 127 |
| Puerto Morelos | PN | Baja | 24 |
| Solidaridad | RB-APFF | Media | 55 |
| Tulum | RB-PN-APFF | Alta | 127 |

Tabla 5.12. Evaluación de Patrimonio natural biológico (ANP).

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se listan las actividades realizadas para seleccionar las alternativas (municipios) con base en los pesos obtenidos para cada criterio/subcriterio a partir del AHP (tabla 5.13).

1. Ordenar todas las tablas por municipios y criterio/subcriterio
2. Sumar los pesos de cada criterio/subcriterio (13 en total)

| Municipio | Patrimonio natural geológico | | Actores sociales | | | Infraestructura pública | | | Infraestructura turística | | Patrimonio cultural | | Patrimonio natural biológico | Suma pesos |
|--------------|------------------------------|--------|------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|---------------------------|--------|---------------------|---------|------------------------------|------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | |
| | W_GEOS | W_SGD | W_POR | W_T | W_OP | W_CARR | W_AER | W_MAR | W_ALOJ | W_REST | W_PCINT | W_PCINT | W_PNB | |
| Bacalar | 0.1084 | 0.0089 | 0.0399 | 0.0062 | 0.0098 | 0.0871 | | | 0.0235 | 0.0028 | 0.0036 | 0.0130 | 0.0055 | 0.3087 |
| B. Juárez | | | 0.0220 | 0.0535 | 0.0254 | 0.0232 | 0.0267 | 0.0134 | 0.0441 | 0.0128 | 0.0118 | 0.0235 | 0.0127 | 0.2691 |
| Cozumel | | | 0.0220 | 0.0143 | | 0.0100 | 0.0267 | 0.0134 | 0.0235 | 0.0049 | 0.0036 | 0.0072 | 0.0055 | 0.1311 |
| F.C. Puerto | | | 0.0723 | 0.0062 | 0.0056 | 0.0871 | | | 0.0042 | 0.0028 | 0.0036 | 0.0130 | 0.0055 | 0.2003 |
| I. Mujeres | | | 0.0220 | 0.0143 | 0.0056 | 0.0100 | 0.0267 | 0.0134 | 0.0235 | 0.0049 | 0.0065 | | 0.0229 | 0.1498 |
| J.M. Morelos | | | 0.0723 | 0.0062 | | 0.0232 | | | 0.0042 | 0.0028 | 0.0036 | | | 0.1123 |
| L. Cárdenas | | | 0.0723 | 0.0062 | | 0.0232 | | | 0.0235 | 0.0028 | 0.0065 | | 0.0055 | 0.1400 |
| O.P. Blanco | 0.1084 | | 0.0220 | 0.0143 | 0.0098 | 0.0871 | 0.0267 | 0.0134 | 0.0235 | 0.0049 | 0.0118 | 0.0235 | 0.0127 | 0.3581 |
| Pto. Morelos | | 0.0089 | 0.0220 | 0.0143 | | 0.0232 | | | 0.0102 | 0.0028 | 0.0036 | | 0.0024 | 0.0874 |
| Solidaridad | | 0.0161 | 0.0220 | 0.0143 | 0.0098 | 0.0232 | | 0.0134 | 0.0441 | 0.0128 | 0.0036 | 0.0130 | 0.0055 | 0.1778 |
| Tulum | 0.2168 | 0.0161 | 0.0399 | 0.0143 | 0.0098 | 0.0232 | | | 0.0441 | 0.0049 | 0.0036 | 0.0130 | 0.0127 | 0.3984 |

- | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| (1) Geositios | (6) Vías de comunicación terrestres | (10) Infraestructura gastronómica |
| (2) Sitios de geodiversidad | (7) Vías de comunicación aérea | (11) Intangible: Tradiciones/Artesanías/Gastronomía |
| (3) Pueblos originarios | (8) Vías de comunicación marítimas | (12) Tangible: Zonas arqueológicas y Museos |
| (4) Turistas (afluencia por destino) | (9) Alojamiento | (13) Áreas naturales protegidas |
| (5) Operadores turísticos | | |

Tabla 5.13. Integración de pesos (weight) por municipio y criterio/subcriterio.

Fuente: Elaboración propia.

3. Ordenar de mayor a menor los resultados de las sumas de los pesos por municipios
4. Establecer la condición para que un municipio pueda considerarse potencial para formar parte de un geoparque: Contar con geositios o sitios de geodiversidad (Tabla 5:14):

| Municipios ordenados (mayor a menor) | Suma pesos | ¿Cumple condición? * |
|--------------------------------------|------------|----------------------|
| Tulum | 0.3984 | Si |
| Othón P. Blanco | 0.3581 | Si |
| Bacalar | 0.3087 | Si |
| Benito Juárez | 0.2691 | No |
| F. Carrillo Puerto | 0.2003 | No |
| Solidaridad | 0.1778 | Si |
| Isla Mujeres | 0.1498 | No |
| Lázaro Cárdenas | 0.1400 | No |
| Cozumel | 0.1311 | No |
| J. María Morelos | 0.1123 | No |
| Puerto Morelos | 0.0874 | Si |

Tabla 2 Lista de municipios potenciales para geoparque

Fuente: Elaboración propia.

Resultados: lista final de alternativas-municipios (Tabla 5.15):

| Municipios ordenados (mayor a menor) | Suma pesos | ¿Cumple condición? |
|--------------------------------------|------------|--------------------|
| Tulum | 0.3984 | Si |
| Othón P. Blanco | 0.3581 | Si |
| Bacalar | 0.3087 | Si |
| Solidaridad | 0.1778 | Si |
| Puerto Morelos | 0.0874 | Si |

Tabla 3 Lista de municipios para conformar un geoparque

Fuente: Elaboración propia.

Con esta información fue posible calificar cada municipio para cada criterio-subcriterio y obtener el valor total que le aportó cada peso (weight) a cada municipio y, finalmente, seleccionar los municipios con mayores valores que se convirtieron en las alternativas. En la Tabla 5.16, se presentan dichos datos resumidos:

| Objetivo | W | Criterio | W | Subcriterio | W | Elemento | Indicador | W | W parcial | Bacalar | O.P.Blanco | P.Morelos | Solidaridad | Tulum | | | |
|--------------------------------|----------|----------------------------------|--------|--|--------|---------------------------|-----------|--------|-----------|---------|------------|-----------|-------------|--------|--------|--------|--|
| Delimitación del geoparque (1) | 1.000 | Patrimonio natural geológico (1) | 0.3794 | Sistemas | 0.8571 | Sistema de cuevas | Alta | 0.667 | 0.2168 | | | | | 0.2168 | | | |
| | | | | | | Estromatolitos | Baja | 0.333 | 0.1084 | 0.1084 | 0.1084 | | | | | | |
| | | | | Sitios de geodiversidad | 0.1429 | Sistema de cuevas/Cenotes | Alta | 0.539 | 0.0292 | | | | | | | | |
| | | | | | | Sistema de cuevas | Media | 0.297 | 0.0161 | | | | 0.0161 | 0.0161 | | | |
| | | | | | | Cenotes | Baja | 0.164 | 0.0089 | 0.0089 | | 0.0089 | | | | | |
| | | Actores sociales (2) | 0.2488 | Pueblos originarios | 0.5390 | Más del 70% de PI | Alta | 0.539 | 0.0723 | | | | | | | | |
| | | | | | | Del 40 al 69% de PI | Media | 0.297 | 0.0399 | 0.0399 | | | | | 0.0399 | | |
| | | | | | | Menos del 40% de PI | Baja | 0.164 | 0.0220 | | 0.0220 | 0.0220 | 0.0220 | | | | |
| | | | | Turistas (afluencia por destino) | 0.2973 | Alta | Alta | 0.724 | 0.0535 | | | | | | | | |
| | | | | | | Media | Media | 0.193 | 0.0143 | | 0.0143 | 0.0143 | 0.0143 | 0.0143 | 0.0143 | | |
| | | | | Operadores turísticos | 0.1638 | Alta | Alta | 0.623 | 0.0254 | | | | | | | | |
| | | | | | | Media | Media | 0.239 | 0.0098 | 0.0098 | 0.0098 | | 0.0098 | 0.0098 | | | |
| | | Baja | Baja | 0.137 | 0.0056 | | | | | | | | | | | | |
| | | Infraestructura pública (3) | 0.1604 | Vías de comunicación | 0.7500 | Alta | Alta | 0.724 | 0.0871 | 0.0871 | 0.0871 | | | | | | |
| | | | | | | Media | Media | 0.193 | 0.0232 | | 0.0232 | 0.0232 | 0.0232 | 0.0232 | | | |
| | | | | | | Baja | Baja | 0.083 | 0.0100 | | | | | | | | |
| | | | | Medios de comunicación | 0.2500 | Aeropuertos | Alta | 0.667 | 0.0267 | | 0.0267 | | | | | | |
| | | | | | | Puertos | Baja | 0.333 | 0.0134 | | 0.0134 | | 0.0134 | 0.0134 | | | |
| | | Infraestructura turística (4) | 0.1024 | Alojamiento | 0.8000 | Alta | Alta | 0.538 | 0.0441 | | | | | | 0.0441 | 0.0441 | |
| | | | | | | Media | Media | 0.287 | 0.0235 | 0.0235 | 0.0235 | | | | | | |
| | | | | | | Baja | Baja | 0.124 | 0.0102 | | 0.0102 | | | | | | |
| | | | | | | Muy Baja | Muy Baja | 0.051 | 0.0042 | | | | | | | | |
| | | | | Infraestructura gastronómica | 0.2000 | Alta | Alta | 0.623 | 0.0128 | | | | | 0.0128 | | | |
| | | | | | | Media | Media | 0.239 | 0.0049 | | 0.0049 | | | 0.0049 | | | |
| | | | | | | Baja | Baja | 0.137 | 0.0028 | 0.0028 | | 0.0028 | | | | | |
| | | Patrimonio cultural (5) | 0.0655 | Tangible: Zonas arqueológicas / Museos | 0.6667 | Alta | Alta | 0.539 | 0.0235 | | 0.0235 | | | | | | |
| | | | | | | Media | Media | 0.297 | 0.0130 | 0.0130 | | | 0.0130 | 0.0130 | | | |
| | | | | | | Baja | Baja | 0.164 | 0.0072 | | | | | | | | |
| | | | | Intangible: Tradiciones / Artesanías / Gastronomía | 0.3333 | Alta | Alta | 0.539 | 0.0118 | | 0.0118 | | | | | | |
| | | | | | | Media | Media | 0.297 | 0.0065 | | | | | | | | |
| | | Baja | Baja | 0.164 | 0.0036 | 0.0036 | | 0.0036 | 0.0036 | 0.0036 | 0.0036 | | | | | | |
| | | Patrimonio natural biológico (6) | 0.0434 | Áreas naturales protegidas | 1.0000 | Rb-Pn-Apff-St | Alta | 0.527 | 0.0229 | | | | | | | | |
| Rb-Pn-Apff | Media | | | | | 0.291 | 0.0127 | | 0.0127 | | | 0.0127 | | | | | |
| Rb-Apff / Pn-Apff | Baja | | | | | 0.127 | 0.0055 | 0.0055 | | | 0.0055 | 0.0055 | | | | | |
| Pn | Muy Baja | | | | | 0.055 | 0.0024 | | | 0.0024 | | | | | | | |

Tabla 5.16. Valoración final: municipios potenciales para el establecimiento de geoparques.

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Geoparques propuestos en Quintana Roo

Finalmente, los resultados arrojados del análisis permiten identificar dos conjuntos de municipios para la conformación de geoparques a partir de su continuidad geográfica:

Calificación global de los 5 municipios más altos

1. En la valoración de los cinco municipios que cuentan con geositos y sitios de geodiversidad, de acuerdo con la suma de las valoraciones más altas de los seis criterios y sus subcriterios, el orden de los municipios es: Tulum con 0.3984 y Othón P. Blanco, con 0.3581; en tercer lugar, Bacalar con 0.3087; en cuarto sitio, Solidaridad con 0.1778; y en último lugar, Puerto Morelos con 0.0874
2. Cambio de orden entre el AS y IPUB. En este caso, parece ser más importante la Infraestructura Pública que los Actores Sociales, en contraposición con la evaluación AHP a nivel de criterios.
3. La razón puede ser que en algunos municipios la infraestructura carretera es más importante, debido a su extensión espacial, que los geositos y sitios de geodiversidad.

Calificación de los municipios Tulum-Solidaridad-Pto. Morelos

1. Agrupando los municipios por cercanía geográfica, Tulum, Solidaridad y Puerto Morelos cuentan con una sumatoria de 0.6668 puntos, situación que los ubica en primer lugar en comparación con Bacalar y Othón P. Blanco, por lo que podría considerarse que el espacio turístico contiguo de estos municipios constituiría la delimitación de un primer geoparque.
2. Cambio de orden entre el ITUR e IPUB. En este caso, parece ser más importante la Infraestructura Turística que la Infraestructura Pública, en contraposición con la evaluación AHP a nivel de criterios.
3. La razón puede ser que en algunos municipios la infraestructura turística tiene mayor presencia debido al desarrollo turístico que ha habido en la zona desde hace más de 35 años; no obstante, debido al tamaño de los municipios en referencia, la extensión de la red carretera es reducida.

Calificación de los municipios Bacalar-Othón P. Blanco

1. En segundo término, agrupando los municipios por cercanía geográfica, Bacalar y Othón P. Blancos cuentan con una sumatoria de 0.6636 puntos, apenas un 0.2% menos que el grupo Tulum, Solidaridad y Pto. Morelos, situación que los ubica en segundo lugar, por lo que podría considerarse que el espacio turístico contiguo de estos municipios constituiría la delimitación de un segundo geoparque.
2. Cambio de orden entre el AS y IPUB. En este caso, parece ser más importante la Infraestructura Pública que los Actores Sociales, en contraposición con la evaluación AHP a nivel de criterios.

3. La razón puede ser que en algunos municipios la infraestructura carretera es más importante, debido a su extensión espacial, que los geositos y sitios de geodiversidad y que los actores sociales presentes en dichos municipios.

A continuación, se presentan algunas características de los dos geoparques propuestos y el mapa resultante donde se integra toda la información.

Ficha informativa del Geoparque Kúuchil kanáan” (lugar de conservación). Othon. P. Blanco– Bacalar

Municipio: Othon P. Blanco:

Geositos: estromatolitos: Rápidos Laguna de Bacalar

Zonas Arqueológicas: Oxtankah, Dzibanché, Kinichná, Chakanbakán y Kohulich

Museos: 1. Museo de la Cultura maya 2. Museo de la Ciudad 3. Planetario yook'ol kaab

ANP: Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, Arrecife Xcalak

Aeropuertos: Internacional de Chetumal

Puerto: Costa Maya

Infraestructura Hotelera: 111 hoteles

Afluencia de turistas: 497,040

Longitud de carreteras: 1171 km

Municipio: Bacalar

Geositos: estromatolitos Playa Cocalitos y estromatolitos

Sitios de geodiversidad: Cenotes Azul, Esmeralta y Cocalitos

Zonas Arqueológicas: Chacchoben y Ichkabal

Museos: Fuerte de Bacalar

ANP: No aplica

Infraestructura Hotelera: 90 hoteles

Afluencia turistas anuales: 119,841

Restaurantes: 118

Longitud de carreteras: 945 km

Ficha informativa del Geoparque Kúuchil ts'ono'ot" (lugar de cenotes): Tulum-Solidaridad-Puerto Morelos

Municipio: Tulum:

Geositios: Sistema de Cuevas Sac Ac Tun

Sitios de geodiversidad: Sistema de Cuevas Actun Che

Cenotes Circuito 3: Cenotes Nohoch Na Chich, Pet, Misterio Maya, Del Jaguar, Nic Te Ha, Pit y Dos Ojos

Cenotes Circuito 4. Cenote Manatí, Calavera, Gran Cenote, Tankach-Ha, Choo - Ha y Multun Ha

Zonas Arqueológicas: Tulum y Cobá

ANP:

Reserva de la Biosfera Sian Ka'an

Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an

Parque Nacional Tulum

Area de protección de flora y fauna" El Jaguar"

Infraestructura Hotelera: 159 hoteles

Afluencia turistas anuales: 883,326

Restaurantes: 564

Longitud de carreteras: 424 km

Municipio: Solidaridad:

Sitios de geodiversidad: Sistema de cuevas Río Secreto

Cenotes Circuito 2. Cenote Cristalino y Jardín del Edén

Zonas Arqueológicas: Xcaret

Museos: Museo de las Maravillas

Infraestructura Hotelera: 287 hoteles

Afluencia turistas anuales: 4,637,459

Restaurantes: 1352

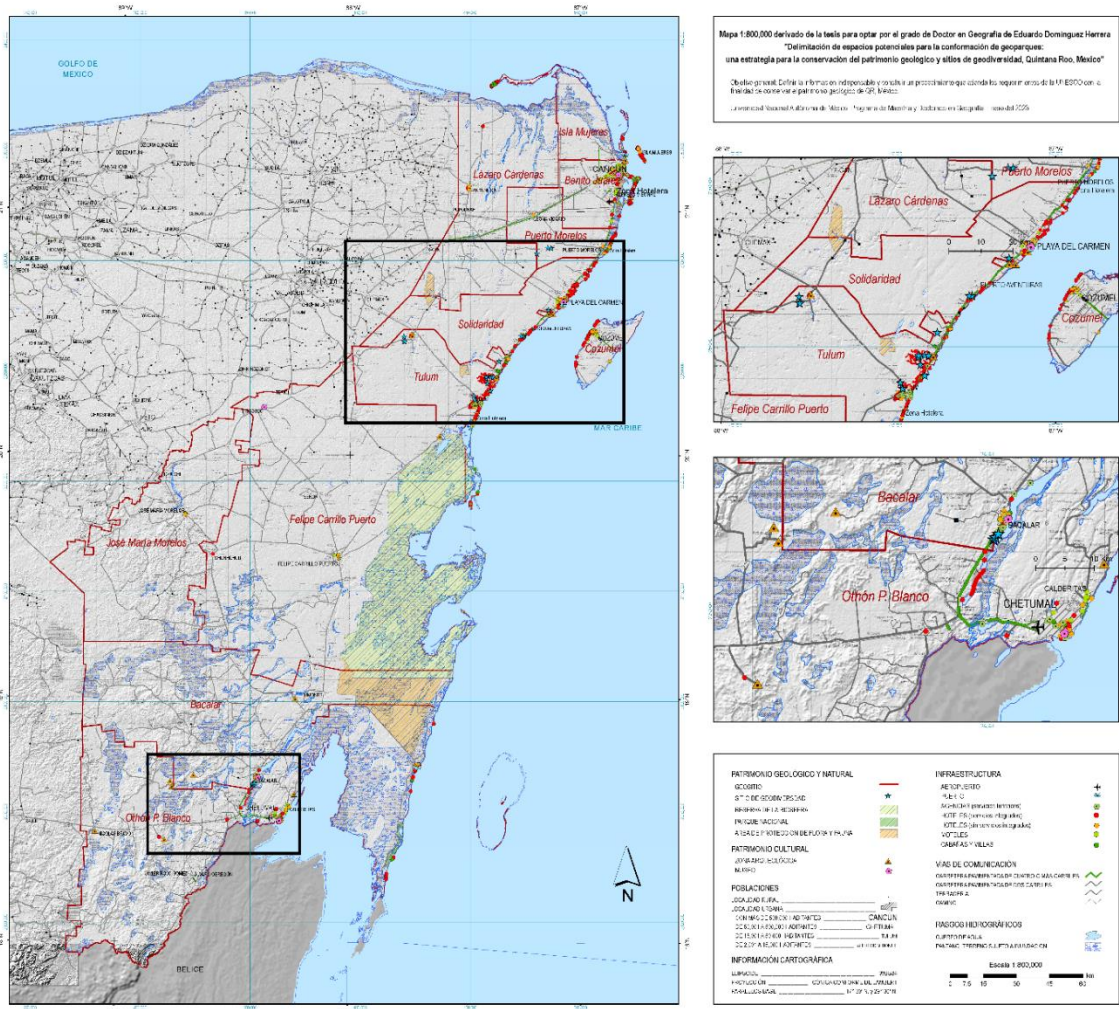
Longitud de carreteras: Solidaridad 304 km

Municipio: Puerto Morelos

Sitios de geodiversidad: Cenotes Circuito 1. Cenotes Lu'Um, Kin-Ha y K'áak'

Afluencia turistas anuales: 758,532

Longitud de carreteras: 301 km



Mapa 2 Mapa resultante: Municipios potenciales para el establecimiento de geoparques propuestos: Geoparque Kúuchil kanáan” (lugar de conservación). Othon. P. Blanco–Bacalar y Geoparque Kúuchil ts’ono’ot” (lugar de cenotes). Fuente: elaboración propia. 47

47 Para apreciar el Mapa 5.1. Municipios potenciales para el establecimiento de geoparques (tamaño original 1,130 x 820 mm), ver el Anexo 7.

Conclusiones

I

Durante el trayecto de esta investigación se ha planteado, en un primer momento, la importancia y trascendencia que tienen los *Geoparques Mundiales de la UNESCO*, en tanto que, a partir de estos, se han generado áreas geográficas únicas y unificadas reconociendo los sitios y paisajes de relevancia geológica internacional a partir de un proyecto de protección, educación y desarrollo sostenible, promoviendo con ellos el desarrollo socioeconómico de las localidades adyacentes a éstos. Si bien, la propuesta de los geoparques puede ser considerada como de reciente creación (a partir de 1996) comparado con otros proyectos de conservación y preservación de la naturaleza, se puede afirmar que éstos son una completa y compleja estrategia de geoconservación en tanto que están referidas principalmente al patrimonio geológico como punto principal, buscando a su vez articularse con el patrimonio natural y cultural de las zonas así asignadas.

La singularidad de este proyecto radica en que, además de la promoción de la geoconservación del patrimonio geológico, los objetivos también están dirigidos al fomento del empleo local y la educación de los turistas en dirección a la concientización de éstos para promover un geoturismo que ayude a cambiar las dinámicas de consumo y deterioro ambiental que ha provocado a lo largo de muchos años, el turismo convencional o de masas. Por otro lado, también se observó que, debido a estos contextos integrales promovidos por los geoparques, existe anualmente un crecimiento en la incorporación de geoparques alrededor del mundo (ver Tabla 1). Tal es el caso que, de 20 geoparques incorporados en el año 2004 actualmente se cuenta con 177 áreas con esta asignación. Sin embargo, este número no representa las propuestas que se han generado en busca de este nombramiento por parte de la UNESCO, lo que permite comprender la complejidad política, social y económica que estos proyectos representan.

Esto también se refleja en la representatividad regional por continentes (ver Gráfica 1) que se estudió en la primera parte de la investigación, ya que si bien, éstos se encuentran distribuidos en todos los continentes (exceptuando a Oceanía al perder Australia dicha categoría) ante lo cual se han generado redes regionales de geoparques, pero esto no significa que dicha distribución sea equitativa. Pero ¿a qué responde este desequilibrio? ¿Se debe a que algunos países o regiones son más atractivas que otras? ¿Por qué Europa cuenta con el 53% de los geoparques existentes si la extensión de su territorio es mucho menor que la de América, Asia y África? Las respuestas inmediatas podrían encaminarse a que en estos territorios existe mayor riqueza geológica, pero lo que realmente se observó al menos con el caso de México (y muy probablemente en otros países), es que más bien corresponde a un desinterés gubernamental (tanto federal como estatal) que antepone otros proyectos que responden principalmente a intereses económicos.

A esto también se le puede sumar el cuestionamiento referente a ¿qué tanto se encuentra este proyecto en el imaginario social, en respuesta a la difusión que se ha realizado o no a este respecto? Si bien, esto no se profundizó en la presente investigación, sí conviene tenerlo presente para posteriores trabajos que estén interesados no solamente en la creación y asignación de geoparques, sino en la constante promoción de estos espacios a fin de contribuir al beneficio de las comunidades locales y desde luego a la geoconservación del patrimonio geológico que las comunidades académicas principalmente de Ciencias de la Tierra tienen constantemente presente.

El hecho de que México ya cuente con dos geoparques mundiales a pesar de las complicaciones (principalmente políticas) que existen para dicha asignación, permiten comprobar que es posible concretar otras propuestas como la defendida en esta investigación. Sin embargo, faltan concretar esfuerzos principalmente entre las políticas públicas y las iniciativas académicas para que esta viable estrategia de conservación del patrimonio geológico se materialice en el territorio mexicano que mucho tiene que ofrecer por su amplia geodiversidad. Por lo pronto, se recupera que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017) difunde en el blog oficial del gobierno de México información relevante respecto a los actuales geoparques del país, sin embargo, hay mucho trabajo que hacer entre la articulación de las funciones gubernamentales y el trabajo que han realizado los diversos organismos académicos, principalmente de la UNAM.

En cuanto a lo que se trabajó sobre los conceptos asociados a los geoparques, se puede reconocer que hay una correspondencia con la creación de éstos y los conceptos relacionados para su estudio, principalmente el de geodiversidad, geoconservación y geoturismo, por lo que, a pesar de que se intentó realizar un ejercicio de integración para su análisis en esta investigación, se acepta que mientras éstos sigan siendo estudiados podrán irse ajustando con mayor precisión y aceptación ante la comunidad académica de manera que en algún momento se llegue a un acuerdo de uso común como lo es con el concepto de *biodiversidad*.

Al respecto, uno de los aportes que esta investigación brinda es la redefinición que Domínguez et al., (2023) generan sobre el concepto de *geodiversidad* en la tercera parte de este proyecto. Esto se vuelve aún más significativo porque se relaciona con la metodología que proponen para hacer el cálculo de la geodiversidad en el estado de Quintana Roo, argumentación sólida que permite cumplir con la primera condición que solicita la UNESCO para el reconocimiento de un geoparque mundial, esto es “la existencia de patrimonio geológico destacado con valor internacional” lo que además cumple con el objetivo general de la presente investigación.

II

En el caso específico del estado de Quintan Roo se puede concluir que a pesar de su juventud (como Estado conformado) tiene una consolidada oferta turística de sol y playa que guía su dinámica económica y social mediadas principalmente por la explotación de los recursos naturales en función de la satisfacción de las demandas vinculadas a la actividad turística, motor económico de Quintana Roo.

Por otro lado, el recorrido descriptivo que se realizó en la segunda parte de la investigación proporciona un amplio panorama sobre la riqueza natural, social, económica y cultural del territorio quintanarroense. Dicha descripción ofrece un amplio itinerario que brinda argumentos específicos sobre su riqueza general y propiamente geológica (aspecto principal para los geoparques), sin embargo, la población que habita lejos de la costa, también lo hace lejos del desarrollo económico, ya que la riqueza generada por los centros turísticos llega a cuentagotas a las zonas rurales del estado, en especial a la zona sur donde habitan descendientes directos de los mayas. A esto, debe sumarse la existencia del deterioro ambiental y la contaminación que se ha generado (como consecuencia de la actividad turística) en todos los ámbitos de su territorio necesarios de atender con urgencia.

Una alternativa ante condición es el planteamiento de esta investigación. Por lo cual esta segunda parte da cuenta del potencial latente que tiene QR para su consideración fehaciente en el marco de los *Geoparques Mundiales*. El largo trayecto descriptivo permitió generar los insumos necesarios para la tercera parte de la investigación, permitiendo así la delimitación de espacios potenciales para la conformación de geoparques en la región sur del Estado. Esto permite afirmar que la conformación de geoparques pueden ser una estrategia viable y eficaz para la conservación del patrimonio geológico y de los sitios de geodiversidad de este territorio y a su vez pueden ser una opción para mitigar las consecuencias del deterioro ambiental que ha puesto en crisis lugares emblemáticos como la Laguna Bacalar y los estromatolitos que ahí se encuentran.

Si bien, la investigación se desarrolla únicamente en función del cumplimiento de la primera condición de la UNESCO para la conformación de geoparques, también asienta las bases para trabajar posteriormente sobre “la implementación de estrategias de geoconservación, educación y divulgación” al reconocer los principales geositos y sitios de diversidad, y al ofrecer (en el capítulo 4) una representación cartográfica de las actividades geoturísticas propuesta en los potenciales geoparques en este territorio.

III

Es así, que en la tercera parte de esta investigación se procede a determinar los sitios potenciales para establecer geoparques. Si bien está referida al territorio quintanarroense, se pretende que dicha metodología sea útil para determinar otros sitios potenciales para ser geoparques en la República Mexicana.

Respecto a los resultados derivados de la determinación de la geodiversidad de Quintan Roo como primer paso para la conformación de geoparques se tiene que:

- Este trabajo presenta un método denominado Geodiversidad Ponderada (WGd) para calcular (ponderar, priorizar e integrar) datos relacionados con los componentes físicos de la superficie terrestre con el apoyo de información bibliográfica y cartográfica existentes mediante algunos procedimientos del análisis multicriterio relacionado al Proceso Analítico Jerárquico (AHP).
- El método permite integrar cuantitativa y cualitativamente los componentes físicos del relieve que participan en conjunto y constituyen una geodiversidad particular de un lugar dado a partir de establecer ponderaciones entre estos elementos.
- Este método facilita la integración de los datos obtenidos del AHP, para sintetizarlos y representarlos a través de mapas mediante el uso de herramientas del análisis geográfico en un sistema de información geográfico (SIG).
- A su vez, se vinculó una redefinición de la geodiversidad con un método específico para calcular la distribución de la geodiversidad en escalas medias (1:250,000 a 1,000,000).
- La investigación aporta nuevas perspectivas a investigadores en Ciencias de la Tierra enfocados en construir una línea de investigación sobre la geodiversidad.
- Este método puede ser aplicado en otras regiones tanto nacionales como en otros países.
- En cuanto a los resultados de la geodiversidad en QR, se puede concluir que un territorio conformado por rocas sedimentarias antiguas, con presencia de agua superficial, se transforma más rápidamente, dando como resultado una mayor geodiversidad. Caso contrario, un territorio con rocas o suelos recientes, con escasa agua superficial, en el cual se generan lentos procesos erosivos y, por lo tanto, escasa geodiversidad.

Con relación a lo desarrollado en el capítulo 4, se puede indicar que, la investigación cuenta con la argumentación puntual e inequívoca sobre la existencia de patrimonio geológico de valor internacional a partir de la generación del inventario de geositos y sitios de geodiversidad que se desarrolló a partir de la metodología de identificación de Brilha (2016), además de la evaluación cualitativa y cuantitativa de dichos sitios potenciales de los cuales se obtuvieron 12 espacios que bien pueden cumplir con la primer condicionante de la UNESCO para el establecimiento de los geoparques.

Es interesante que, de éstos, únicamente 3 pueden ser catalogados como geositos y los restantes como sitios de geodiversidad. Adicionalmente, el autor considera que esto se debe principalmente a la falta

de investigación y trabajo académico, sin lo cual se ha detenido la difusión de la información científica de estos espacios; sin embargo, se considera que esta investigación puede representar una oportunidad para promover dicha investigación a la par de considerar otras formas geomorfológicas de interés orientadas a la conservación del patrimonio geológico como pueden ser los poljes que se ubican en la parte suroeste del QR, que coincide con la clase ALTA del mapa de Geodiversidad de QR (mapa 3,1), o los arrecifes de coral de Quintana Roo (Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos -que forma parte del sistema Arrecifal Mesoamericano-, el Arrecife Alacranes en la Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro, y la Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an).

Avanzando sobre los resultados obtenidos en el capítulo 5 se ha de reconocer que la articulación metodológica con el capítulo 3, a partir de una implementación concreta, permitió obtener además de los resultados cuantitativos en las tablas de resultados correspondientes, una representación cartográfica que lleva a identificar la delimitación de las dos propuestas de *geoparques* correspondientes a los municipios de Tulum-Solidaridad-Puerto Morelos y Othón P. Blanco-Bacalar.

Si bien, se pudo observar en el Mapa 3.1 que la distribución de la geodiversidad de Quintana Roo tiene una mayor presencia hacia el suroeste, lo que previamente podría indicar la ubicación de los geoparques debido a dicho *patrimonio geológico*, es necesario tener en cuenta que se necesitan reconocer otros elementos para dicha asignación y delimitación. Entre ellos se encuentran, recordando la estructura jerárquica de criterios, subcriterios y alternativas vista en el Esquema 8, la presencia del *patrimonio biológico* vinculada a los elementos naturales como las reservas de la biósfera o Áreas Naturales Protegidas y parques nacionales; el *patrimonio cultural* en referencia al correspondiente con los museos y zonas arqueológicas, por mencionar un ejemplo; la *infraestructura pública y turística* como los hoteles, vías de comunicación, entre otros); y los *actores sociales* en donde si bien no se georreferenció la presencia puntual de los pueblo originarios, se reconoce que éstos se encuentran presentes en todo el territorio quintanarroense así como los turistas de dichas áreas.

Todo este análisis se hizo con el fin de contar con argumentos puntuales sobre la accesibilidad y dinámica que podrían tener estos geoparques propuestos, en reconocimiento a los geositios y sitios de geodiversidad que podrían permitir promover un turismo alternativo en aquellas zonas donde predomina el turismo de masas, es decir, se ofrece una alternativa que también brindaría beneficio al desarrollo socioeconómico de la población local de estos espacios.

Es por todo esto, que la investigación aquí desarrollada buscó integrar: un marco contextual sobre los *Geoparques Globales de la UNESCO* y sus principales conceptos, reconociendo que algunos de ellos se encuentran en formación y derivando más adelante en una propuesta conceptual sobre la *geodiversidad*; también se brindó un contexto general descriptivo de la riqueza natural (biótica y abiótica) de dicho territorio, así como sus características sociales, culturales y económicas lo que lleva a reconocer el potencial

del territorio para su consideración posterior al proyecto de los *geoparques*, no sin antes abordar la problemática del deterioro ambiental que se vive en la región, derivado de la dinámica económica, principalmente; para finalmente concluir con la propuesta de esta tesis, la *delimitación de espacios potenciales para la conformación de geoparques* a partir de una metodología asignada y de la generación de la cartografía correspondiente.

Fuentes de consulta

- Águeda G. (2022). Patrimonio Cultural. En Definición ABC: Su diccionario hecho fácil. Recuperado de <http://www.definicionabc.com/general/patrimonio-cultural.php>
- Asociación Civil “Amigos de Sian Ka’an” (2015). Agua: Retos. Acciones. Logros. Cancún, Quintana Roo. Recuperado de <https://www.amigosdesiankaan.org/agua/>
- Asociación Civil “Amigos de Sian Ka’an” (2015). Base de datos puntuales digitales correspondientes a la ubicación de cenotes, formato de ArcGIS shapefile. Cancún, Quintana Roo, México. Recuperado de <http://3.129.193.251/>
- Bautista, F., Batllori-Sampedro, E., Palacio, G., Ortiz-Pérez, M., y Castillo-González, M. (2005). Integración del conocimiento actual sobre los paisajes geomorfológicos de la Península de Yucatán. En F. Bautista y G. Palacio (Eds.), *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales* (pp. 33-58). Campeche, Yucatán y CDMX, México: Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán e Instituto Nacional de Ecología.
- Brilha, J. (2005). *Patrimônio geológico e geoconservação. A conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga, Portugal: Palimage Editores.
- Brilha, J. (2016). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. *Geoheritage*, 8(2), 119 – 134. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Bonnie, L., y Velázquez, D. (2022). El megaproyecto tren maya. Una mirada desde el enfoque del desarrollo regional y los conflictos socio ambientales. En B. L. Campos, P. L. Jiménez, M. A. González y H. Campos. (Coord.), *Planificación socio ambiental en ciudades y áreas rurales de México*. (pp. 173-186). Chetumal, México: Universidad de Quintana Roo.
- Campos Camara, B. L., Jiménez Sánchez, P. L., Gonzalez Vera, M. A., & Campos Alanis, H. (2022). El megaproyecto tren maya. Una mirada desde el enfoque del desarrollo regional y los conflictos socio ambientales. *Planificación socio ambiental en ciudades y áreas rurales de México*. P. 173-186.
- Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., Erikstad, L., y García-Cortés, Á. (2013). Valoración del patrimonio geológico en Europa. *Boletim Paranaense de Geociências*, 70(2013). 28 – 40. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v70i0.31501>
- Carcavilla, L., Durán, J., y López-Martínez, J. (14-18 julio 2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. En M. A. Cabrera (Presidencia), *Geo-Temas 10*. Simposio llevado en el VII Congreso Geológico de España, Las Palmas de Gran Canaria, España.

- Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez E., García, A., Lozano, G., Rábano, I., Sánchez, A., y Vegas, J. (2014). *Folleto Geodiversidad y patrimonio geológico*. Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España. Recuperado de https://www.igme.es/patrimonio/novedades/FolletoPatrimonio_Nov2014.pdf
- Carcavilla, L., López, J., y Durán, J. (2007). *Patrimonio geológico y geodiversidad: Investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Cuadernos del Museo Geominero N° 7. Madrid, España: Instituto geológico y Minero de España.
- Cárdenas, E. P. (2020). Municipios turísticos en Quintana Roo: origen y problemáticas. *Turismo y Sociedad*, 26, (nov. 2019). 89-110. doi: <https://doi.org/10.18601/01207555.n26.04>.
- Cendrero, A. (1996) El Patrimonio Geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. En Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (Ed), *El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización, Serie Monografías* (pp. 17-27). Madrid, España: Dirección General de Información y Evaluación Ambiental.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2023). Áreas destinadas voluntariamente a la conservación. Recuperado de <http://sig.conanp.gob.mx/website/interactivo/advc/>
- Comité de Ministros del Consejo de Europa (2004). *Recomendación (2004-3) del Consejo de Europa sobre la Conservación del Patrimonio Geológico y Áreas de Especial Interés Geológico*. Estrasburgo, Francia. Recuperado de https://search.coe.int/cm/Pages/result_details.aspx?ObjectID=09000016805dd15a#globalcontainer
- Consejo de Promoción Turística (2022). *Afluencia de turistas (1975-2021)*. Playa del Carmen, Quintana Roo, México. Recuperado de <https://cptq.mx/>
- De'Angeli, A. y De'Angeli, J. (1988). *Gran libro de la Cocina Mexicana*. CDMX, México: Larousse
- Del Ramo, J., y Guillén F. (2002). Propuesta de integración de la diversidad geológica de la estrategia regional murciana para la conservación y el uso sostenible de la diversidad geológica. Medidas para la geoconservación. *Eubacteria* (10), 12-15.
- Domínguez, A. (8 de julio de 2019). Planean la creación de cinco geoparques en Chiapas. *Chiapas Paralelo*. Recuperado de <https://www.chiapasparalelo.com/noticias/chiapas/2019/07/planean-la-creacion-de-cinco-geoparques-en-chiapas/>
- Domínguez-Herrera, E., Luna-González, L., Velázquez-Torres, D. (2023). Mapa de distribución de geodiversidad de Quintana Roo, México, escala 1: 800,000. *Terra Digitalis* , 7(1), 1-17. <https://doi.org/10.22201/igg.25940694e.2023.1.99>
- Dowling, R. (2011). Geotourisms Global Growth. *Geoheritage*, (3), 1-13. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00017-4>
- Dowling, R., y Newsome, D. (2006). *Geotourism*. Gran Bretaña, Reino Unido: MPG Books Ltd.

Eberhard, R. y Comisión del Patrimonio Australiano (1997). *Pattern and Process: Towards a Regional Approach to National Estate Assessment of Geodiversity. report of a workshop held at the Australian Heritage Commission on 26 July 1996*. Canberra, Australia: Environment Australia

Ek Díaz, A. (2011). Vegetación. En C. Pozo, N. Armijo y S. Calmé (Ed), *Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo I*. (pp. 62-77). Ciudad de México, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones.

Espinosa-Coria, H. (2013). El origen del proyecto turístico Cancún, México: Una valoración de sus objetivos iniciales a 42 años de su nacimiento. *LiminaR*, 11(1), 154-167.

ESRI (2005a). *ArcMap. Tipos de clasificación: Cortes naturales*. Recuperado de <https://doc.arcgis.com/en/power-bi/design/classification-types.htm>

ESRI (2005b). *ArcGis for Desktop. ArcMap. Crear una zona de influencia alrededor de una entidad*. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/creating-new-features/creating-a-buffer-around-a-feature.htm>

ESRI (2005c). *ArcGis for Desktop. ArcMap. Combinación*. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/analysis-toolbox/union.htm>

ESRI (2005d). *ArcGis for Desktop. ArcMap. Densidad de líneas*. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/line-density.htm>

ESRI (2005e). *ArcGis for Desktop. ArcMap. Densidad de puntos*. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/point-density.htm>

Farsani, N. T., Coelho, C., y Costa, C. (2011). Geoparks and Geotourism: Concepts, Theories and Paradigms. En N. T. Farsani, C. Coelho, C. Costa, C. Neto de Carvalho. (Ed), *Geoparks & Geotourism. New approaches to sustainability for the 21st century* (pp. 5-60). Florida, USA: BrownWalker Press.

García-Sánchez, L.A. (2020). El paisaje como unidad de análisis para caracterizar y valorar el patrimonio geológico y sitios de geodiversidad de interés para el geoturismo en el Distrito Minero de Tlalpujahua-El Oro -DIMITO- (Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México).

Garrido, A., Palacio, J. L., y Fuentes J. (26 al 29 de noviembre 2007). Evaluando la importancia geocientífica del Pico de Tancítaro y su potencialidad para ser reconocido en la Red Global de Geoparques de la UNESCO. En el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), VII *Reunión Nacional de Geomorfología*, Morelia, Michoacán, México.

Global Geoparks Network (GGN) (2022a). *Mapa de geoparques*. Beijing, China: Red Mundial de Geoparques UNESCO. Recuperado de <http://www.globalgeopark.org/GeoparkMap/index.htm>

- Global Geoparks Network (GGN) (2022b). Mapa de geoparques. Beijing, China: Red Mundial de Geoparques UNESCO. Recuperado de <http://www.globalgeopark.org/GeoparkMap/index.htm>
- Gobierno de México (2022). *Data México: Quintana Roo*. CDMX, México: Gobierno de México. Recuperado de <https://datamexico.org/es/profile/geo/quintana-roo-qr>
- Gómez, J. A. (2009). *Diccionario introductorio español-maya, maya-español*. Chetumal, Quintana Roo, México: Universidad de Quintana Roo. Recuperado de <https://www.uqroo.mx/libros/maya/diccionario.pdf>
- González, D. A. (2020). Vulnerabilidad cuando se depende del turismo: covid-19 en Quintana Roo, México. *Desarrollo, economía y sociedad*, 9(1), 16-25.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity, Valuing and Conserving Abiotic Nature*. Chichester, Inglaterra: John Wiley and Sons, Ltd.
- Hatsutani, J. (2006). El ciclo anual de vida los mayas de Quintana Roo: una investigación de campo en el archivo. En K. (Coord.), *El mundo maya: miradas japonesas* (pp. 137-151). Mérida, México: UNAM.
- Hose, T. A. (1995). Selling the story of Britain's Stone. *Environmental Interpretation*, (10)2, 16-17.
- Hose, T. A. (2011). 3G's for Modern Geotourism. *Geoheritage* (4), 7-24. doi: <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0052-y>
- Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INAIL). (2016). *Atlas de las lenguas indígenas nacionales de México, Quintana Roo*. Recuperado de <https://atlas.inali.gob.mx/estados/23>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2001). *Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Provincias fisiográficas*. México: INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825267575>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Red Hidrográfica del Estado de Quintana Roo* [formato shapefile ArcGIS]. 1:250,000, claves: F16-8 Cancún, F16-10 Mérida, F16-11 Cozumel, E16-1 Felipe Carrillo Puerto, E16-2-5 Bahía Ascensión, E16-4-7 Chetumal. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Cartas de uso del Suelo y Vegetación, Serie V* [Mapa]. 1:250 000. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Serie III y V* [formato shapefile ArcGIS]. 1:250 000. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). *Carta de Aguas Subterráneas del Estado de Quintana Roo* [Mapa]. 1:250,000, claves: F16-8 Cancún, F16-10 Mérida, F16-11 Cozumel,

E16-1 Felipe Carrillo Puerto, E16-2-5 Bahía Ascensión, E16-4-7 Chetumal. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Aspectos geográficos. Quintana Roo. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_23.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/pib/2013/#Tabulados>

International Union of Geological Sciences (IUGS). (2022). *The First 100 IUGS Geological Heritage Sites*. Spain. International Union of Geological Sciences. Recuperado de https://iugs-geoheritage.org/videos-pdfs/iugs_first_100_book_v2.pdf

Jiménez, V. (2010). Cancún, Riviera Maya y Quintana Roo. México en tu bolsillo. Madrid, España: Solaris Comunicación.

Ken, C. A., y Flores, F. (2021). Capítulo 1. Metodología de análisis regional y local. En C. A. Ken (Coord.), *Quintana Roo y sus municipios: su dinámica y estructura económica productiva* (pp. 9-22). Ciudad de México, México: La Biblioteca, S.A. de C.V. doi: <http://192.100.164.85/handle/20.500.12249/2911>

Kozłowski, S. (2004). Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. *Przegląd Geologiczny* (52)8/2, 833-837. Recuperado de https://www.pgi.gov.pl/images/stories/przegląd/pdf/pg_2004_08_2_22a.pdf

Lewis, H. y Rzedowski, J. (1978). The genus trichostema (labiatae) in Mexico. *Madroño* (25)3, 151-154. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/41424159>

Medina-Moreno, S.A., Jiménez-González, A., Gutiérrez-Rojas, M., Lizardi-Jiménez M.A. (2014). Estudios de contaminación por hidrocarburos en cenotes de Quintana Roo relacionada al desarrollo turístico en el Caribe Mexicano. *Revista mexicana de ingeniería química* 13(2), 509-516.

Miranda, F. (1961). Plantas nuevas del sur de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (26), 120-132. doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.1070>

National Geographic (2023). *Principios del Geoturismo*. Estados Unidos. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.com/maps/article/geotourism-principles>

Newsome, D., y Dowling, R. (2010) *Geotourism: the tourism of geology and landscape*. Londres, Inglaterra: Goodfellow Publishers Ltd.

Nieto, L. M. (2001). Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero* (112)2, 3-12.

- 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*. Jueves 30 de diciembre de 2010. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134778/35.-NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-059-SEMARNAT-2010.pdf
- Noticaribe*. (22 de agosto del 2014). LA RIQUEZA INÉDITA DE LOS CENOTES: De 6 mil cenotes en Yucatán sólo se ha explorado 15%;, dice arqueólogo. Recuperado de <http://noticaribe.com.mx/2014/08/22/la-riqueza-inedita-de-los-cenotes-de-6-mil-cenotes-en-yucatan-solo-se-ha-explorado-15-dice-arqueologo/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2010). Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network (GGN). Boletín GGN 2010 No. 1. Recuperado de http://www.globalgeopark.org/uploadfiles/2012_9_6/ggn2010.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (septiembre de 2015). Estatutos del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques. Conferencia General 38ª reunión – Paris 2015. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000234539_spa
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2022). *Qué es un Geoparque Mundial de la UNESCO*. Montevideo, Uruguay: UNESCO. Recuperado de <https://es.unesco.org/fieldoffice/montevideo/GeoparquesLACResiliencia>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2022). *Red de Geoparques Mundiales y Regionales*. Montevideo, Uruguay: Geoparques Mundiales de la UNESCO: territorios de resiliencia. Recuperado de <https://es.unesco.org/fieldoffice/montevideo/GeoparquesLACResiliencia/FamiliaGeoparques>
- Organización Mundial del Turismo. (1980). Declaración de Manila sobre el Turismo Mundial. *UNWTO Declarations (1)*1, 23-34. doi: <http://10.0.70.191/9789284419326>
- Organización Mundial del Turismo (1997). *Introducción al Turismo*. Madrid, España. Recuperado de <http://www.utntyh.com/wp-content/uploads/2011/09/INTRODUCCION-AL-TURISMO-OMT.pdf>
- Palacio, J. L., Rosado, E. M., y Martínez, G. M. (2018). *Geoparques: Guía para la formulación de proyectos*. Geografía para el siglo XXI, Textos universitarios No. 22 CDMX, México: Instituto de Geografía, UNAM. Recuperado de <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/144>
- Palafox-Muñoz, A. y Rubí-González, F. A. (2020). La gota que derramó el vaso en el turismo en Quintana Roo, México: precariedad laboral y COVID-19. *Dimensiones Turísticas (Número especial: Turismo y COVID-19) (4)*, 131-148. doi: <https://doi.org/10.47557/IMG05677>

- Real Academia Española (RAE). (s.f.). Patrimonio Natural. En *Diccionario panhispánico del español jurídico (DPEJ)*. Recuperado de <https://dpej.rae.es/lema/uso-sostenible-del-patrimonio-natural>
- Real Academia Española (RAE). (s.f.). geo-. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <https://dle.rae.es/geo->
- Real Academia Española (RAE). (s.f.). Ponderar. En *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <https://dle.rae.es/ponderar?m=form>
- Rendón, J. (2016). Contaminación de cenotes con plaguicidas en la Península de Yucatán. Recuperado de https://greenpeace.mx/comidasana/wp-content/uploads/2017/02/Informe-cenotes-GP_final.pdf.
[Recuperado febrero de 2016](#)
- Rodríguez-Martínez, M., Menéndez, S., Moreno-Eiris E., Calonge, A., Perejón A., y Reitner, J. (2010). Estromatolitos: las rocas construidas por microorganismos. *Reduca (Geología)*. Serie *Paleontología* (5)2, 1-25.
- Romero., R., y Benítez, J. (2014). El proceso histórico de conformación de la antigua payo obispo (hoy chetumal) como espacio urbano fronterizo durante la etapa de quintana roo como territorio federal. *Península (IX)*1, 125-140. doi: <https://www.elsevier.es/es-revista-peninsula-108-articulo-el-proceso-historico-conformacion-antigua-S1870576614701230>
- Rosenzweig, L. y Álvarez, M. (21 de diciembre de 2021). La conservación del sistema de ríos subterráneos de la península de Yucatán. *ESTE PAÍS*. Recuperado de <https://estepais.com/ambiente/la-conservacion-del-sistema-de-rios-subterraneos/>
- Saaty, T. L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology* (15)3, 234-281. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T. L. (1980). *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*. Mc Graw-Hill, New York. (2ª impresión 1990, RSW Pub. Pittsburgh)
- Saaty, T.L., y Kearns, K. P. (1985): *Analytical Planning. The Organization of System*. Nueva York, Estados Unidos: Pergamon Press.
- Saaty, T. L. (1994). *The Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*. Vol. VI, AHP Series. Pittsburgh, Estados Unidos: RWS Publicaciones.
- Saaty, T.L. (1996). The Analytic Network Process. En T. L. Saaty, *Decision Making with Dependence and Feedback* (pp. 1-26). Pittsburgh, Estados Unidos: RWS Publicaciones.
- Saaty, T. L. (2014). *Toma de decisiones para líderes. El Proceso Analítico Jerárquico: la toma de decisiones en un mundo complejo*. Pittsburgh, Estados Unidos: RWS Publicaciones.
- Sadry, B. N. (2009). *Fundamentals of Geotourism With Emphasis on Iran*. Tehran Irán: Samt Organization Publishing. Recuperado de <http://physio-geo.revues.org/3159?file=1>

- Salvador A. (1991). Origin and development of the Gulf of Mexico basin. En A. Salvador (Ed.), *The Gulf of Mexico Basin*. Colorado, Estados Unidos: Geological Society of America. doi: <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-J.389>
- Sarukhán, J. (2008) *Capital Natural de México, Volumen I. Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO*. Ciudad de México, México. Recuperado de http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I00_PrefacioGuia.pdf
- Secretaría de Economía (2016). *Conoce los principales programas que ofrece el Servicio Geológico Mexicano a las empresas mineras*. Ciudad de México, México: Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/se/articulos/conoce-los-cinco-principales-programas-que-ofrece-el-servicio-geologico-mexicano-a-las-empresas-mineras>
- Secretaría de Turismo (SECTUR). (s/f). *Glosario*. Ciudad de México, México: Secretaría de Turismo. Recuperado de https://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/Glosario.aspx#Glosario_T
- Secretaría de Turismo (SECTUR). (2004). *Turismo alternativo una nueva forma de hacer turismo. México, D.F.* (fascículo 1, serie Turismo Alternativo). Recuperado de <https://www.entornoturistico.com/wp-content/uploads/2017/05/Turismo-Alternativo-una-nueva-forma-de-hacer-turismo.pdf>
- Secretaría de Turismo, Gobierno del Estado y Caribe Mexicano (diciembre 2020 – diciembre 2021). *QUINTANA ROO. ¿Cómo vamos con el turismo?* Recuperado de https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/COMO_VAMOS_DICIEMBRE_2021.pdf
- Secretaría de Turismo (SEDETUR) (2021). *Plan Maestro de Turismo Sustentable. QROO 2030*. Recuperado de <https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/PMTS/Plan-Maestro-2030.pdf>
- Serrano, D. (2014). Valoración de la geodiversidad. Validación metodológica en escalas detallada. *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 65-82. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022014000300005>
- Serrano, E., y Ruiz, P. (2007). Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiernes Caracena (Soria). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 45, 79-98.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). (1997-2003). *Carta Geológico-Minera* [Mapa]. 1:250,000, claves: F16-8 Cancún, F16-10 Mérida, F16-11 Cozumel, E16-1 Felipe Carrillo Puerto, E16-2-5 Bahía Ascensión, E16-4-7 Chetumal. México: Servicio Geológico Mexicano.
- Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). *Lugares de Interés Geológico*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <http://www.segemar.gov.ar/index.php/sitios-de-interes-geologico/conceptos-basicos>
- Sharples, C. (1995). Geoconservation in Forest Management-Principles and Procedures. *Tasforests* (7), 37-50.

- Shumann, O. (1990). Aproximación a las lenguas mayas. En Instituto Nacional de Antropología e Historia, *Seminario Permanente de Estudios México-Guatemala*. Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Antropología e Historia
- Sociedad Geológica de España (2004). Patrimonio Geológico. Salamanca, España: Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. Recuperado de <https://sociedadgeologica.org/divulgacion/patrimonio-geologico/>
- Soledad, S., Mónica, S., Andrea, C., & Jimena, O. *Recursos de la geodiversidad con contenido cultural en tierra del fuego. Avances metodológicos*. Cuartas Jornadas Internas de Turismo “En el marco de los 35 años de la Carrera de Turismo” Ushuaia, septiembre de 2021.
https://www.untdf.edu.ar/uploads/archivos/IV_JIT_2021_Actas_de_resumenes_1633098891.pdf#page=17
- Tello (2011). Suelos. En C. Pozo, N. Armijo y S. Calmé (Ed), *Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo I*. (pp. 51-61). Ciudad de México, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones.
- Zouros, N. C. (2004). The European Geoparks Network - Geological heritage protection and local development. *Episodes Journal of International Geoscience* (27)3, 165-171.

Anexos

Anexo 1. Compendio de palabras mayas

| Palabras con la letra A | | | | | |
|---|---|--|---|--------------------------------------|---|
| Aj ajsaj Lucero de la Mañana | Aj miats Sabio | Aj belnal Gobernador | Aj kunaj báalam Encantador de Jaguares | Aj bobat Profeta | Ajal kaab Madrugada |
| Ak' ya'abil iik Viento con lluvia | Ak'bal na Infierno | Áak'ab ma'ax Mico de noche | Áak'ab ts'unu'um Mariposa nocturna | Áak'al che' Laguna | Áaktun Gruta o caverna |
| Áak'ab Noche | Áak' sa'a Atole de maíz nuevo | Áalkab ja' Río | Ak'alche' Suelo amarillento | Aklin Ojo de agua | Ánaltee' Códice |
| Palabras con la letra B | | | | | |
| Baak Hueso | Báab Nadar | Bab Racimo de frutos | Baba'al Ser maligno | Bak'al k'ab Pulsera | Báay Acariciar |
| Báam kúmil Epidemia | Ba'ate'il Batalla | Ba'ats Mono aullador | Balantik Esconder | Bal jol Brujo o encantador | Ba'al wóolis Círculo |
| Banab Manada pequeña de animales | Banaja' Llovizna | Báaxal Juego | Beel ja' Arroyo | Boboch Animal mitológico | Bu'ul Frijol |
| Palabras con la letra CH | | | | | |
| Chak bojonja' Sandía | Chak iik' Ciclón | Chak mo'ol Jaguar | Chak woob Pitahaya Roja | Chakay Langosta de mar | Chéel Arcoíris |
| Chakpak'e'en Época de la floración femenina del maíz | Chi'ibil k'iin Eclipse de sol | Chi'ibil uj Eclipse de luna | Chíikul Signo o señal | Chokoj ja' Agua caliente | Chinchinki Árbol con abundantes frutos |
| Chik'iin Poniente | Chooj k'i'ik' Hemorragia | Chuuk kaay Pescador | Chuk te' Manglar | Chúumuk áak'ab Media noche | Chúumuk ka'an Cenit |
| Palabras con la letra CH' | | | | | |
| Ch'a cháak Ceremonia agraria para implorar lluvia | Ch'ak xiix Estalactita | Ch'eel Urraca de plumaje azul y negro | Ch'áaj Gotear | Ch'éech'éejki Abundante | Ch'ejob Pájaro carpintero |
| Ch'ench'enki Silencio | Ch'eneknakil Soledad | Ch'i'ibalil Familia | Ch'iija'an Anciano | Ch'o' Ratón | Ch'och'elem Cigarra |
| Ch'úupal Mujer joven | Ch'úupal báalam Jaguar hembra | Ch'úuy Gavilán | Ch'úupul wakax Vaca | Ch'oom Zopilote | Ch'ooj tsúutsuy Paloma azul |
| Palabras con la letra E | | | | | |
| Ebtuumil Escalón | E'el Huevo | Eek' Estrella | Éek'piip Gavilán conchero | Ek Avispa | Ela'an Quemado |
| Etail Amigo | Et chi'na Vecino | Éet kaajal Compatriota | Etpatkunaj Retrato | Éet yuum Compadre | Ektolol Lindero |
| Eex Calzón | Éemel paal Aborto | Éemel janal Digerir | Éet káanbal Familiar | Éets'juum Eco | Ee'joch'e'ental Obscurecer |
| Palabras con la letra I | | | | | |
| I' Gavilán | I'binkaan Serpiente coralillo | Ich ke'el Invierno | Iich Gemelo | Íicham Esposo | Iik' Viento |
| Iik' t'aan Poema | I'inaj Semilla de maíz | Iis Camote | Iis waaj Tortilla de maíz nuevo | Ix chuuy Costurera | Ix óok'ot Bailadora |
| Ix k'aam chanbalo' Partera | Ix meent janal Cocinera | Ix tak Desde | Ix'im Maíz | Ilólalil Desgracia | Ix kit Tía |
| Palabras con la letra J | | | | | |

| | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Jaab Dispersar | Jaaj Verdad | Jaak' Incienso | Jaap Abrir la boca | Ja' Agua | Ja'ab Año |
| Ja'ja'ab Época de lluvia | Ja'an Yerno | Ja'atskab k'iin Por la mañana | Ja'il ich Lágrima | Jaaleb Tepezcuintle | Jáalk'abil Libertad |
| Jéenel Derrumbarse | Jekankil Florecer el maíz | Jintaman Algodón | Jok'chi Prometer | Jub Caracol marino | Julek' Abismo |
| Palabras con la letra K | | | | | |
| Kaal Garganta | Kaab Miel | Kaabal Bajo | Kaaj Localidad | Kaap Introducir | Kab eek' Lucero de la mañana |
| Káakab Suelo pardo oscuro | Kal numya Catástrofe | Kala'an Borracho | Ki' Delicioso | Ki'ibokil Fragancia! | Kím Morir |
| Kin Pek Canícula | Kisin Demonio | Kool Milpa | Kuuch Cargar | Ku'uk Ardilla | Kúuchil Lugar |
| Palabras con la letra K' | | | | | |
| K'aak' Llamas de fuego | K'an Amarillo | K'aaba' Nombre | K'aak' Viruela | K'áak'náab Mar | K'aal Encarcelar |
| K'aay Canción | K'áat Súplica | K'aóol Conocer | K'ajóolo Conocimiento | K'an xix'im Maíz amarillo | K'an xok Tiburón |
| K'eyem Pozole | K'ik' Sangre | K'iintaj Destino | K'ili' Perico de ojos rojos | K'uub Ofrenda | K'u Pirámide |
| Palabras con la letra L | | | | | |
| Laab Deteriorado | Laak Desprender | Laam Hundir | Lajun Diez | Lak Plato | Lak'iin Oriente |
| Leech kaal Collar | Le'um Araña | Léets'bal Relampaguear | Lep'ool Coraje | Liik'bal Desde | Lobil Lugar de maleza |
| Lóok Hervir | Lool Flor | Loolankal Florecer | Lu'um Tierra | Lu' Bagre | Lúubul Caer |
| Palabras con la letra M | | | | | |
| Manba'alkunsik Desprestigiar | Majan na' Madrastro | Majan taata Padrastro | Mak bo'oy Protección | Makenjal Aprovechar | Maktsiljal Hacerse maravillosa y milagrosa |
| Mamayki Delicado | Manab chi' Maldecir | Masewal Indio | Maxulik'iin Eternamente | Méek' Abrazar | Mejnil Hijo |
| Mek'tan mail Gobierno | Meyajil kaab Apicultura | Míisib Escoba | Mixche' Uva de la costa | Mok t'aani Alianza | Múul saam Duna |
| Palabras con la letra N | | | | | |
| Nook'ol Gusano | Naaj Casa | Náajal Sueldo | Náay Soñar | Nabte' Lanza | Neek' Hueso de una fruta |
| Nen óol Imaginación | Nibpixanil Agradecimiento | Nikte' Flor | Nojbe'enil Gloria | Noj beej Carretera | Noj eek' Venus |
| Noj k'iin Seqüía | Noj lail Lo más importante | Noj yuum Suegro | Nojil Grandeza | Nokopa'il Naufragio | Num Abundancia |
| Palabras con la letra O | | | | | |
| Okol Entrar | Okol k'iin Ocaso | Ok'ol ich Piedad | O'och Comida | Ojelil Sabiduría | Ok óolal Creencia |
| Okja' Bautizo | Okol k'iin Crepúsculo | Óok'ot Bailar | Óom Burbuja | Oon Aguacate | Óop Anona |
| Oot' Piel | Óotsil Pobre | Óox Tres | Ooxoj Calor | Otoch Hogar | O'niak Añoche |
| Palabras con la letra P | | | | | |
| Peek' | Paach | Paak | Paal | Paal uj | Paalil |

| | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Perro | Atrás | Aguardar | Hijo | Luna nueva | Infancia |
| Paax | Pa chi' | Páajtal | Páan | Páap | Páawo' |
| Música | Promesa | Poder | Cavar | Picante | Bolsa |
| Paybe | Pe'echak' | Piik | Pikju'un | Polbox | Pul |
| Dirigir | Huella | Amanecer | Libro | Anona morada | Hechizo |
| Palabras con la letra P' | | | | | |
| P'aak | P'aat | P'eeek | P'eel | P'élelel | P'iil |
| Tomate | Abandonar | Odio | Descascarar | Número | Abrir los ojos |
| P'iis | P'iisk'iin | P'iis káanbal | P'iit | P'isba | P'ix ich |
| Medida | Reloj | Examen | Brinco | Combatir | Vigilante |
| P'oktal | P'olmal | P'onto' | P'ujul | P'úul | P'u'uj |
| Agacharse | Comercio | Pelicano moreno | Tumulto | Cántaro | Molesto |
| Palabras con la letra S | | | | | |
| Sok | Sajak | Sajkay | Sak | Sak bok | Sak chiik |
| Caracol | Miedo | Polilla | Blanco | Garza blanca | Cenzontle |
| Sak xikin | Sakab | Sakan | Séeb | Semet' | Si'is |
| Tigrillo | Bebida ritual | Masa de maíz | Veloz | Caña áspera | Entumido |
| Sijil | Siis | Sob | Soots' | Suju'uy | Súutuk |
| Nacer | Frío | Sobrino | Murciélago | Virgen | Momento |
| Palabras con la letra T | | | | | |
| Taak' | Ta'ab | Táan | Taata | Táax | Taman |
| Pegar | Sal | Enfrente | Padre | Liso | Borrego |
| Tat | Téek | Temba | Tepalil | Tijil | Tiich' |
| Espeso | Manatí | Temblor | Majestad | Secar | Ofrenda |
| To' | To'on | Toj | Tojolt | Tul | Tulum |
| Envoltura | Nosotros | Recto | Costear | Lleno | Muralla |
| Palabras con la letra T' | | | | | |
| T'óojka' xnuuk | T'aab | T'aan | T'eel | T'iilit | T'oojob |
| Lechuga | Encender | Idioma | Gallo | Permanecer | Embudo |
| T'o'ol | T'ona'an | T'óoj | T'óot' | T'oon | T'ot' |
| Línea | Débil | Picar | Esparcir | Inclinarse | Caracol de agua |
| T'un | T'uub | T'uuch | T'uat' | T'uju' | T'ulbe |
| Gota pequeña | Remojar | Moño | Loro | Tosferina | Sendero |
| Palabras con la letra Ts | | | | | |
| Tsáab | Tsaaj | Tsaay | Tse'ek | Tséel | Tseem |
| Cascabel | Freír | Embonar | Sermón | Costado | Pecho |
| Tsiik | Tsiikik | Tsiimin | Tsiimin che' | Tsiintsün | Tsikbal |
| Deshebrar | Respetar | Caballo | Carreta | Mosca verde | Cuento |
| Tsikbe'en | Tsilk'iin | Tsuk max | Tsub | Tsool | Tso' |
| Célebre | Hora | Musgo | Agutí | Organizar | Guajolote |
| Palabras con la letra Ts' | | | | | |
| Ts'aak | Ts'elek | Ts'aam | Ts'a óolal | Ts'a'ay | Ts'áabilaj |
| Medicina | Dedo de la mano | Remojar | Devoción | Colmillo | Ofrecer |
| Ts'aj | Ts'akin | Ts'am | Ts'awayak | Ts'aykan uj | Ts'eej |
| Pensar | Paz | Trono | Mantis | Luna nueva | Pedazo de pedernal |
| Ts'éyuum | Ts'iib | Ts'íbol | Ts'oon | Ts'ooy | Ts'ono'ot |
| Tío | Escrito | Ambición | Cazar | Delgado | Cenote |
| Palabras con la letra U | | | | | |
| Úulum | U k'iinil | U'ub | U'ul | U'uy | Uchbal |
| Pavo | Oportunidad | Sentir | Llegar | Sentir | Causa |
| Uk' | Uk'ul | Uk'um | Us | Úts | Úchak |

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| Piojo | Bebida | Ciénaga junto al mar | Variedad de mosca pequeña | Amable | Posible |
| Úuchben Antiguo | Úuk Siete | Uustik Soplar | Úurich Caracol de los jardines | Ulis Menstruación | Úumbal Mecer |
| Palabras con la letra W | | | | | |
| Wíinik Hombre | Waach' Desatar | Wa paach Gigante | Waj Tortilla de maíz | Wajil Banquete | Wáak Seis |
| Waach' Desdoblar | Wakunaj Elección | Way Aquí | Wayak' Soñar | Waxak Ocho | Weech Armadillo |
| Weenel Dormir | Werek' Gordo | Wits' Salpicar | Woob Pitahaya | Wooj Pintura | Wóolis Redondo |
| Palabras con la letra X | | | | | |
| Xa'ay bej Cruce de caminos | Xáak Cesto | Xaak'al Buscar | Xab ólal Discordia | Xaman eek' Estrella polar | Xanbel Espacio |
| Xamach Comal | Xáantal Tardar | Xa'ak' Mezcla | Xa'ay Bifurcación | Xba'al Novia | X chiwol Tarántula |
| Xet' óol Atrevido | Xi'im Maíz | Xiib pal Muchacho | Xixim Concha de mar | X k'ook' Rruiseñor | X kihil Mal de Parkinson |
| Palabras con la letra Y | | | | | |
| Yalan Camino de bajada | Yaabilaj Amar | Yaach' Aplastar | Yaaj Dolor | Ya' Zapote | Ya'abil Edad |
| Yaam Olas de mar | Yáax k'iin Primavera | Yáax uj Luna Nueva | Yail Apremio | Yatsil Misericordia | Yax ke'el Paludismo |
| Yi'ij uj Luna llena | Yik'el Insecto | Yot óol Voluntad | Yuumtsil Dios | Yuuk Venado enano | Yuumil Dueño |

Anexo 2 Recetas de platillos tradicionales de Quintana Roo

| Nombre del platillo | Receta |
|--|---|
| Panuchos y empanadas de cazón (Campeche). | <p>Ingredientes: 1 kilo de masa, una cucharada de harina, agua con sal, 250 gramos de manteca, una taza de cazón molido. Preparación: Incorporar la harina a la masa; agrega un poco de agua con sal, para que se pueda tortear. Elaboración de los panuchos: Hacer una tortilla delgada; agregar frijoles y cazón; para finalizar se va a realizar una tortilla igual a la anterior y se va a colocar encima de la primera, siempre y cuando estén bien pegadas. Se van a freír en aceite o manteca. En el caso de las empanadas, es solamente una tortilla rellena de cazón. Se va a doblar para posteriormente pasar a freír.</p> |
| Tzotobilchay (Tamalitos, Yucatán). | <p>Entre los ingredientes tenemos 250 gramos de masa; 10 cucharadas de espinaca o chaya picadas; 1 cucharada de manteca; sal; 10 hojas de espinaca o de chaya; 50 gramos de pepita tostada molida; 2 huevos duros; 2 jitomates asados, pelados y sin semilla; media cebolla mediana; medio chile habanero picado fino; una hoja de plátano chica.</p> <p>En la preparación, se va a mezclar la manteca con la masa y las espinacas picadas, para después sazonarse con sal y un poco de pepita molida. Posteriormente se va a extender con cuidado la masa arriba de la hoja de espinaca y se le va añadir yema de huevo picada; se va a enrollar en forma de taco, después se le envuelve con papel aluminio y se le pone a cocer en <i>baño María</i>, alrededor de 45 minutos.</p> <p>El jitomate junto a la cebolla y el chile habanero se van a freír, lo que va a dar origen a la salsa para los tamales, los cuales también pueden ser condimentados con un poco de pepita tostada. Los autores mencionan que si con los mismos ingredientes se hace un relleno de huevos y pepitas, envueltos en hojas de chaya, el platillo se va a llamar brazo de reina.</p> |
| Salpicón de venado (Dzik, Yucatán). | <p>Ingredientes: ½ kilo de venado pibil, 2 naranjas agrías, 1 manojo de cilantro, 2 manojos de rábanos, sal, 2 chiles verdes y una cebollita picada.</p> <p>En la preparación, se va a deshebrar el venado y después lo vamos a pasar a picar; el cilantro, los rábanos, la cebolla y los chiles verdes, se van a picar finamente; la carne se va a sazonar con sal al gusto y jugo de naranja. Posteriormente las verduras se van a agregar y mezclar a la carne sazonada. El platillo se puede servir sobre unas tostaditas.</p> <p>Mac-cum de robalo (Quintana Roo)</p> |
| Mac-cum de robalo (Quintana Roo). | <p>Ingredientes: 1 kilo de robalo cortado en 6 ruedas gruesas; 6 cucharadas de recaudo (90 g) de recaudo colorado; ¼ de taza de vinagre (60 ml); ½ taza de aceite (125 ml) o manteca; 8 jitomates escalfados, pelados, despepitados y cortados en rebanadas; 1 cebolla cortada; 2 pimientos morrones despepitados y cortados en rebanadas; 4 cucharadas de perejil picado; 4 hojas de laurel; sal y ½ cucharadita de nuez moscada en polvo. En la preparación: hay que disolver el recaudo en el vinagre y agregar sal, con la mezcla que se obtenga hay que marinar el robalo por 1 hora. Posteriormente hay que colocar el robalo en una cacerola con aceite y añadir las rebanadas de jitomate, cebolla, pimiento, el perejil, el laurel y la nuez moscada. Se tapa la cacerola y se cocina a fuego bajo durante 25 minutos.</p> |
| Chuli-Búul (Quintana Roo), | <p>es un platillo típico de la cocina maya, con un solo ingrediente de la cocina europea: la manteca. Los ingredientes son los siguientes: 1 kilo de frijol colorado; de 6 a 8 elotes tiernos y desgranados; 1 rama de epazote; 100 gramos de pepita tostada y molida; sal y manteca la necesaria.</p> <p>Para preparar el Chuli-Búul, primero tenemos que limpiar los frijoles y se ponen a cocer en agua suficiente; al estar medio cocidos se les va a agregar sal y una ramita de epazote. Los elotes se van a moler, se deshacen en poca agua y se van a colar; la masa resultante se va a cocer y se le va a mover constantemente.</p> <p>Posteriormente se le van a añadir los frijoles ya cocidos, la manteca necesaria, el caldo de los frijoles y sal. Se va a seguir moviendo el preparado, se va a bajar el fuego de la cocina y se deja hasta que hierva. Para finalizar, se va a servir en un plato, así caliente y se le va a espolvorear pepita molida.</p> |
| Ha'-Sikil-P'ak (Salsa de origen maya, Yucatán), | <p>para elaborar la siguiente salsa se va a ocupar 2 tazas de pepita de calabaza seca y tostada en un comal; ½ cucharadita de sal gruesa; 1 chile habanero asado, desvenado y picado; 3 jitomates asados, pelados y sin semillas; ½ taza de agua; 3 cucharadas de cilantro picado y 2 cucharadas de alcaparras picadas.</p> <p>El primer paso de la preparación va consistir en moler la pepita con sal; los jitomates se van a machacar finamente y se van a mezclar con el polvo de la pepita, el cilantro, el chile</p> |

| | |
|---|---|
| | habanero y las alcaparras. Se le va a añadir el agua necesaria, para que se forme una salsa consistente. |
| Cebolla Morada (Salsa, Sureste Mexicano) | se va a ocupar 1 taza de cebolla morada finamente picada; 2 chiles habaneros asados, desvenados y picados finamente; ½ cucharada de sal y una taza de naranja agria. En la preparación va a consistir solamente en mezclar muy bien los ingredientes. |
| Recaudo Negro (Recaudo de escabeche, Sureste Mexicano), | para la preparación de este recaudo vamos a necesitar 8 pimientas negras; 10 cominos, 1 cabeza de ajos asados y desgranados; 1 cucharadita de sal; 6 clavos de olor; 2 cucharaditas de orégano asado; 1 taza de jugo de naranja agria o jugo de naranja dulce con jugo de limón; 2 cucharadas de sal. La preparación va a consistir en asar todos los ingredientes ligeramente. En caso de que sea para adobar carne, se muele con el jugo de naranja y aceite. |
| Cangrejos o jaibas en relleno blanco (Sureste Mexicano). | Se van a utilizar de 6 a 8 cangrejos o jaibas; 125 gramos de aceite o mantequilla; 4 jitomates; 1 cebolla picada y ¼ de otra cebolla molida; 2 chiles morrones (1 rojo y 1 verde); 2 huevos duros; 14 aceitunas; 12 alcaparras; 16 pasitas; 100 gramos de pan molido; 2 cucharaditas de recaudo de especia; 1 taza de caldo donde se cocieron los cangrejos; sal al gusto. El primer paso en la preparación: se van a cocer los cangrejos o las jaibas en agua con sal; ya cocidos, se les va a sacar la carne y se va a desmenuzar. Lo siguiente es sofreír los jitomates, la cebolla picada, el pimiento verde, 10 aceitunas, 10 pasitas, 8 alcaparras y una cucharadita de recaudo de especia disuelto en vinagre con sal. Se va a añadir a la mezcla la carne de cangrejo y cuando esté bien frita, se rellenan los carapachos, se les va a introducir pedazos de huevo duro y se va a cubrir de pan molido con un poco de aceite o mantequilla. A continuación se va a cocer la cebolla sazonada con el recaudo de especie restante en una taza del caldo donde se cocieron los cangrejos. Al estar ya cocida y reducida a la mitad, hay que moler y colar; la anterior mezcla se reserva. En un poco de aceite o mantequilla se fríen el resto de las pasas, las alcaparras, las aceitunas sin hueso y picadas, el pimiento rojo picado y se va a agregar el caldo anterior. Al momento de servir se pone un poco de esta salsa abajo y encima de los cangrejos. Se puede adornar con tiras de pimiento morrón y huevo duro picado. |
| Pescado Tikin Xik (Sureste Mexicano), | se va a ocupar 1 mero o pámpano de 3 kilos, abiertos para asar desde la cabeza; 4 cucharadas de recaudo colorado; 1 taza de jugo de naranja agria o jugo de naranja dulce con limón; 6 cucharadas de aceite; 3 hojas de plátano asadas, 2 para envolver el pescado y otra para la presentación final. Antes de cocinar el pescado, en un aproximado de tres horas, los ingredientes del recaudo colorado se van a moler muy bien con el jugo de naranja y se va a colar para mezclarlo con tres cucharadas de aceite; con la anterior mezcla, se tiene que adobar el pescado haciendo unos cortes en la piel para que se adhiera el adobo y se envuelve en una hoja de plátano. Cuando el carbón y la parrilla están listas, se deja el pescado aproximadamente 20 minutos y se barniza varias veces por encima con su propio jugo y el aceite sobrante. Se tapa el pescado con otra hoja de plátano para que no se seque. Para saber si el mero o el pámpano están cocidos, la carne se desprende con facilidad de la espina. El platón se forra con hojas de plátano acompañado de chiles habaneros asados y picados, jitomates y aguacates rebanados, frijoles y arroz blanco. |
| Guiso de cangrejos horneados (Quintana Roo). | Se van a utilizar 12 cangrejos; ½ taza de mantequilla; 2 latitas de pimientos; 5 jitomates asados, pelados y sin semilla; sal y pimienta al gusto. En primer lugar, a los cangrejos se les va a cocer en agua al fuego o en su caso colocarlos sobre una parrilla para que se cuezan. Al estar ya cocidos, se les deja enfriar un rato para pasar a cortarlos, pero teniendo mucho cuidado de no romper sus conchas y se les retira toda la carne. Se coloca la mantequilla en una cacerola, se añade la carne del cangrejo, los pimientos molidos, el puré del jitomate, sal, pimienta y aceite al gusto; todo se va a mezclar muy bien y vamos a cocer hasta que el guiso este seco. Por otro lado, se van a lavar las conchas del cangrejo, para rellenarlas de carne, colocando sobre cada una un poco de mantequilla. Posteriormente, se van a hornear sobre la charola durante 10 minutos hasta que las conchas se doren. El platillo puede ser acompañado con hojas de perejil. |
| Lisa en Poc Chuc (Quintana Roo). | Ingredientes: 1 Lisa abierta como para asar de 2 ½ a 3 kilos; 3 naranjas agrias o una mezcla de naranja dulce con limón; cilantro picado; 1 chile habanero, desvenado y picado; 6 rabanitos picados; 4 jitomates picados y sal al gusto. |

| | |
|--|---|
| | <p>Para comenzar, se va a limpiar el pescado, enseguida lo vamos a untar con sal para pasar a freírlo en una parrilla. El segundo paso de esta receta es preparar un xnipek (salpicón), el cual consiste en mezclar todos los ingredientes (finamente picados), con el jugo de naranja y se van a sazonar con sal. A la hora de servirse, el pescado debe estar muy caliente para después bañarlo por encima con el salpicón preparado.</p> |
| <i>Cherna en su Jugo (Quintana Roo).</i> | <p>Se necesita una cherna mediana de 2 kilos aproximadamente (es de la misma familia del mero); 2 cebollas grandes rebanadas; 6 jitomates medianos, asados, pelados, rebanados y sin semilla; 2 chiles morrones; 1 manojo de perejil picado; 1 cabeza de ajo asada; 2 hojas de orégano y ½ de orégano de Castilla; sal y aceite al gusto; vinagre al gusto; 1 cucharadita de pimienta.</p> <p>En primera lugar, a la cherna se le va a limpiar y se va a cortar en rebanadas, después se lava con agua y limón; el siguiente paso de la receta, es la elaboración de una salsa con vinagre suave, aceite, sal y pimienta molida, en la cual se van a bañar nuestras rebanadas de pescado y se van a ir colocando en un sartén para freír junto al jitomate, la cebolla, el chile morrón, el perejil, el ajo, el orégano, la pimienta y un poco de aceite; se tapa el sartén y se deja a fuego lento hasta que la cherna quedé cocida.</p> |
| <i>Ceviche de Caracol (Quintana Roo).</i> | <p>Se requieren 2 caracoles (800 gramos aproximadamente); 3 jitomates picados; 4 cucharadas de cebolla picada; 1 taza de jugo de limón; 1 chile habanero desvenado y picado; sal y pimienta al gusto.</p> <p>En primera instancia, vamos a golpear el caracol hasta ablandarlo y después lo tenemos que cortar en pedazos pequeños; posteriormente, se cubre el caracol con agua hirviendo y se deja reposar hasta que se enfríe; para finalizar, se mezcla la carne de caracol con el jugo de limón, la cebolla, la sal y la pimienta. Se deja reposar 3 horas y a la hora de servirse se mezcla con el jitomate picado y el chile.</p> |
| <i>Pato en pepita roja (Yucatán).</i> | <p>Se van a necesitar dos patos muy limpios sin las colas y la grasa de las mismas; 4 cucharadas de sal gruesa; 20 dientes de ajo asados y machacados; 3 cucharadas de orégano asado; ½ kilo de pepita con cáscara y ligeramente tostada; 2 cucharadas de achiote en pasta (recaudo colorado); ½ cucharadita de pimienta en polvo; 5 jitomates asados, pelados, sin semilla y rebanados; 1 ramita de epazote; 1 cucharada de masa cruda y sal.</p> <p>Esta receta se va a iniciar con la realización de una mezcla con la mitad de los ajos, sal gruesa y orégano, con la cual vamos a untar los patos por dentro y por fuera. A continuación, los patos se van a asar a las brasas hasta que hayan perdido la mitad de su grasa. El braserero se mantiene prendido.</p> <p>El siguiente paso es cocer los patos en una cazuela que tenga un aproximado de 8 tazas de agua hirviendo y poca sal; por otro lado, la pepita tostada se va a licuar junto el achiote, el resto de los ajos, la pimienta y agua. Después de obtener la mezcla, hay que colar.</p> <p>Se agrega la mezcla anterior a la cazuela de los patos junto con el jitomate y el epazote. Se dejan cocer a fuego lento hasta que los patos queden tiernos; por otro lado, se deshace la masa en un poco de agua y se reserva.</p> <p>Los patos se retiran; la salsa se cuele y se regresa al fuego, asimismo sobre ella se vierte la masa diluida. Hay que remover continuamente la salsa sobre un fuego bajo hasta que tome consistencia; se añade sal al gusto. Al momento de servirse, los patos se calientan sobre el braserero.</p> <p>El platón final puede ser acompañado con hojas de chaya o espinaca, a la vez con rebanadas de calabaza. Se baña el pato con un poco de salsa caliente y se adorna con trocitos de huevos duros.</p> |
| <i>Filete de Venado Fresco (Quintana Roo).</i> | <p>ingredientes: ½ kilo de filete de venado fresco; 125 gramos de manteca; sal al gusto; 2 limones; lechugas; rábanos y ½ kilo de papas fritas.</p> <p>Se tiene que limpiar muy bien la carne de venado, se corta en ruedas, se machacan ligeramente y se marinan con el jugo de los limones con sal; se calienta la manteca, se cuecen los filetes y se les da algunas vueltas; por último se sirven calientes sobre hojas de lechuga y alrededor rábanos así como papas fritas.</p> |
| <i>Helado de Guanábana con leche (Yucatán).</i> | <p>Se van a requerir 500 gramos de guanábana madura, pelada; 250 gramos de azúcar aproximadamente, dependiendo del grado de madurez de la fruta; una pizca de sal; 4 tazas de leche; 3 claras de huevo batidas a punto de nieve.</p> <p>Para empezar, se remoja la guanábana en pedacitos con la leche, alrededor de dos horas, se le quitan las semillas; se va ir licuando la mezcla anterior poco a poco, asimismo se añade el azúcar y la pizca de sal. En caso de estar muy espeso, se le vierte más leche.</p> |

| | |
|---|---|
| | Se rectifica el azúcar, se retira de la licuadora y se vacía en el recipiente donde se vaya a congelar, envolviendo se incorporan las claras batidas. Finalmente, se deja en el congelador a que cuaje durante cuatro horas aproximadamente. |
| <i>Ishuajes de Elote (Sureste Mexicano).</i> | Se necesita ½ kilo de harina; ½ kilo de manteca; 6 elotes grandes; 1 cucharadita de sal o 2 cucharadas de azúcar y ½ cucharadita de bicarbonato de sodio. Se inicia moliendo los elotes en la maquina o licuadora; enseguida se mezclan en un platón con la harina, la sal, el bicarbonato y se le va agregando poco a poco manteca derretida tibia hasta formar una masa unida en la que se pueda tortear en un poco de manteca. Se dividen en bolitas que se tortean en papeles y se cuecen en el comal, a fuego bajo para que no se quemen. Si al tortear no corre el papel, se le pone un poco de azúcar abajo. Al comal se le tiene que preparar antes de preparar la receta, se le unta un poco de manteca con un papel. |
| <i>Tuti de Queso (Sureste Mexicano).</i> | Para la elaboración de la receta se va a requerir 750 gramos de harina; 3 yemas de huevo; 1 cucharada de mantequilla; 1 cucharada de vino seco; 2 cucharaditas de polvo de hornear; 1 cucharadita de sal; 150 gramos de mantequilla y 200 gramos de queso amarillo rallado. Antes de comenzar con la receta se precalienta el horno a 200 °C, por otro lado se pone la harina en la mesa realizando un hueco en el centro, en el que se van a colocar los huevos, mantequilla, vino, azúcar, polvo de hornear y sal; se mezcla todo, después se le va agregando la harina poco a poco para que se pueda amasar, en alternancia con la manteca. El siguiente paso, es la división en dos partes, se pueden extender con el rodillo; para continuar se rellenan con el queso, se doblan en tres (tipo carta), y se ponen a hornear durante aproximadamente 20 minutos. El relleno también puede ser con jamón y picadillo. |
| <i>Atole de pepita chica (Sureste Mexicano).</i> | Ingredientes: ½ Kilo de maíz; ½ kilo de pepita chica; ½ Kilo de azúcar. Hay que limpiar bien el maíz y la pepita chica, se cocinan con un aproximado de 8 tazas de agua; ya que estén suaves, se lavan y se pasan a moler. Enseguida hay que colar y se añade azúcar y se pone a cocer junto a 10 tazas de agua, conjuntamente, no hay que dejar de mover la mezcla con una cuchara, hasta que tome consistencia de un atole ligero. Si se requiere se puede agregar más agua. |

Anexo 3. Sitios potenciales a ser considerados geositios a partir de parámetros establecidos.

| No | Name de cenote | Municipio | Localidad | Privado | Comunal | Infraestructura | Tours | Compañía | Localización en Google earth |
|----|----------------------|-------------|-------------------|---------|---------|-----------------|----------------|-------------------------|---|
| 1 | 27 Steps | Tulum | Akumal | | * | * | Snorquel Buceo | Deep Horizont | http://goo.gl/maps/dQW7i |
| 2 | 3 Bocas | Solidaridad | Puerto Morelos | | * | * | Snorquel Buceo | Parque 3 Bocas | http://goo.gl/maps/2kjaJ |
| 3 | 3 Potrillos | Cozumel | Cozumel | * | | * | Snorquel Buceo | Bay Adventures | http://goo.gl/maps/RIOZf |
| 4 | 3 Rios | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Hacienda 3 Rios | http://goo.gl/maps/CWzLG |
| 5 | 7 Bocas | Solidaridad | Puerto Morelos | | * | * | Snorquel Buceo | Parque 7 Bocas | https://goo.gl/maps/dIlZA |
| 6 | Abejas | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | http://goo.gl/maps/dXUOH |
| 7 | Actun Chen | Tulum | Akumal | | * | * | Snorquel Buceo | Indiana Joes | https://goo.gl/maps/akTwb |
| 8 | Actun Koh | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Labna ha Ecopark | http://goo.gl/maps/VhaxN |
| 9 | Aerolita del Paraiso | Cozumel | Cozumel | * | | * | Snorquel Buceo | Bay Adventures | http://goo.gl/maps/TFXOI |
| 10 | Aguila | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Hacienda 3 Rios | http://goo.gl/maps/49gB4 |
| 11 | Ak Tulum | Tulum | Tulum | | * | * | Snorquel Buceo | My Tours Cancún | http://goo.gl/maps/CECWi |
| 12 | Alhambra | Tulum | Akumal | | * | * | Snorquel Buceo | Planeta Buceo | http://goo.gl/maps/OHwVe |
| 13 | Alomo | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | http://goo.gl/maps/X4AvI |
| 14 | Angelita | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Maya Diving | https://goo.gl/maps/KBKuk |
| 15 | Avicola | Tulum | Akumal | | * | * | Snorquel Buceo | Deep Horizont | http://goo.gl/maps/q8I5d |
| 16 | Azul | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Cancun Travel | https://goo.gl/maps/jRvyO |
| 17 | Bambú | Cozumel | Cozumel | * | | * | Snorquel Buceo | Bay Adventures | http://goo.gl/maps/TjUX0 |
| 18 | Boca del Puma | Solidaridad | Puerto Morelos | * | | * | Snorquel Buceo | Parque Boca del Puma | https://goo.gl/maps/vaYF7 |
| 19 | Burrodromo | Solidaridad | Mayakoba | | * | * | Snorquel Buceo | Hotel Fairmont | http://goo.gl/maps/D5Zxz |
| 20 | Calica | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Calica Maya Tours | http://goo.gl/maps/S2ju7 |
| 21 | Carwash | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Go Cavern Diving | https://goo.gl/maps/q3MvD |
| 22 | Chac Mol | Tulum | Puerto Aventuras | | * | * | Snorquel Buceo | Scuba Libre | https://goo.gl/maps/LQxh2 |
| 23 | Chikin Ha | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Parque Chikin Ha | https://goo.gl/maps/b1tMZ |
| 24 | Chilam Balam | Solidaridad | Puerto Morelos | * | | * | Snorquel Buceo | Parque Chilam Balam | http://goo.gl/maps/9K59x |
| 25 | Chucacal | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Marina Puerto Aventuras | http://goo.gl/maps/BNbmC |
| 26 | Cocodrilo | Cozumel | Cozumel | * | | * | Snorquel Buceo | Bay Adventures | http://goo.gl/maps/gVx8D |
| 27 | Cristalino | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Buceo Xtabay | https://goo.gl/maps/edn1L |
| 28 | Dos Ojos | Tulum | Akumal | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Dos Ojos | https://goo.gl/maps/1Sj7k |
| 29 | Dos Pies | Tulum | Ejido Jacinto Pat | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | http://goo.gl/maps/oi6Jz |
| 30 | Dos Pisos | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Zero Gravity | http://goo.gl/maps/iP5Sw |
| 31 | Dzotot Took | Tulum | Tulum | | * | * | Snorquel Buceo | Zero Gravity | http://goo.gl/maps/12Q78 |
| 32 | Ek Be | Tulum | Ejido Jacinto Pat | | * | * | Snorquel Buceo | Quiet Diver | http://goo.gl/maps/IhScs |
| 33 | El Griego | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Hotel Maya Coba | http://goo.gl/maps/XpMze |
| 34 | El Picaro | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Cancun Travel | http://goo.gl/maps/1vvup |
| 35 | Escondido | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Parque Cenote Escondido | http://goo.gl/maps/AUWBI |
| 36 | Esqueleto | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Cave Diving | http://goo.gl/maps/fQiMV |

| | | | | | | | | | |
|----|------------------|-------------|------------------|---|---|---|----------------------------|-------------------------|---|
| 37 | Gran Cenote | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Gran Cenote | https://goo.gl/maps/VCcHH |
| 38 | Herradura | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Marina Puerto Aventuras | http://goo.gl/maps/umRLx |
| 39 | Ich Kin | Tulum | Tulum | | * | * | Snorquel Buceo | Zero Gravity | http://goo.gl/maps/WL870 |
| 40 | Ich Tun | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Zero Gravity | http://goo.gl/maps/W7EGV |
| 41 | Ich Tunich | Tulum | Chemuyil | | * | * | Snorquel Buceo | Zero Gravity | http://goo.gl/maps/gOqEy |
| 42 | Jaguar | Tulum | Chemuyil | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | https://goo.gl/maps/bi39C |
| 43 | Kantun Chi | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Parque Kantun Chi | https://goo.gl/maps/O10Jg |
| 44 | Kin Ha | Solidaridad | Puerto Morelos | * | | * | Snorquel Buceo | Parque Kin ha | https://goo.gl/maps/bc3eR |
| 45 | Koox Baal | Tulum | Chemuyil | | * | * | Snorquel Buceo | Zero Gravity | http://goo.gl/maps/D4Lef |
| 46 | La Bacteria | Solidaridad | Playa del Carmen | | * | * | Snorquel Buceo | Cancun Travel | http://goo.gl/maps/TmUS1 |
| 47 | La Noria | Solidaridad | Puerto Morelos | | * | * | Snorquel Buceo Ciclismo | Parque la Noria | https://goo.gl/maps/kh5U1 |
| 48 | Labna Ha | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Labna ha Ecopark | https://goo.gl/maps/o6Jli |
| 49 | Laguna Lagarto | Tulum | Akumal | | * | * | Snorquel Buceo | Dive Dos Ojos | http://goo.gl/maps/RuULK |
| 50 | Manati | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Yucatan All | https://goo.gl/maps/pT7c8 |
| 51 | Minotauro | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Cave Diving | http://goo.gl/maps/ea7cu |
| 52 | Mojarras | Solidaridad | Puerto Morelos | * | | * | Snorquel Buceo | Parque Cenote Mojarras | https://goo.gl/maps/iAfZB |
| 53 | Mundo Escondido | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | http://goo.gl/maps/BYAur |
| 54 | Naranjal | Tulum | Tulum | | * | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | http://goo.gl/maps/4F80f |
| 55 | Nohoch Actun | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Zero Gravity | http://goo.gl/maps/c2v5C |
| 56 | Nohoch Kiin | Tulum | Tulum | | * | * | Snorquel Buceo | Cancun All Tours | http://goo.gl/maps/kpbSc |
| 57 | Nohoch Nah Chich | Tulum | Tulum | * | | * | Jungle Expedition | Cancun All Tours | http://goo.gl/maps/jRMIO |
| 58 | Nonec | Tulum | Tulum | | * | * | Snorquel Buceo | Zero Gravity | http://goo.gl/maps/Yjaqs |
| 59 | Nube Blanca | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Cancun Travel | http://goo.gl/maps/YP5Ig |
| 60 | Orquideas | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Hacienda 3 Rios | http://goo.gl/maps/ITRRv |
| 61 | Ox Bel Ha | Tulum | Tulum | * | | * | Ruta de los cenotes | Grupo Ox bel ha | http://goo.gl/maps/JtZlh |
| 62 | Palomita | Tulum | Chemuyil | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | http://goo.gl/maps/Loyic |
| 63 | Pitch | Tulum | Chemuyil | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | http://goo.gl/maps/48Zem |
| 64 | Ponderosa(Edén) | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Motmot Diving | https://goo.gl/maps/Pnes7 |
| 65 | Quebrada | Cozumel | Cozumel | * | | * | Snorquel Buceo | Bay Adventures | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 66 | Rio Secreto | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Rio Secreto | https://goo.gl/maps/6bmXI |
| 67 | Sac Actun | Tulum | Tulum | | * | * | Snorquel Buceo | Go Cavern Diving | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 68 | San Martin | Tulum | Akumal | * | | * | Snorquel Buceo | Safari | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 69 | Taj Mahal | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Cave Diving | https://goo.gl/maps/OWrHS |
| 70 | Tortuga | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Space for Snorquel | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 71 | Tuhs Xubaxaactun | Tulum | Chemuyil | * | | * | Snorquel Buceo | Dive Seven | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 72 | Tzonot | Tulum | Akumal | * | | * | Snorquel Buceo | Safari | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 73 | Uchben Bel Ha | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Cancun All Tours | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 74 | Vaca Ha | Tulum | Tulum | * | | * | Snorquel Buceo | Quiet Diver | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 75 | Verde Lucero | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Ruta de los cenotes | Cancun Travel | https://goo.gl/maps/yNeju |
| 76 | Wildwater | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Puebla Sacbe | http://goo.gl/maps/8uIxF |

| | | | | | | | | | |
|----|------------|-------------|------------------|---|---|---|-------------------|---------------------|---|
| 77 | Xalacoco | Solidaridad | Playa del Carmen | | * | * | Snorquel Buceo | Cancun All Tours | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 78 | Xibalba | Solidaridad | Playa del Carmen | * | | * | Snorquel Buceo | Xibalba Dive center | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 79 | Xilan Kaab | Tulum | Akumal | * | | * | Snorquel Buceo | Safari | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 80 | Xpuha | Solidaridad | Xpu ha | * | | * | Snorquel Buceo | Parque Xpu ha | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 81 | Xtabay | Tulum | Puerto Aventuras | * | | * | Snorquel Buceo | Buceo Xtabay | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 82 | Xunaan Ha | Tulum | Chemuyil | * | | * | Snorquel Buceo | Sol Maya | http://goo.gl/maps/8uIxF |
| 83 | Zapote | Solidaridad | Puerto Morelos | | * | * | Jungle Expedition | Price Travel | http://goo.gl/maps/8uIxF |

5. En el marco del componente geología, qué tipo de roca aporta más a la geodiversidad de QR; la Qpt(?)Ar, la QptAr-Cz, la TmCz, la TmCz-Do, la TmplCz-Cq, ¿la TeCz-Mg o la TpaCz-Y?

| Tabla de juicios de valor | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|
| ¿Qué tipo de roca aporta mayor geodiversidad de QRoo? | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Qpt(?)Ar | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tm/Cz-Do |
| Qpt(?)Ar | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tpa/Cz-Y |
| QptAr-Cz | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Qpt(?)Ar |
| TmplCz-Cq | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Qpt(?)Ar |
| Te/Cz-Mg | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Qpt(?)Ar |
| TmCz | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Qpt(?)Ar |
| QptAr-Cz | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | TmplCz-Cq |
| QptAr-Cz | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Te/Cz-Mg |
| QptAr-Cz | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tpa/Cz-Y |
| TmCz | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | QptAr-Cz |
| TmCz-Do | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | QptAr-Cz |
| TmCz | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tpa/Cz-Y |
| TmplCz-Cq | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | TmCz |
| Te/Cz-Mg | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | TmCz |
| TmCz-Do | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | TmCz |
| TmCz-Do | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tpa/Cz-Y |
| TmplCz-Cq | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | TmCz-Do |
| Te/Cz-Mg | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | TmCz-Do |
| TmplCz-Cq | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tpa/Cz-Y |
| Te/Cz-Mg | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | TmplCz-Cq |
| Te/Cz-Mg | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Tpa/Cz-Y |

Anexo 5. Fichas informativas de los geositos y sitios de geodiversidad en Quintana Roo.

(Debido a la pandemia del SARS-COV2 no fue posible realizar el trabajo de campo a detalle, por lo tanto, se utilizaron imágenes de Google Maps solo como referencia a los lugares definidos como geositos y sitios de geodiversidad.

Ficha informativa de patrimonio geológico (geosito) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 1 Nombre: Cenotes Lu'Um, Kin-Ha y K'áak'

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo

Municipio: Puerto Morelos Coordenadas geográficas: 20° 51' 11", -87° 07' 44"

Altitud: 20 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

Es un grupo de tres cenotes abiertos y semiabiertos. Están formados por rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie estructural baja fitoestable en etapa de desarrollo geomorfológico juventud-madurez, de acuerdo con Bautista et al. (2005).

Uso: Geoturístico

- Tal y como se observan en las imágenes, es posible distinguir los elementos y rasgos geológicos y geomorfológicos del sitio, sin que elementos naturales como vegetación o artefactos de origen antrópico obstruyan el panorama.
- Presenta un regular contraste entre los elementos de su entorno y los rasgos geológicos y geomorfológicos, ya que sobresalen la diferencia entre los espacios terrestres y acuáticos, lo que favorece el interés de los turistas.
- La información correspondiente a los elementos geológicos y geomorfológicos presentes es sencilla de llevar a públicos de todos niveles educativos.
- El acceso a los sitios de los rasgos geológicos y geomorfológicos cuenta con vías de acceso directo.
- El sitio cuenta con cobertura telefónica móvil y se ubica a menos de 50 km de los servicios de emergencia.

Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 2 Nombre: Sistema de cuevas Río Secreto

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Solidaridad Coordenadas geográficas: 20° 37' 17", -87° 08' 32"
Altitud: 11 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

Los sistemas de cuevas inundadas se forman por la fusión de dolinas que tienen un avanzado estado de disolución de las rocas que las conforman. Las rocas carbonatadas ceden comúnmente a lo largo de ríos subterráneos de manera indistinta, por lo que se pueden producir cuevas de alto nivel de acceso, y otras entradas accesibles fácilmente. En el estado de Quintana Roo se encuentran varios sistemas de este tipo que comunican de manera subterránea múltiples dolinas a lo largo de cientos de kilómetros de longitud. Dentro de estas cuevas y dolinas se forman los espeleotemas, formas tales como estalactitas, estalagmitas, columnas de acreción (por fusión de estalactitas y estalagmitas), coladas, pisolitas o perlas de cavernas, gours, entre otras. El Río Secreto está formado sobre rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie estructural baja fitoestable en etapa de desarrollo geomorfológico juventud-madurez, de acuerdo con Bautista et al. (2005). Además, se ubica sobre una falla, circunstancia que favoreció su génesis (SGM, 2016).

Uso: Geoturístico

- Tal y como se observan en las imágenes, es posible distinguir los elementos y rasgos geológicos y geomorfológicos del sitio, sin que elementos naturales como vegetación o artefactos de origen antrópico obstruyan el panorama.
- Presenta un regular contraste entre los elementos de su entorno y los rasgos geológicos y geomorfológicos, ya que sobresalen la diferencia entre los espacios terrestres y acuáticos, lo que favorece el interés de los turistas.
- La información correspondiente a los elementos geológicos y geomorfológicos presentes es sencilla de llevar a públicos de todos niveles educativos.
- El acceso a los sitios de los rasgos geológicos y geomorfológicos cuenta con vías de acceso directo.
- El sitio cuenta con cobertura telefónica móvil y se ubica a menos de 50 km de los servicios de emergencia.

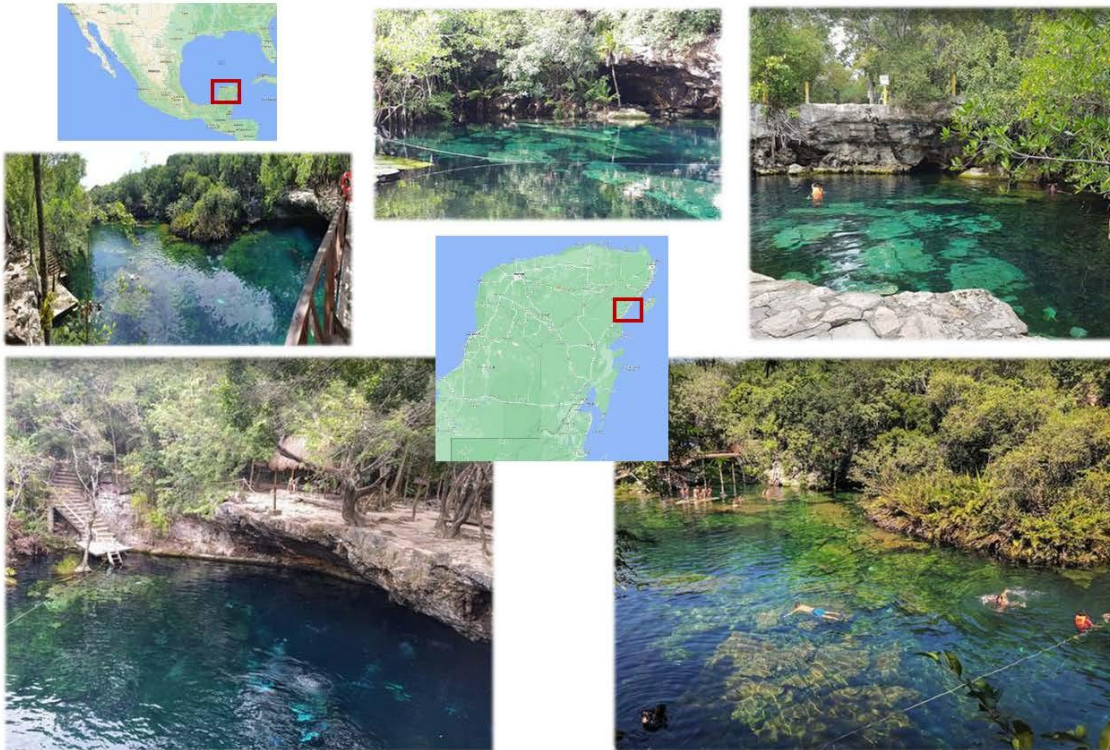
Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 3 Nombre: Cenote Cristalino y Jardín del Edén

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Solidaridad Coordenadas geográficas: 20° 29' 36", -87° 15' 13"
Altitud: 9 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

Es un grupo de dos cenotes abiertos. Están formadas por rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie estructural baja fitoestable en etapa de desarrollo geomorfológico de juventud-madurez, de acuerdo con Bautista et al. (2005). REVISAR

Uso: Geoturístico

- Tal y como se observan en las imágenes, es posible distinguir los elementos y rasgos geológicos y geomorfológicos del sitio, sin que elementos naturales como vegetación o artefactos de origen antrópico obstruyan el panorama.
- Presenta un regular contraste entre los elementos de su entorno y los rasgos geológicos y geomorfológicos, ya que sobresalen la diferencia entre los espacios terrestres y acuáticos, lo que favorece el interés de los turistas.
- La información correspondiente a los elementos geológicos y geomorfológicos presentes es sencilla de llevar a públicos de todos niveles educativos.
- El acceso a los sitios de los rasgos geológicos y geomorfológicos cuenta con vías de acceso directa. nta con vías de acceso directo.
- El sitio cuenta con cobertura telefónica móvil y se ubica a menos de 50 km de los servicios de emergencia.

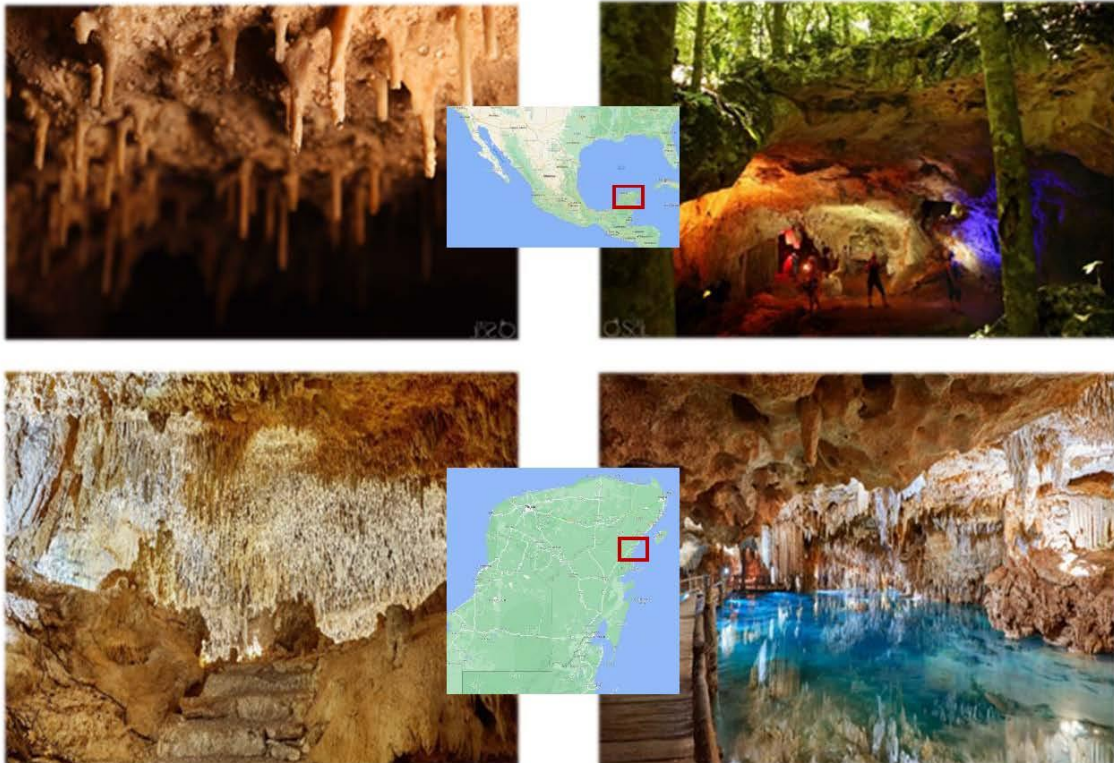
Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 4 Nombre: : Sistema de cuevas Actun-Chen

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Tulum Coordenadas geográficas: 20° 18' 45", -87° 23' 37"
Altitud: 15 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

El parque sistema de cuevas Actun Chen dolinas se ubica sobre rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie palustre costera de inundación en etapa de desarrollo geomorfológico reciente-juventud, de acuerdo con Bautista et al. (2005).

Uso: Geoturístico

- Como se observa en las imágenes, el Sistema de cuevas Actun-Chen cuenta con alto potencial interpretativo, gracias a su accesibilidad, y seguridad .
- Dentro de estas cuevas se han formado un si número de espeleotemas, destacan las estalactitas, estalagmitas, columnas de acreción (por fusión de estalactitas y estalagmitas), coladas, pisolitas o perlas de cavernas, gours, entre otras. Esta combinación refleja la relación entre los rasgos geológicos y geomorfológicos, en especial la erosión kárstica.
- El sitio cuenta con cobertura telefónica móvil y se ubica a menos de 50 km de los servicios de emergencia.

Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 5 Nombre: Nohoch-Na-Chich, Pet , Misterio Maya, Del Jaguar, Nic-Te-Ha, Pit y Dos Ojos

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo

Municipio: Tulum Coordenadas geográficas: De 20° 19' 38", -87° 23' 22" a 20° 17' 45", -87° 24' 19"

Altitud: 10 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

Estas dolinas se ubican dentro del sistema de cuevas Sac Actun, el cual está formado sobre rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie palustre costera de inundación en etapa de desarrollo geomorfológico reciente-juventud, de acuerdo con Bautista et al. (2005).

Uso: Geoturístico

- Como se puede observar en las imágenes en este conjunto de cenotes se puede observar tanto en la parte exterior de las dolinas, como mediante una inmersión superficial de sus aguas los rasgos geológicos y geomorfológicos del lugar.
- Resaltan tres tipos de cenotes; a) Abiertos. Sus paredes son verticales y poseen una forma cilíndrica, b) Semiabiertos. Tienen paredes verticales que se estrechan en la zona superior; también se les conoce como cenotes con forma de cántaro y los c) De caverna. Como su nombre indica, se localizan dentro de cavernas a las que se accede por alguna abertura.
- Gracias a estas características el sitio presenta un alto potencial interpretativo manera muy clara y forma expresiva para ser explicado a todo tipo de público.
- En cuanto a la relación entre el elemento cultural y los elementos geológicos y geomorfológicos destaca el Cenote Pit, ya que para los antiguos mayas este cenote es un portal hacia el inframundo, el Xibalba. «La puerta al inframundo»; Otro rasgo distintivo es que en su interior se han encontrado dos esqueletos humanos de con una antigüedad de 10 mil años. <https://www.mexicodesconocido.com.mx/cenote-el-pit-tulum-quintana-roo.html>

Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 6 Nombre: Sistema de cuevas Sac-Actun

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Tulum Coordenadas geográficas: 20° 23' 14", -87° 21' 14"
Altitud: 15 msnm Dimensión espacial: lineal



Descripción

Los sistemas de cuevas inundadas se forman por la fusión de dolinas que tienen un avanzado estado de disolución de las rocas que las conforman. Las rocas carbonatadas ceden comúnmente a lo largo de ríos subterráneos de manera indistinta, por lo que se pueden producir cuevas de alto nivel de acceso, y otras entradas accesibles fácilmente. En el estado de Quintana Roo se encuentran varios sistemas de este tipo que comunican de manera subterránea múltiples dolinas a lo largo de cientos de kilómetros de longitud. Dentro de estas cuevas y dolinas se forman los espeleotemas, formas tales como estalactitas, estalagmitas, columnas de acreción (por fusión de estalactitas y estalagmitas), coladas, pisolitas o perlas de cavernas, gours, entre otras. Al igual que el sistema Río Secreto, el sistema Actun-Chen está formado sobre rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La cueva de Sac-Actun tiene 368 km de largo, lo que hace es el sistema de cuevas submarinas más largo del mundo y la segunda cueva más larga de el mundo .

Uso: Científico y educativo

- Como señalan de Azevedo, S. et al. (2015), "el sistema de cuevas submarinas de Sac Actun ha sido ampliamente estudiado para el conocimiento de su geología y geomorfología kárstica, la evolución paleoclimática y paleoambiental de la Península de Yucatán, ecosistema servicios del sistema subterráneo, y archivos preservados de arqueología, antropología, y evidencia paleontológica de ocupación en diferentes periodos".
- Existen numerosas publicaciones que reportan hallazgos científicos importantes. Destacan los trabajos de Kambesis, P.N. and Coke IV, J.G. , (2016) Collins, S.V. et al. (2015). Gabriel, J.J. et al. (2009).
- Su valor científico ha sido reconocido por la IUGS (2022), quién le otorgó en 2022 el reconocimiento de ser uno de los 100 primeros sitios del Patrimonio Geológico del mundo.

Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 7 Nombre: Casa-Cenote-Manatí

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Tulum Coordenadas geográficas: 20° 16' 03", -87° 23' 27"
Altitud: 2 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

El cenote Casa Manatí se ubica muy cerca de la costa, sobre suelos litorales (Qhóli), correspondientes al Cuaternario Holoceno (SGM, 2016). De acuerdo con Bautista et al. (2005), la unidad de paisaje donde se localiza es el Cordón Litoral Lítico y Arenoso en etapa de desarrollo geomorfológico juventud.

Uso: Geoturístico

- Como se observa en las imágenes el cenote Manatí, es un cenote de tipo abierto, resultado del colapso del techo de una caverna.
- Esta característica favorece su visibilidad y sobre todo su potencial interpretativo dirigido a público en general, es decir, que el público en general que visite el lugar no necesite tener antecedentes previos de la geología y geomorfología del sitio y área.
- Otro factor que favorece los aspectos anteriores es su acceso a vías de comunicación. Ya que existen vías de comunicación aledañas a la playa.

Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

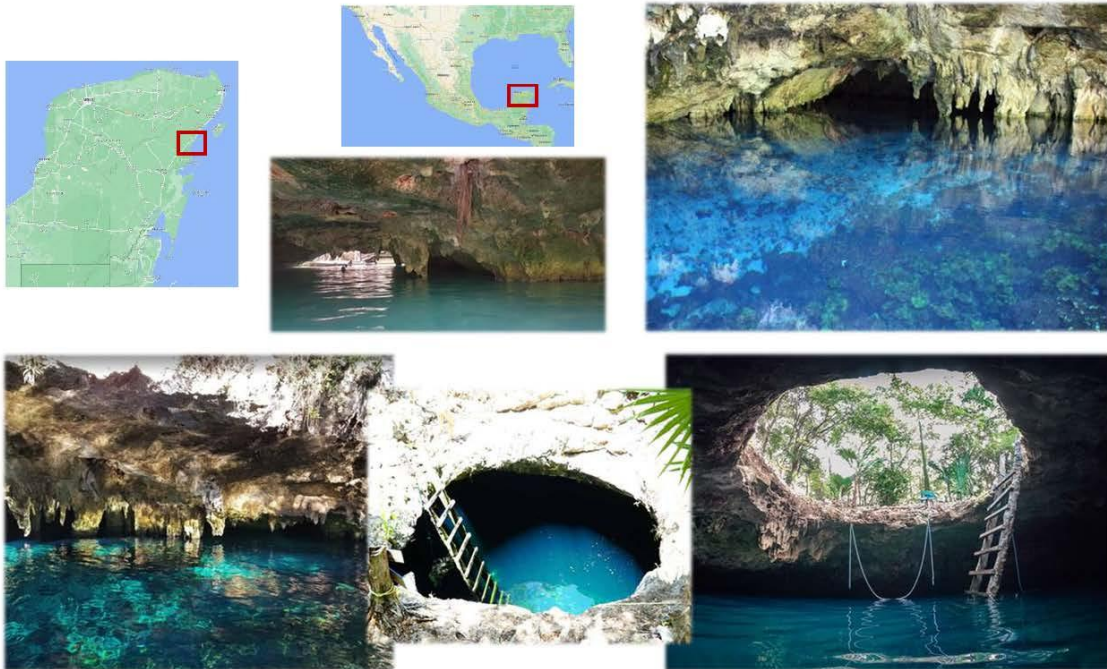
Número: 8 Nombre: Calavera y Gran Cenote

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo

Municipio: Tulum Coordenadas geográficas: 20° 14' 21", -87° 27' 41"

Altitud: 11 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

Las dolinas Calavera y Gran Cenote se ubican sobre rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie palustre costera de inundación marina en etapa de desarrollo geomorfológico reciente-juventud, de acuerdo con Bautista et al. (2005).

Uso: Geoturístico

- Como se observa en las imágenes el Cenote Calavera es un cenote semiabierto, al cual se accede por unas escaleras, en sus aguas se presentan hasta tres capas de haloclinas -mezcla del agua dulce y salada a grandes profundidades-, un fenómeno natural que parece de otro mundo, único y hermoso para aquellos que son buzos.
- En cuanto al Gran Cenote se caracteriza por su valor geoturístico ya que dentro de él se pueden practicar actividades acuáticas que van desde la natación hasta el buceo con equipo profesional.
- Asimismo el acceso a estos cenotes es relativamente sencillo ya que a unos metros se localiza la carretera pavimentada que une las localidades de Tulum y Coba.
- La visibilidad de ambos sitios de geodiversidad es alta favoreciendo su potencial interpretativo dirigido a público en general, es decir, que el público en general que visite el lugar no necesite tener antecedentes previos de la geología y geomorfología del sitio y área.

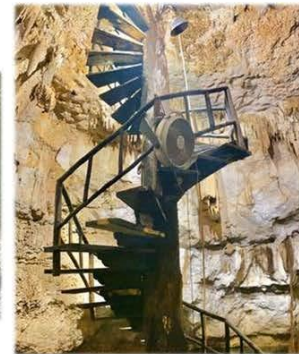
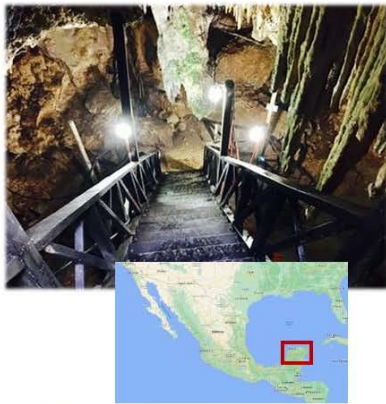
Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 9 Nombre: Tankach-Ha, Choo-Ha y Multun-Ha

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Tulum Coordenadas geográficas: 20° 28' 45", -87° 45' 53"
Altitud: 20 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

Las dolinas Tankach-Ha, Choo-Ha y Multun-Ha que se localizan cercanas a la localidad de Cobá, se desarrollan sobre rocas calizas en combinación con coquina del Mioceno-Plioceno (TmplCz-Cq) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie estructural ondulada en etapa de desarrollo geomorfológico reciente-juventud, de acuerdo con Bautista et al. (2005).

Uso: Geoturístico

- Como se puede observar en las imágenes este conjunto de cenotes son de caverna, a las que se accede por alguna abertura. Este sitio de geodiversidad tiene una alta accesibilidad gracias a su cercanía a una carretera pavimentada lo que refleja la facilidad o dificultad que tendrá el visitante para llegar al sitio de interés geológico y geomorfológico. Ya en el interior de los cenotes se puede apreciar sus cualidades estéticas que contrastan con su entorno y sobresalen por el cambio de formas, colores, y perspectivas.
- Gracias a estas características el sitio presenta un alto potencial interpretativo manera muy clara y forma expresiva para ser explicado a todo tipo de público. En cuanto a la relación entre el elemento cultural y los elementos geológicos y geomorfológicos, este sitio es único en Quintana Roo debido a la cercanía con la Zona Arqueológica de Cobá. Como se ha señalado para los antiguos mayas los cenotes son una entrada al Xibalba.

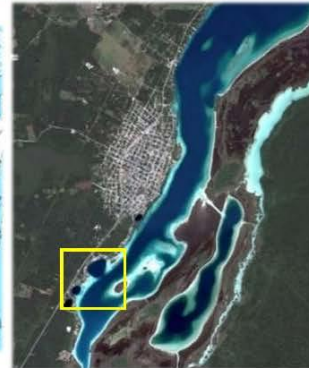
Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 10 Nombre: Estromatolitos en playa Cocalitos

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Bacalar Coordenadas geográficas: 18° 39' 11", -88° 24' 24"
Altitud: 0 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

Son estructuras órgano-sedimentarias formadas principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), que se adhieren al sustrato lagunar; su origen proviene de la actividad metabólica de microorganismos conocidos como cianobacterias. Están formadas por rocas calizas del Mioceno (TmCz) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie palustre costera de inundación marina en etapa de desarrollo geomorfológico juventud-reciente, de acuerdo con Bautista et al. (2005). A la vez, se ubica sobre el escarpe de la Falla del Río Hondo, circunstancia que favoreció su génesis (SGM, 2016).

Uso: Científico y educativo

- Su importancia radica en son los primeros recicladores del carbono, así como también son la evidencia de vida más antigua que se conoce en la tierra (Beraldi, 2004a).
- La Laguna de Bacalar es el ecosistema acuático que alberga al mayor arrecife de estromatolitos en agua dulce del mundo (Álvarez, T. et al., 2021).
- No obstante, estos espacio están en peligro de deterioro constante, sobre todo aquellos en los que la actividad turística se incrementa con el paso del tiempo. La falta de cuidado por parte de algunos prestadores de servicios turísticos puede estar afectando estas importantes formas de vida (Ortiz, 2015).

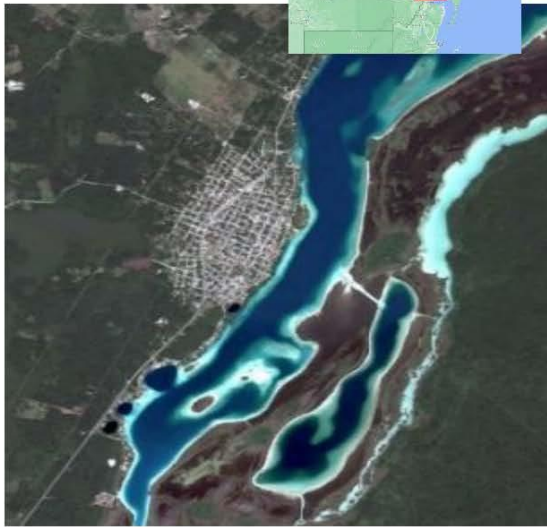
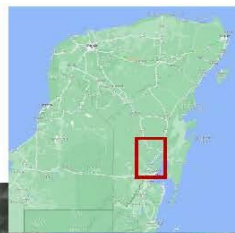
Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 11 Nombre: Cenotes Esmeralda, Cocalitos y Azul

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Othón P. Blanco Coordenadas geográficas: 18° 39' 11", -88° 24' 24"
Altitud: 0 msnm Dimensión espacial: puntual



Descripción

Franja de tres cenotes que se ubican en la margen oeste de la Laguna de Bacalar. Están formadas por rocas calizas del Mioceno (TmCz) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie palustre costera de inundación marina en etapa de desarrollo geomorfológico juventud-reciente, de acuerdo con Bautista et al. (2005). A la vez, se ubica sobre el escarpe de la Falla del Río Hondo, circunstancia que favoreció su génesis (SGM, 2016).

Uso: Geoturístico

- Tal y como se observan en las imágenes, es posible distinguir los elementos y rasgos geológicos y geomorfológicos del sitio, sin que elementos naturales como vegetación o artefactos de origen antrópico obstruyan el panorama.
- Presenta un alto contraste entre los elementos de su entorno y los rasgos geológicos y geomorfológicos, ya que éstos sobresalen por el cambio de formas, colores y perspectivas, lo que favorece el interés de los turistas.
- La información correspondiente a los elementos geológicos y geomorfológicos presentes es sencilla de llevar a públicos de todos niveles educativos.
- El acceso a los sitios de los rasgos geológicos y geomorfológicos cuenta con vías de acceso directo.
- El sitio cuenta con cobertura telefónica móvil y esté ubicado a menos de 50 km de los servicios de emergencia, aunque no con instalaciones de seguridad.

Ficha informativa de patrimonio geológico (geositio) y sitios de geodiversidad

Identificación

Número: 12 Nombre: Rápidos de la Laguna de Bacalar

Ubicación

País: México Entidad federativa: Quintana Roo
Municipio: Othón P. Blanco Coordenadas geográficas: De 18° 35' 55", -88° 25' 40" a 18° 33' 40", -88° 23' 53"
Altitud: 0 msnm Dimensión espacial: lineal



Descripción

Son estructuras organo-sedimentarias formadas principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), que se adhieren al sustrato lagunar; su origen proviene de la actividad metabólica de microorganismos conocidos como cianobacterias. Están formadas por rocas calizas del Mioceno (TmCz) (SGM, 2016). La unidad de paisaje es la planicie palustre costera de inundación marina en etapa de desarrollo geomorfológico juventud-reciente, de acuerdo con Bautista et al. (2005). A la vez, se ubica sobre el escarpe de la Falla del Río Hondo, circunstancia que favoreció su génesis (SGM, 2016).

Uso: Científico y educativo

- Su importancia radica en son los primeros recicladores del carbono, así como también son la evidencia de vida más antigua que se conoce en la tierra (Beraldi, 2004a).
- La Laguna de Bacalar es el ecosistema acuático que alberga al mayor arrecife de estromatolitos en agua dulce del mundo (Álvarez, T. et al., 2021).
- Para proteger los estromatolitos, actualmente algunas cooperativas lancheras de Bacalar han colocado boyas para evitar que los turistas y las lanchas los destruyan (Ortiz, 2015).

Anexo 6.

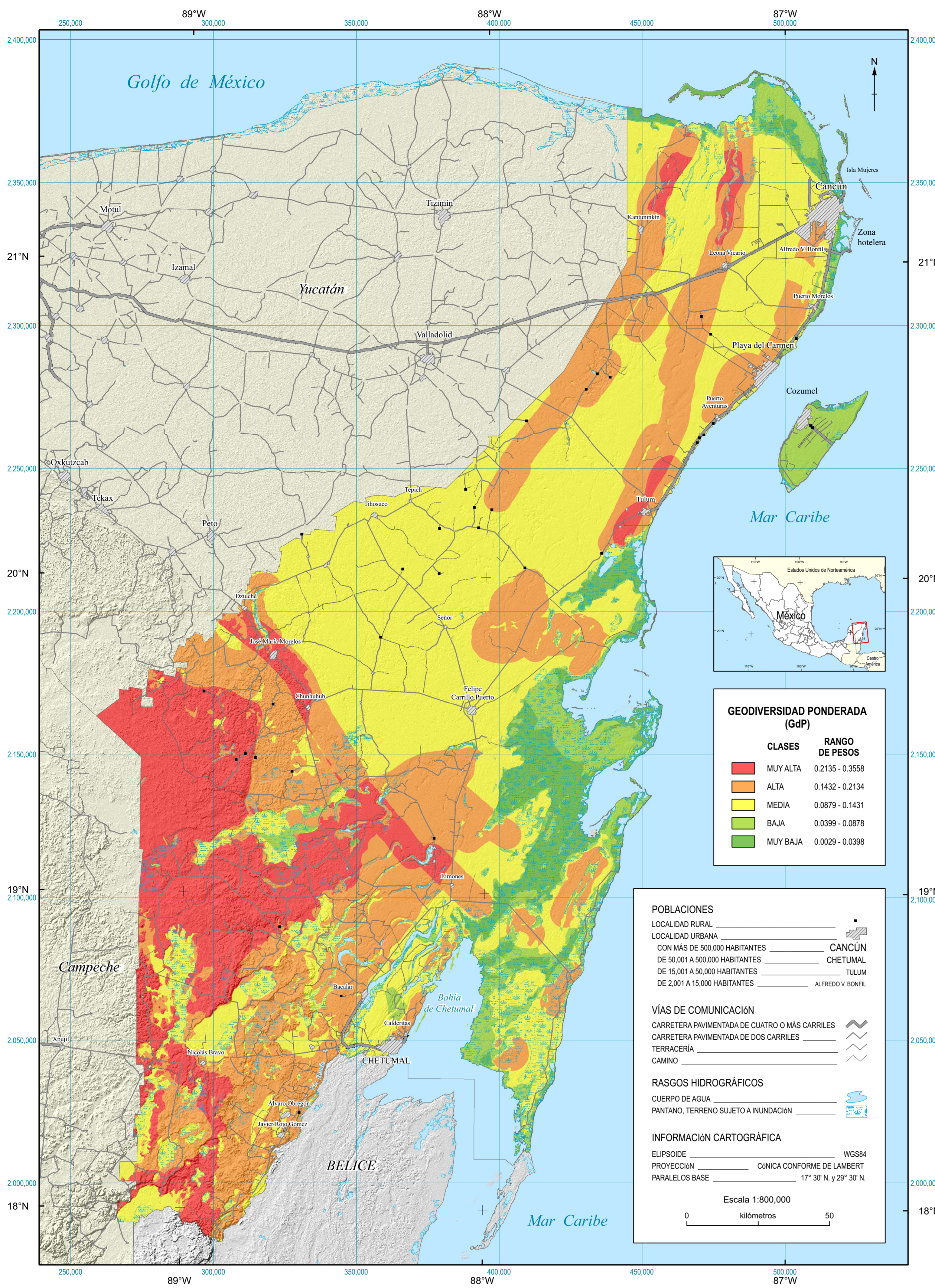
Mapa 3.1. Distribución de la geodiversidad
de Quintana Roo.

Mapa de distribución de geodiversidad de Quintana Roo, México, escala 1: 800,000

Geodiversity distribution map of Quintana Roo, Mexico, scale 1: 800,000

Domínguez-Herrera Eduardo¹, Luna-González Laura², Velázquez-Torres David³

1) Posgrado en Geografía, UNAM; 2) Instituto de Geología, UNAM; 3) División de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana Roo, México



Mapas de apoyo

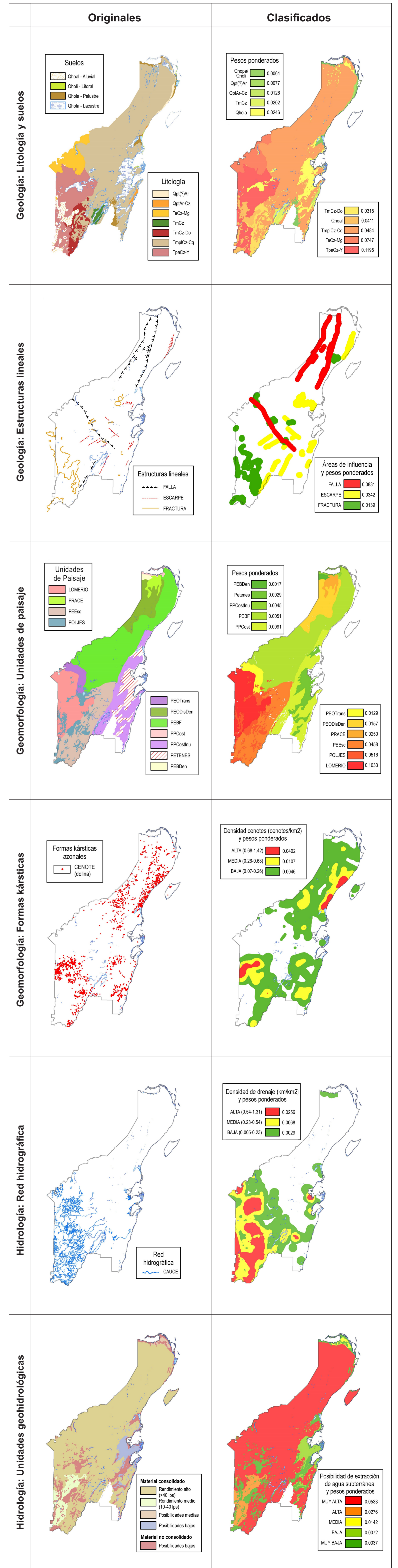


Tabla de resultados de la clasificación de la geodiversidad usando el método Geodiversidad Ponderada (GdP)
 Table of results of the classification of geodiversity using the Weighted Geodiversity method (WGd)

Esta tabla de dos entradas muestra los resultados del análisis de la geodiversidad de Quintana Roo, México. En la primera entrada se incluyen los datos clasificados por clases finales (MUY ALTA, ALTA, MEDIA, BAJA y MUY BAJA) con sus correspondientes rangos de pesos, superficie agrupada en kilómetros cuadrados y superficie agrupada en porcentaje con respecto al total de Quintana Roo.

Por otro lado, en la segunda entrada se presentan los datos desglosados de los componentes, subcomponentes y entidades de la geodiversidad, así como los pesos obtenidos para cada una de las entidades, con el nombre de las entidades de geodiversidad, y sus correspondientes participaciones en peso relativo, superficie en kilómetros cuadrados y superficie en porcentaje.

| Clases de la Geodiversidad | | Componentes de la Geodiversidad de Quintana Roo (WGd) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|---|-------------------------------|--|-------------------|--|-------------------------|----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------|------------------------------------|-------------------------|----------|--------------------|--|-------------------------|----------|-------------------|--|-------------------------------|----------------|---------------------------|--------|-------------------------|----------|
| | | Componente: Geología | | | | | | | | Componente: Geomorfología | | | | | | | | Componente: Hidrología | | | | | | | | | | |
| | | Subcomponente: Litología (roca y suelo) | | | | Subcomponente: Estructuras tectónicas y erosivas (fallas, fracturas y escarpes inferiores) | | | | Subcomponente: Unidades de paisaje | | | | Subcomponente: Densidad de cenotes | | | | Subcomponente: Densidad de hidrografía superficial | | | | Subcomponente: Unidades geohidrologías | | | | | | |
| Color | Descripción | W (rango) | Sup. Clase (km ²) | Sup. Clase (%) | Tipo de rocasuelo | Weight | Sup. (km ²) | Sup. (%) | Área de influencia | Weight | Sup. (km ²) | Sup. (%) | Unidad de paisaje | Weight | Sup. (km ²) | Sup. (%) | Área de influencia | Weight | Sup. (km ²) | Sup. (%) | Grado de densidad | Weight | LongSup (km/km ²) | LongSu (p (%)) | Capacidad extracción agua | Weight | Sup. (km ²) | Sup. (%) |
| MUY ALTA | 0.2135-0.3558 | 1,123.1 | 16.6 | Subtotal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | n/a n/a 7,123.1 100.0 n/a n/a 3,193.1 100.0 n/a n/a 7,123.1 100.0 n/a n/a 3,491.7 100.0 n/a n/a 5,520.0 100.0 n/a n/a 7,041.4 100.0 n/a n/a 11,006.5 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz-Y 0.1195 5,070.4 71.2 FALLA 0.0831 1,157.0 36.2 LOMERIO 0.1033 4,821.1 68.5 ALTA (0.68-1.42) 0.0402 722.7 21.2 ALTA (0.54-1.31) 0.0256 2,224.6 34.1 MUY ALTA 0.0533 5,575.2 78.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz-Mg 0.0747 1,592.6 16.7 ESCARPE 0.0342 470.6 14.7 POLIES 0.0516 156.0 2.2 MEDIA (0.26-0.68) 0.0107 1,144.1 33.6 MEDIA (0.23-0.54) 0.0088 2,427.4 37.4 ALTA 0.0276 1,265.5 17.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmPcZ-Cq 0.0484 736.0 10.3 FRACTURA 0.0139 1,565.5 49.0 PEEsc 0.0458 1,933.5 18.3 BAJA (0.07-0.26) 0.0046 1,534.9 45.1 BAJA (0.005-0.23) 0.0029 1,858.0 26.5 MUY BAJA 0.0037 289.7 4.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcal 0.0411 121.4 1.7 PRACE 0.025 265.0 3.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcl 0.0315 0.1 0.0 PEOTrans 0.0129 90.1 1.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhla 0.0246 3.0 0.0 PEOCst 0.0091 189.6 2.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | PEBF 0.0051 296.5 3.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | PEDen 0.0029 0.3 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ALTA | 0.1432-0.2134 | 13,077.7 | 30.3 | Subtotal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | n/a n/a 13,077.7 100.0 n/a n/a 6,708.5 100.0 n/a n/a 12,978.4 100.0 n/a n/a 8,398.7 100.0 n/a n/a 7,041.4 100.0 n/a n/a 11,006.5 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz-Y 0.1195 1,079.0 8.3 FALLA 0.0831 3,806.4 43.5 LOMERIO 0.1033 4,821.1 68.5 ALTA (0.68-1.42) 0.0402 431.6 5.1 ALTA (0.54-1.31) 0.0256 2,013.3 28.6 MUY ALTA 0.0533 11,548.8 88.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz-Mg 0.0747 1,043.2 8.0 ESCARPE 0.0342 3,080.3 35.2 POLIES 0.0516 698.8 5.2 MEDIA (0.26-0.68) 0.0107 1,919.9 22.9 ALTA 0.0276 693.3 5.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmPcZ-Cq 0.0484 8,903.8 68.4 FRACTURA 0.0139 1,871.8 21.4 PEEsc 0.0458 4,138.8 31.9 BAJA (0.07-0.26) 0.0046 6,038.2 72.0 BAJA (0.005-0.23) 0.0029 3,348.5 47.6 MEDIA 0.0142 25.2 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcal 0.0411 345.5 2.7 PRACE 0.025 101.1 0.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcl 0.0315 1,343.1 10.3 PEOCst 0.0091 2,028.8 15.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhla 0.0246 213.9 1.6 PEOTrans 0.0129 1,067.7 8.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz 0.0202 58.5 0.4 PEOCst 0.0091 1,762.7 13.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhga 0.0094 30.8 0.2 PEEBF 0.0051 2,682.1 20.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MEDIA | 0.0879-0.1431 | 17,606.12 | 41.0 | Subtotal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | n/a n/a 17,592.2 100.0 n/a n/a 2,347.6 100.0 n/a n/a 17,454.9 100.0 n/a n/a 11,408.4 100.0 n/a n/a 4,708.8 100.0 n/a n/a 11,006.5 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz-Y 0.1195 64.7 0.4 FALLA 0.0831 128.2 5.4 LOMERIO 0.1033 0.3 0.0 ALTA (0.68-1.42) 0.0402 69.6 0.6 ALTA (0.54-1.31) 0.0256 624.9 13.3 MUY ALTA 0.0533 15,200.1 86.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz-Mg 0.0747 434.5 2.5 ESCARPE 0.0342 967.2 41.2 POLIES 0.0516 1,783.9 10.2 MEDIA (0.26-0.68) 0.0107 1,844.3 16.2 MEDIA (0.23-0.54) 0.0088 1,745.1 37.1 ALTA 0.0276 130.2 0.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmPcZ-Cq 0.0484 14,221.6 80.8 FRACTURA 0.0139 1,254.2 53.4 PEEsc 0.0458 4,918.2 21.3 BAJA (0.07-0.26) 0.0046 9,494.4 83.2 BAJA (0.005-0.23) 0.0029 2,338.8 49.7 MEDIA 0.0142 19.1 0.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcal 0.0411 1,116.7 6.3 PRACE 0.025 394.0 2.3 PEOCst 0.0091 1,027.0 5.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcl 0.0315 307.1 1.7 PEOCst 0.0091 1,027.0 5.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhla 0.0246 782.9 4.5 PEOTrans 0.0129 51.0 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz 0.0202 332.5 1.9 PEOCst 0.0091 2,810.7 16.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | QpAr-Cz 0.0126 88.0 0.5 PEEBF 0.0051 10,643.9 61.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Qhga 0.0094 176.3 1.0 PEOCst 0.0091 46.5 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BAJA | 0.0399-0.0878 | 2,901.4 | 6.8 | Subtotal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | n/a n/a 2,462.3 100.0 n/a n/a 598.1 100.0 n/a n/a 2,901.4 100.0 n/a n/a 1,901.0 100.0 n/a n/a 1,678.0 100.0 n/a n/a 2,901.4 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz-Mg 0.0747 0.0 0.0 FALLA 0.0831 126.5 21.1 POLIES 0.0516 122.9 5.9 ALTA (0.68-1.42) 0.0402 35.1 1.8 ALTA (0.54-1.31) 0.0256 137.0 8.2 MUY ALTA 0.0533 834.2 28.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmPcZ-Cq 0.0484 993.3 38.6 ESCARPE 0.0342 451.2 75.4 PEEsc 0.0458 6.8 0.3 MEDIA (0.26-0.68) 0.0107 265.6 14.0 MEDIA (0.23-0.54) 0.0088 306.3 18.3 ALTA 0.0276 0.5 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcal 0.0411 2.2 0.1 FRACTURA 0.0139 20.5 3.4 PRACE 0.025 5.3 0.3 BAJA (0.07-0.26) 0.0046 1,600.3 84.2 BAJA (0.005-0.23) 0.0029 1,234.8 73.6 MEDIA 0.0142 181.0 6.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcl 0.0315 0.6 0.0 PEOCst 0.0091 151.1 0.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhla 0.0246 1,090.3 43.4 PEOCst 0.0091 151.1 0.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz 0.0202 53.8 2.2 PEOCst 0.0091 800.8 38.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | QpAr-Cz 0.0126 56.1 2.3 PEEBF 0.0051 305.3 14.8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhga 0.0094 45.1 1.8 PEEBF 0.0051 128.2 6.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUY BAJA | 0.0029-0.0398 | 2,273.1 | 5.3 | Subtotal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | n/a n/a 2,183.1 100.0 n/a n/a 549.4 100.0 n/a n/a 1,883.5 100.0 n/a n/a 1,861.0 100.0 n/a n/a 1,506.0 100.0 n/a n/a 2,273.1 100.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz-Dc 0.0315 0.0 0.0 ESCARPE 0.0342 267.0 48.6 PRACE 0.025 4.1 0.2 MEDIA (0.26-0.68) 0.0107 89.5 5.4 ALTA (0.54-1.31) 0.0256 30.7 2.0 ALTA 0.0276 0.5 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcal 0.0411 1,625.3 74.4 FRACTURA 0.0139 282.4 51.4 PEEsc 0.0458 0.0 0.0 BAJA (0.07-0.26) 0.0046 1,571.5 94.6 MEDIA (0.23-0.54) 0.0088 266.8 17.7 MEDIA 0.0142 2.3 0.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | TmCz 0.0202 0.9 0.0 PEOCst 0.0091 0.0 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | QpAr-Cz 0.0126 27.8 1.3 PEEBF 0.0051 0.0 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhga 0.0094 42.0 1.9 PEEBF 0.0051 146.7 7.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Qhcl 0.0315 77.5 3.6 PEEsc 0.0458 1,563.3 82.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | PEBF 0.0051 1.6 0.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | PEDen 0.0029 0.0 0.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | n/a | 42,921.4 | 100.0 | 42,492.4 | 15,446.8 | 41,468.8 | 26,791.7 | 21,454.2 | 42,906.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 7.

Mapa 5.1. Municipios potenciales para el establecimiento de geoparques.

