

Los ojos de

Yucatan

una ventana al mundo subterráneo

Este libro se elaboró con el apoyo del proyecto PE200518 (PAPIME) de la Universidad Nacional Autónoma de México y bajo los términos del convenio 44777-1047-27-IV-16, realizado entre el Instituto Geológico y Minero de España y la Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química, UNAM.

Dirección General de la Publicación:

Dra. Flor Árcega Cabrera

 <https://orcid.org/0000-0001-9794-833X>



Fotografías:

Agradecemos la colaboración de Fernando Rico (portada y contraportada), Neyra Silva (páginas 6 y 372), Benjamín Magaña Rodríguez, Paul Nicklen, H. Bahena, F. Álvarez, R. Cedeño, L.F. Martínez, Karla Ortega, Guillermo Pruneda y Corey Jaskolski.

Primera edición: 2021

Fecha de edición: 11 de diciembre de 2020

D.R. © 2021 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán,

C.P. 04510, Ciudad de México.

ISBN: 978-607-30-4128-7

Tamaño 90.0 MB

Tipo de impresión: PDF

Tiraje: 1 (web)

“Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales”

Publicación autorizada por el Comité Editorial de la Facultad de Química.

Hecho en México

Contenido

| | |
|---|------------|
| Presentación..... | 7 |
| Capítulo 1..... Yucatán: unas reflexiones sobre los cenotes, la Geología y la investigación científica | 13 |
| Capítulo 2..... La península de Yucatán, una región entre dos mundos: superficial y subterráneo | 21 |
| Capítulo 3..... La génesis de los cenotes: entre lo terrestre y lo extraterrestre | 37 |
| Capítulo 4..... Las singularidades hidrogeológicas e hidrodinámicas del acuífero yucateco | 75 |
| Capítulo 5..... Distribución de las características morfológicas de las depresiones kársticas en el estado de Yucatán (México) a través de un reconocimiento semiautomático de su tipología | 113 |
| Capítulo 6..... Los ecosistemas acuáticos de la península de Yucatán | 145 |
| Capítulo 7..... Cosmovisión, pirámides y cenotes. Una exploración de la etnogeología maya desde la arqueología y antropología del turismo en la península de Yucatán | 159 |
| Capítulo 8..... Los cenotes y el geoturismo: una atracción geológica mundial | 183 |
| Capítulo 9..... Los cenotes como fuente de vida en la península de Yucatán: flora y fauna | 201 |
| Capítulo 10..... Peces de los cenotes de Yucatán | 219 |
| Capítulo 11..... Contaminación y su efecto en peces de cenotes de Yucatán | 227 |
| Capítulo 12..... Diagnóstico de contaminantes emergentes como fuentes de impacto en los ecosistemas acuáticos subterráneos del acuífero de Yucatán | 247 |
| Capítulo 13..... Contaminación del agua en el Anillo de Cenotes: escenario sociocultural, ambiental y político | 259 |
| Capítulo 14..... El agua subterránea y los procesos de contaminación: revisión normativa federal y del estado de Yucatán | 275 |
| Capítulo 15..... Avances en la legislación para la protección de cenotes | 291 |
| Capítulo 16..... El lado oscuro del universo maya | 309 |
| Bibliografía..... | 337 |
| Autores..... | 373 |





Capítulo 8

Los cenotes y el geotursismo: una atracción geológica mundial

Luis Carcavilla¹ y Javier Lario²

¹Instituto Geológico y Minero de España

²Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)



Introducción

La relevancia y, sobre todo, el valor estético y escénico de determinados elementos del patrimonio geológico puede convertirlos en recursos turísticos lo suficientemente importantes como para transformarse en uno de los principales atractivos de un determinado entorno. Por ello, en los últimos años ha ido tomando forma el concepto de geoturismo, entendido como *viajar con objeto de experimentar, aprender y disfrutar el patrimonio de la Tierra* (Hose, 2000), de manera que permita al visitante conocer y disfrutar del patrimonio geológico, así como fomentar y estimular en él actitudes favorables para su conservación.



Figura 1. El Parque Nacional del Gran Cañón, en Estados Unidos, uno de los principales destinos turísticos de naturaleza del mundo. Fotografía: Luis Carcavilla.

El análisis del número de visitantes refleja el poder de atracción turística que ejercen algunos enclaves de interés geológico. Algunos ejemplos son los 520000 visitantes anuales de la Calzada de los Gigantes (Irlanda), los más de 2 millones de visitantes de la Mammoth Cave (EEUU), o los 4 millones 200 mil visitantes anuales del Parque Nacional del Gran Cañón (EEUU) (**Figura 1**). Incluso algunos países basan buena parte de su estrategia de desarrollo y promoción en la existencia de elementos geológicos singulares, entre otros aspectos naturales y culturales, como Islandia (**Figura 2**), Nueva Zelanda, Argentina o Nepal.



Figura 2. Algunos países, como Islandia, centran gran parte de sus ofertas turísticas en la existencia de rasgos geológicos notables, que actúan como focos turísticos. Fotografía: Luis Carcavilla.

Estos datos confirman que el turismo geológico es una realidad (Carcavilla, 2012); pero como más adelante se describirá, se ejerce en la mayoría de los casos de manera inconsciente o involuntaria y se le han asignado otros nombres como ecoturismo o turismo natural; no obstante, la naturaleza clara y eminentemente geológica de los recursos visitados ha propiciado que se extienda el término geoturismo como caso concreto de ellos. Una buena muestra de este tipo de turismo es la iniciativa de la declaración de Geoparques, originalmente europea, pero actualmente extendida a nivel mundial bajo los auspicios de la UNESCO, que ponen de manifiesto cómo los componentes geológicos del territorio pueden ser un poderoso reclamo para atraer visitantes y, a la vez, ser utilizado como eje en la creación de programas de desarrollo local y regional (Henriques y Brilha, 2017).

El geoturismo es un emergente proceso global (Dowling y Newsome, 2006). Por ello su estudio se ha impulsado en los últimos años y se celebran reuniones, simposios y conferencias monográficas, como las de Perth (Australia) en 2008 y 2015, Pretoria (Sudáfrica) en 2009, Malasia en 2010, Portugal en 2011, Hong Kong en 2013, Florencia (Italia) en 2016 y así un largo etcétera.

Definición y alcance del geoturismo

Desde el punto de vista etimológico, geoturismo se compone de dos vocablos: geo y turismo. El primero viene del término griego *Gaia*, la madre tierra de la que nacen (según la mitología griega) todas las criaturas vivientes y no vivientes. La propia etimología de la palabra centra su significado en las características geológicas de un lugar. El geoturismo, por tanto, debe revelar y descubrir a los visitantes las características particulares de *Gaia* en lugares concretos donde éstas sean destacadas y/o únicas y no en cualquier sitio, del mismo modo que el ecoturismo centra su atención en ecosistemas especiales o en características peculiares de los mismos. Por su parte, el turismo es definido por la Organización Mundial del Turismo de las Naciones Unidas como *las actividades que realizan las personas (turistas) durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un período consecutivo inferior a un año y mayor a un día, con fines de ocio, por negocios o por otros motivos* (World Tourism Organization, 2011).

Existen diversas definiciones publicadas del término geoturismo, cada una de la cuales introduce matices interesantes. La primera definición de geoturismo apareció en una revista como *la provisión de recursos interpretativos y servicios para promocionar el valor y beneficio social de los lugares de interés geológico y geomorfológico, y asegurar su preservación y su uso por parte de estudiantes, turistas u otro tipo de visitantes* (Hose, 1995). Una definición similar es la proporcionada por Dowling y Newsome (2006), quienes afirman que *el geoturismo es un turismo sostenible cuyo objetivo principal se centra en experimentar los rasgos geológicos bajo un entendimiento cultural y medioambiental apreciando su conservación, y que es locamente beneficioso*. Ruchkys (2007) define el geoturismo como *un segmento de la actividad turística que tiene al patrimonio geológico como principal atractivo y busca la protección por medio de la conservación de sus recursos y de la sensibilización del turista, utilizando la interpretación para volver este patrimonio accesible al público lego y promover la divulgación y desarrollo de las Ciencias de la Tierra*. Por último, Sandry (2009) afirma que *el geoturismo es un tipo de turismo basado en el conocimiento, conservación e interpretación de los atributos abióticos de la naturaleza y su integración interdisciplinar en la industria del turismo, buscando acercar los lugares de interés geológico al público general, además de mostrar aspectos culturales con ellos relacionados*.

El enfoque proporcionado por estas cuatro definiciones contrasta con otro recientemente surgido e impulsado por la Fundación *National Geographic* y que ha provocado una fuerte polémica, pues lo define como *el turismo que sustenta o contribuye a mejorar las características geográficas de un lugar, ya sea el medio ambiente, patrimonio histórico, aspectos estéticos, culturales o el bienestar de sus habitantes* (Tourtellot, 2009). Este enfoque "geográfico", en cierto modo, coincide en objetivos con la otra acepción, pero la polémica ha surgido por utilizar un término que ya era utilizado con anterioridad desde hace 15 años con un significado preciso. Por el momento, los intentos promovidos por la Red Europea de Geoparques y otras instituciones para convencer a *National Geographic* de que cambie el término han sido infructuosos y es más que probable que ambos conceptos deban convivir en el futuro bajo un mismo nombre.

En cualquier caso, en este artículo nos referiremos al geoturismo desde el enfoque "geológico", es decir, a *facilitar el entendimiento y proporcionar servicios para que los turistas adquieran conocimientos de la geología de un lugar, más allá de como meros espectadores* (Hose, 2006). Según este enfoque, el geoturismo se basa en la utilización del patrimonio geológico como recurso por su interés científico, naturalístico, cultural, recreativo y didáctico. La existencia de elementos geológicos patrimoniales en una región puede constituir un recurso que favorezca el desarrollo social, económico e incluso cultural de la sociedad (Carcavilla *et al.*, 2007). Por ello, el geoturismo busca atraer público y generar un beneficio socioeconómico, basándose en la creación de una infraestructura turística de apoyo a algunos elementos del patrimonio geológico presentes en una región. El geoturismo empieza a ser considerado como una gran oportunidad para el desarrollo de zonas eminentemente rurales, aunque también existen excelentes ejemplos de geoturismo urbano que más adelante serán descritos. Pero el geoturismo debe basarse siempre en una estrategia ligada a la geoconservación, a una doble escala: regional por un lado, con la que debe ser consecuente y, si existe, contribuir a promoverla; y local o particular del elemento geológico puesto en valor por otro, condición absolutamente necesaria para su uso turístico.



Figura 3. Las cuevas turísticas y, en general, las manifestaciones kársticas tienen un gran poder de atracción turística. En la imagen, la entrada a la cueva Waitomo, en Nueva Zelanda, que recibe al año 250 000 visitantes a pesar de su remota ubicación. Fotografía: Luis Carcavilla.

Además, como se ha comentado, es necesario asumir que el geoturismo puede ser un importante recurso para el desarrollo local, generalmente en el medio rural, que es donde suele encontrarse el patrimonio geológico.

Un buen ejemplo del potencial económico del geoturismo son las cuevas habilitadas para la visita. Se calcula que se venden anualmente 250 millones de *tickets* para acceder a alguna de estas cavidades (Cigna, 2016). Sólo en España, más de 5 millones de visitantes generan entre 45 y 50 millones de euros anuales de ingresos directos y cerca de 200 indirectos (Durán y Robledo, 2012).

En geoturismo, como en cualquier modalidad de turismo, es necesario proporcionar recursos turísticos y, en la mayoría de los casos, construir infraestructuras. El geoturismo puede enfocarse como complemento al turismo convencional masivo (Villalobos, 2001), ofreciendo nuevas opciones a zonas aledañas a grandes focos de interés, diversificando su oferta y el reparto de beneficios económicos y sociales. Además, y aunque algunos aspectos ya han sido citados anteriormente, debe estar centrado en los elementos geológicos, ya sean formas o procesos; y debe estar planificado y ser localmente beneficioso en términos socioambientales y económicos (Dowling, 2009). Así que una verdadera oferta geoturística debe referirse al interés de los lugares de atracción, pero también asegurar los servicios turísticos habituales: alojamiento, alimentación, intermediación (prestación de cualesquiera servicios susceptibles de ser demandados por los usuarios), información, guías-intérpretes y –en algunos casos– de acogida (eventos, convenciones, etcétera).

Tipologías del turismo

El éxito de una actividad geoturística requiere seguir unas pautas de organización y planificación del recurso geoturístico que identifique los lugares a visitar, el tipo de público al que se orienta, las infraestructuras y recursos interpretativos necesarios para garantizar la seguridad y el disfrute de la visita; posibles impactos derivados de la visita y medidas de corrección y seguimiento. Con respecto a los lugares de interés geológico donde centrar las actividades turísticas, Sadry (2009) identifica seis tipos diferentes:

1. Lugares de interés geológico *sensu estricto* (incluyendo, los geomorfológicos y paleontológicos).
2. Minas, ya sean antiguas (abandonadas) o activas.
3. Taludes y cortes en carreteras, vías férreas y otras infraestructuras.
4. Lugares con interés cultural y antropológico (cuevas con yacimientos arqueológicos y/o arte rupestre, minas, etc.).

5. Construcciones de piedras (arquitectura local basada en el uso de la piedra, casas excavadas en roca, etc.).

6. Lugares de interés geológico donde se desarrollen actividades de aventura.

Este listado podría ser ampliado, incluyendo otro tipo de elementos como museos, centros de interpretación, rutas (que enlazan diversos lugares de interés geológico) o incluso lugares que sean interesantes para mostrar el avance de la Geología como ciencia, como laboratorios o localidades-tipo.

Por su parte, Hose (2000) considera que pueden definirse dos tipos de lugares donde centrar las actividades geoturísticas: los primarios, que serán aquellos que con un interés geológico (ya sean expuestos natural o artificialmente) poseen un valor científico, didáctico o divulgativo; y los secundarios, que serán aquellos que posean interés por su historia, desarrollo, entendimiento, interpretación o presentación de las Ciencias de la Tierra (centros de interpretación, residencias de científicos, etc.).



Figura 4. *Glaciar Perito Moreno, Argentina, un enclave de atracción turística internacionalmente conocido. Fotografía: Luis Carcavilla.*

Lo que parece claro es que los lugares con mayor potencialidad geoturística son aquellos que poseen un alto componente estético o muestran procesos activos espectaculares. El glaciar *Perito Moreno* (Argentina) (**Figura 4**), las cataratas de Iguazú (Argentina-Brasil), el Gran Cañón del Colorado o el valle de Yosemite (EEUU) son buenos ejemplos. En estos lugares no es necesario atraer la atención del visitante, pues cualquier persona es capaz de percibir su espectacularidad y grandiosidad. Es de suponer que el simple hecho de que un visitante realice el esfuerzo físico o económico de desplazarse a uno de estos lugares y haya decidido destinar parte de sus vacaciones o tiempo libre a visitarlos implica ya una curiosidad sobre el recurso geológico en cuestión, sea esta voluntaria o quizás involuntaria o inconsciente. Precisamente por eso, porque es una demanda clara y evidente, es imprescindible aprovechar estos lugares “bandera” para transmitir información y conceptos sobre su naturaleza geológica. En el mejor de los casos, se tratará de transmitirles conocimientos específicos sobre cómo se formó ese lugar, si bien en la mayoría de los casos los visitantes no retendrán más allá de por qué ese lugar es importante (generalmente comparando con otros ejemplos nacionales o mundiales) y cómo se formó y/o funciona (en el caso de ser un proceso activo). Explicaciones que permitan entender la evolución y significado del lugar en un contexto global (paleogeográfica y temporalmente) es algo reservado a personas con una alta motivación por la geología (Carcavilla *et al.*, 2010; Meléndez-Hevia *et al.*, 2017). Sin embargo, en muchos casos no se podrá aspirar a mucho más que el público asuma que lo que ha visitado es un elemento geológico singular y relevante. Esto último no es necesariamente negativo, sino todo lo contrario: si los más de 3.5 millones de visitantes que recibe al año el Parque Nacional del Teide fueran conscientes de que lo allí visto es patrimonio geológico, constituiría, además de una excelente noticia, un gran avance en lo relativo a la concienciación, ya que estos lugares pueden producir un efecto altavoz importante para la promoción de otros no tan conocidos.

Por otro lado, hay muchos lugares que poseen un elevado interés geológico que, sin embargo, no es el rasgo protagonista que condicionan o promueven la visita. Generalmente, se trata de elementos del patrimonio natural donde la participación de la Geología no es tan evidente (p.e. humedales con fauna de interés) o manifestaciones del patrimonio histórico-artístico que utilizan rasgos geológicos como soporte o material de construcción. Algunos ejemplos son castillos, fortalezas o alcázares construidos sobre promontorios rocosos, cuevas con restos arqueológicos o pinturas rupestres, o muchos edificios monumentales en los que las rocas utilizadas para su construcción poseen particularidades interesantes.

Con respecto al tipo de público, podrían definirse dos tipos de turistas atraídos por los lugares de interés geológico: los especializados, que seleccionan intencionadamente las visitas a estos lugares con objeto de

su educación personal, mejora intelectual y disfrute; así como quienes acuden a un lugar que tiene reclamos turísticos y “se encuentran” que se basa en la presencia de un determinado elemento geológico. Ambos tipos de turistas requieren materiales y recursos diferentes. Los primeros constituyen una proporción tan baja con respecto al total, que podría afirmarse que los geoturistas, como tal, casi no existen, sino que más bien lo que hay son turistas que aprecian el valor de los lugares geológicos como una atracción más dentro de las ofertas de un determinado territorio.

Los elementos geológicos cuentan con una importante ventaja frente a otros aspectos del medio natural de cara a la organización de visitas turísticas, y es que sólo en pocas excepciones, los rasgos geológicos están siempre presentes y su visión está garantizada, frente, por ejemplo a esquivas especies de fauna de difícil observación. Además, en muchos lugares empieza a hacerse patente que cuando el público visita un enclave natural no sólo busca una flora o fauna espectacular, sino que en la mayoría de los casos demanda paisajes atractivos, tal y como demuestran numerosos estudios (Corraliza *et al.*, 2001).

Los cenotes como recurso turístico: interés natural y cultural

Se ha calculado que en la península de Yucatán hay localizados al menos 6000 cenotes (más un número indeterminado sin localizar ni explorar). Los mismos constituyen un gran patrimonio, tanto geológico, como hidrogeológico, biológico y cultural. Esa combinación de valores e intereses hace de los cenotes un recurso geoturístico de gran relevancia, pero a su vez, complejo de gestionar e incluso de caracterizar.

La riqueza geológica viene dada por el amplio desarrollo de sistemas kársticos, la mayoría formadas por una extensa red de galerías sumergidas interconectadas. Recientemente, se han conectado dos de estos sistemas, constituyendo el mayor sistema kárstico sumergido del mundo, con 347 km de galerías conectadas (Sistema Sac Actún, Tulúm). La variedad de formas kársticas y espeleotemas presentes en las cavidades (vadosos, freáticos y epifreáticos) han llamado la atención a numerosos visitantes a nivel mundial.

A nivel hidrogeológico, el subsuelo de Yucatán cuenta con unos importantes recursos hídricos conectados por una extensa red de cavidades inundadas de cerca de 2000 kilómetros de desarrollo. Se trata de un acuífero kárstico libre, costero, muy permeable y heterogéneo respecto a sus propiedades hidráulicas.

Como es conocido, también la península de Yucatán alberga una de las mayores biodiversidades del país, estando esta riqueza biológica representada en el medio subterráneo, tanto vadoso como freático.

El patrimonio cultural está también ampliamente presente en el mundo subterráneo. Por una parte, el desarrollo de la civilización maya está

ligado directamente a los recursos hídricos subterráneos, dado que no hay grandes ríos superficiales en la mayoría de la península de Yucatán. Restos de esta civilización han sido encontrados en multitud de cavidades subterráneas y especialmente bien conservados en las cuevas inundadas después de su ocupación, donde los yacimientos se han encontrado intactos. Los mayas, al igual que otros grupos mesoamericanos, creían que al morir las personas recorrían un largo camino hacia el mundo de los muertos, para ellos llamado *Xibalbá*. Este mítico lugar, donde moraban los dioses, los antepasados y demás seres sobrenaturales, se ubicaba físicamente en el subsuelo terrestre y bajo el agua, por lo que también es conocido como *inframundo*. Pero no sólo se han encontrado restos de la civilización maya, también se han encontrado restos humanos de finales del Pleistoceno y principios del Holoceno que están ayudando a reescribir la historia del poblamiento de América. Asociados a estos yacimientos o cercanos a los mismos, se han encontrado también restos óseos de fauna extinta (perezosos, mastodontes, armadillos gigantes, etc.), que confieren también un gran valor paleontológico a los sistemas subterráneos.

Actualmente la península de Yucatán y en especial el corredor turístico entre Cancún y Tulúm es conocido como la *Meca del espeleobuceo*, debido a la gran cantidad de sistemas subterráneos sumergidos ideales para el buceo en cuevas. Este auge turístico, que lleva indudables beneficios económicos a la región, también implica un riesgo de destrucción de los sitios arqueológicos sumergidos en los cenotes.

Propuestas de turismo asociadas a los cenotes

Del inventario de 3000 cenotes del estado de Yucatán realizado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del estado (SEDUMA), se ha determinado que sólo un pequeño porcentaje está siendo explotado para uso turístico, aun cuando el Programa Estatal de Turismo de Yucatán, 2001-2007, consideró que los cenotes, sobre todo aquellos ubicados en las cercanías de las zonas arqueológicas y sitios turísticos, podían generar beneficios socioeconómicos a las comunidades locales (Hoogesteijn-Reul *et al.*, 2015). Posteriormente, tanto el Programa Sectorial de Fomento Turístico 2007-2012, como el Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018, promocionan a los cenotes como atractivo turístico y mencionan la necesidad de “promover infraestructura turística en instalaciones y servicios en los cenotes de Yucatán”. Otros planes locales han promocionado también el uso turístico de los mismos en programas municipales, si bien no existe un programa único para toda la península, ni normativas comunes en todos los estados y municipios.

Tal como indica Ruiz Silva *et al.* (2007), la presencia de cenotes en Yucatán históricamente ha sido relevante en la forma en que la población humana se apropia y usa el territorio en el estado. De la información del Gobierno del Estado de Yucatán de 1999 a 2007 se observa que el 61% de los cenotes y grutas se ubican en predios

ejidales; el 22%, en propiedades privadas; el 9%, en terrenos comunales y, aproximadamente, el 8%, en terrenos federales, áreas de conservación o sin determinación del tipo de tenencia de la tierra. Esta distribución influye también en el posible uso turístico de los mismos y las adecuaciones para este uso. Un 46% fue clasificado como no apto para el turismo sostenible, mientras que un 25% presenta características que permiten el desarrollo de alguna actividad turística de bajo impacto.

De estas propuestas hay dos que, por diversas causas, reúnen a un atractivo turístico mayor: el Anillo de Cenotes y el eje Playa del Carmen-Tulum.

El Anillo de Cenotes

El Anillo de Cenotes es una alineación semicircular de estas formaciones que se relaciona con la teoría del impacto de un asteroide de regulares dimensiones (Meteorito de Chicxulub) que produjo un cráter de 160 kilómetros de diámetro, al chocar en lo que es hoy la península de Yucatán, que aún no emergía del mar, hace unos 65 millones de años, influyendo aparentemente en la formación de este Anillo, al fracturar las rocas de carbonato de calcio que conforman la plataforma peninsular (Poveda y Espejo, 2007). La hipótesis surge al observar la alta concentración de iridio encontrado en una delgada capa de arcilla de finales del Cretácico (marcando el límite K/T, Cretácico-Terciario) y una anomalía gravimétrica en la que se detectó la presencia de un cráter constituido por seis círculos concéntricos, de los cuales el quinto es el más visible y superficial, halladas durante los estudios realizados por la petrolera Pemex en la zona de Chicxulub. Los estudios realizados han sugerido que, a consecuencia del impacto, se dispersó una gran capa de polvo que cubrió el planeta, ocasionando un efecto similar al efecto de invernadero, que provocó la desaparición de los grandes saurios que ocupaban la tierra, así como la modificación de la flora y fauna, al cambiar la temperatura y la cantidad de luz solar incidente en la superficie de la tierra (Carreño y Montellano-Ballesteros, 1997).

Por su importancia biológica, social, cultural y económica, en 2004, el Gobierno del Estado de Yucatán inició el procedimiento para que el Anillo de Cenotes fuera reconocido como un humedal de importancia internacional dentro de la Convención Ramsar, hecho que finalmente se logró en 2009 (Sosa-Escalante y Chablé-Santos, 2013).

En 2012, las autoridades de Yucatán y el gobierno mexicano presentaron una propuesta a la UNESCO para que el Anillo de Cenotes sea considerado patrimonio mundial de la humanidad (**Figura 5**). En él se han inventariado más de 900 cenotes, si bien en la solicitud para que el anillo sea considerado patrimonio natural de la humanidad se presentó un listado de 99 de ellos, en los que destacan tres características prioritarias: a) es uno de los recursos hídricos más importantes de

México, b) es hábitat de decenas de especies de flora y fauna, y c) en más de 225 cenotes de Yucatán se han descubierto vestigios mayas, restos humanos y objetos óseos de animales con más de 10 mil años de antigüedad.

Por tanto, el interés como georrecurso está justificado: por una parte, constituye un sitio único a nivel mundial respecto a la localización de un cráter de impacto asociado al límite K/T; por otra, constituye un gran recurso hidrológico e hidrogeológico asociado con una riqueza biológica especial; asimismo, tiene un claro interés cultural tanto por los restos encontrados de la cultura maya, como los yacimientos paleontológicos de fauna extinta que alberga. Aún con esta variedad de recursos, la explotación turística de los mismos está asociada con el uso recreativo, en general como zonas de baño. En algunos de los mismos se realiza un uso deportivo de buceo en cavidades, habiéndose incrementado esta actividad en los últimos años. En concreto, la presencia de unas espeleotemas singulares en el cenote Zapote y otros cercanos, denominadas "Hell Bells" ha atraído espeleobuceadores de todo el mundo.

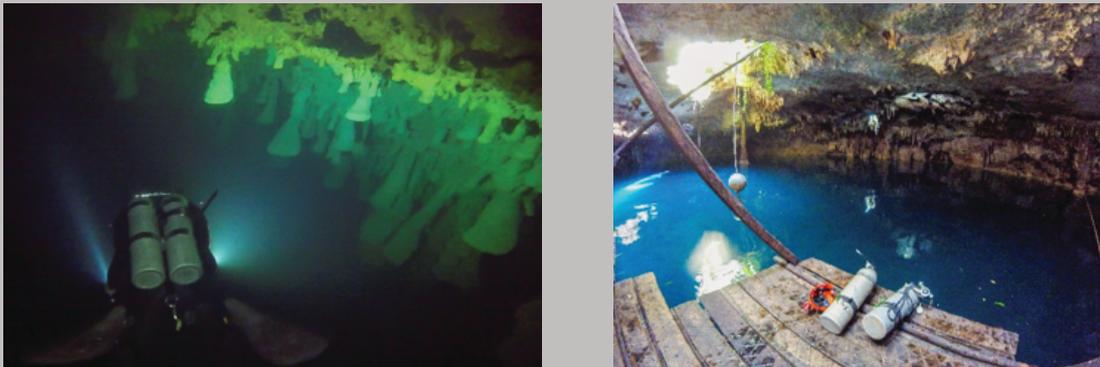


Figura 5. Anillo de Cenotes: cenote Zapote (izquierda) y las formaciones tipo "Hell Bells" que atraen a espeleobuceadores de todo el mundo. Cenote KinHa (derecha) para uso recreativo (balneario) y deportivo (espeleobuceo). Fotografías: Javier Lario.

Cenotes de Playa del Carmen-Tulum

En el estado de Quintana Roo, el único bañado por el Mar Caribe, se construyó en 1970 la ciudad de Cancún, que en pocos años se convirtió en el primer centro turístico no sólo de México, sino de América Latina, con 4.4 millones de visitantes anuales (INEGI, 2014); que en 2017, se incrementaron hasta cerca de 16.8 millones de visitantes sólo en

Quintana Roo (SEDUMA, 2015), generando más del 30% de las divisas mexicanas (Balam, 2010). La oferta turística de Cancún se expande de manera lineal por la costa, creando el corredor Riviera Maya que hoy llega hasta Tulum, con enclaves hoteleros y nuevas ciudades turísticas como Playa del Carmen y la propia Tulum. Asociados a este eje turístico de la Riviera Maya existe un gran número de cuevas y cenotes, habiéndose documentado cerca de 350 cavidades que suman 1500 km de galerías sumergidas. Entre ellos se encuentran los sistemas kársticos sumergidos más grandes del mundo, destacando el Sistema Sac Actún con más de 350 km explorados (resultado de unir, a inicios de 2018, los sistemas Sac Actún y Dos Ojos) y el Sistema Ox Bel Ha, con 270 km explorados. Si bien las profundidades en general no superan los 25 m, en algunos de estos sistemas se alcanza -120 m (**Figura 6**). El acceso a estos sistemas sumergidos es en la mayoría de los casos a través de cenotes de diferentes tipologías. Muchos de éstos han sido adaptados en los últimos años al uso turístico.

En general, existe un uso principal para el baño y *snorkel* (buceo sin equipo autónomo), así como visitas guiadas para enseñar las cavidades y formaciones emergidas presentes en estas cavidades. Las dimensiones, la claridad de las aguas, la temperatura del agua, así como la profusión de espeleotemas en las cavidades sumergidas, ha convertido esta zona en el destino mundial para buceadores de cuevas y cavernas (espeleobuceadores), habiéndose incrementado exponencialmente la afluencia de los mismos en sus diferentes especialidades: buceadores de aguas abiertas en las zonas de cavernas (desde donde se ve la luz o hay una salida cercana) y buceadores técnicos cualificados en las galerías sumergidas.



Figura 6. Restos paleontológicos (izquierda) y arqueológicos (derecha) del sistema kárstico sumergido Sac Actún (Tulum). Fotografías: Javier Lario.

Datos de 2017 del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) indican que las zonas arqueológicas de Quintana Roo registraron 3.4 millones de visitantes (2.2 millones sólo en las ruinas arqueológicas de Tulúm), lo que representa un crecimiento del 26%, con respecto de 2016 (SEDUMA, 2017) e indica el interés creciente de los visitantes por la oferta cultural. Dentro de ésta, los cenotes de esta zona, al igual que en otros estados, no sólo tienen un interés deportivo y recreativo, sino que presentan una gran riqueza arqueológica y paleontológica.

Los sistemas kársticos sumergidos se han convertido en un lugar esencial para el estudio de las poblaciones humanas premayas, habiéndose localizado restos de diez esqueletos humanos datados entre 8000 y 13000 años de antigüedad. Todos ellos han sido clave para el estudio de los pobladores americanos tempranos, siendo la mujer de Naharon y Naia los restos humanos más antiguos de América (13000 años), planteando una llegada de los humanos a Norteamérica hace 18000 años. La normativa del INAH no permite acceder a los yacimientos arqueológicos y paleontológicos sumergidos que se están estudiando, por lo que han surgido varias propuestas museísticas para exponer los hallazgos encontrados en los mismos. En 2015, abrió sus puertas el Museo de la Prehistoria en el Ejido Jacinto Pat (Tulúm) a partir de una iniciativa privada (Instituto de la Prehistoria), con el objeto de exhibir restos arqueológicos y paleontológicos hallados en sistemas sumergidos cercanos, principalmente del Sistema Dos Ojos, así como potenciar la investigación en los mismos. Lamentablemente, a finales de 2017, el mismo ha sido cerrado por problemas de gestión. También en diciembre de 2017, la Secretaría de Cultura de México, a través del INAH, y el Gobierno del Estado de Campeche han inaugurado el Museo de Arqueología Subacuática en Campeche que, aunque no está centrado específicamente en el material localizado en los cenotes, sí dedica una parte importante a los mismos. Sería deseable una propuesta de este tipo en la zona de Tulúm, cercana a los lugares de exploración y a los yacimientos, bien con entidad propia o como una unidad asociada a este Museo. Una oferta de este tipo enriquecería sustancialmente los recursos geocientíficos asociados al turismo de esta zona.

Además de los sistemas sumergidos, existen cavidades y galerías no sumergidas asociadas con estos sistemas en los que también se pueden observar los espeleotemas e incluso restos arqueológicos, sin necesidad de realizar inmersiones. Lamentablemente, el acceso a cavidades no habilitadas es muy difícil para el particular, debido a su localización, pero hay diversas ofertas de uso turístico en algunos de estos sistemas que han sido adaptados para su visita, como por ejemplo Río Secreto (Playa del Carmen, **Figura 7**) a Aktún Chen (Akumal, Tulúm). Si bien es una realidad que se encuentran enfocados a un turismo masivo y con actividades recreativas, en algunos de estos complejos se

está apoyando la realización de trabajos científicos en estos sistemas kársticos. La ampliación de la oferta de visitas a unos recorridos con un componente más científico/cultural probablemente enriquecería mucho el conocimiento de los georrecursos de Yucatán asociados los cenotes.



Figura 7. Río Secreto (Playa del Carmen), sistema de cuevas visitable con diversos niveles de dificultad y donde se está apoyando la realización de diversos trabajos científicos de gran interés. Fotografía: Javier Lario.

Promoción del geoturismo asociado a los cenotes

Un estudio de Suárez-Arteaga (2016) para conocer cómo percibe la comunidad local el turismo asociado con los cenotes ofrece interesantes conclusiones que, con algunas limitaciones, pueden ser aplicados a otras zonas cercanas con este tipo de turismo. Un 42% de los consultados indicaron que una formación mayor en los cenotes (biología, geología, medio ambiente, cultural, etc.) ayudaría a reconocer su importancia. También un 32% indica que un turismo más controlado evitaría problemas medioambientales en los mismos (poniendo de manifiesto, por tanto, la preocupación sobre dichos problemas presentes en algunos cenotes). Un 16% piensa que el patrimonio arqueológico de Tulum son construcciones arqueológicas, evidenciando que se conoce el rico patrimonio cultural que albergan los cenotes. Lamentablemente, sólo el 10% piensa que los cenotes de Tulum están correctamente explotados. Estos resultados indican que en las comunidades hay una valoración sobre la riqueza cultural y ambiental que presentan los cenotes y su uso como recurso turístico, pero también una preocupación por la incorrecta gestión en algunos por los problemas ambientales que ésta ocasione. Igualmente, las comunidades mayas perciben que pueden estar siendo apartadas de la gestión de

los mismos, recursos que han manejado desde hace milenios, y que su patrimonio cultural puede estar también en peligro.

Las posibles alternativas propuestas en este estudio son variadas por las distintas problemáticas. Por una parte, ante la baja implicación de las comunidades indígenas en la gestión del patrimonio cultural, se propone construir políticas en las organizaciones de emprendimiento que favorezcan la relación entre comunidades indígenas/patrimonio arqueológico sumergido, detectar hitos importantes en la cultura maya local actual y realizar educación turística a través de los *tours* operadores y las comunidades mayas locales. Otro problema detectado es que a nivel municipal no existen políticas de fortalecimiento local relacionadas con la educación sobre el tema de los cenotes, proponiéndose instaurar políticas educativas, sobre el patrimonio natural y cultural de los cenotes, desarrollar talleres formativos en diferentes ámbitos tales como educación escolar, guías turísticos y administradores de zonas arqueológicas, y realizar campañas de sensibilización que promuevan el conocimiento de este patrimonio. Además, aún con las iniciativas comentadas anteriormente, son escasos los lugares de valoración y formación para los habitantes y visitantes del lugar con relación al patrimonio asociado con los mismos, siendo necesaria la apertura de espacios en los equipamientos relacionados con los mayas, tales como museos y centros de interpretación, para la formación y valoración de los mismos. Por último, también se ha observado en ciertos casos, sobre todo en áreas de gestión privada, la baja formación previa en cuestiones de patrimonio, lo que indica una necesidad de fomentar acuerdos institucionales con universidades para la capacitación de los encargados de las zonas de interés natural y cultural, así como realizar acuerdos entre distintas instituciones que permitan un intercambio de conocimiento y de gestión.

Reflexiones finales

Sin duda el geoturismo es una modalidad turística que ofrece grandes oportunidades y que puede experimentar un notable impulso en los próximos años. Sin embargo, para garantizar un geoturismo de calidad es necesario superar ciertas dificultades y afrontar ciertos retos. En primer lugar, es necesario realizar inventarios de lugares de interés geológico en los que se analice el potencial del patrimonio geológico y las tipologías que pueden identificarse. Es fundamental que en dichos inventarios de geoturismo se identifiquen las amenazas reales y potenciales derivadas de la visita del lugar, de manera que se garantice su conservación.

Otro reto importante es identificar sistemas de financiación y que el geoturismo se identifique como una realidad dentro de los foros del turismo de naturaleza, para lo cual, sin duda, es necesario ofrecer los recursos disponibles, tanto desde una perspectiva local, como mayor (*tours* operadores). Por otro lado, si se pretende que el geoturismo

realmente sea motor del desarrollo local, es recomendable que el capital que promueva el geoturismo también sea local, para que el beneficio repercuta lo más íntegramente posible en el territorio.

En este camino es necesario realizar más materiales de apoyo interpretativo que permitan a los visitantes conocer las características geológicas del lugar. Es necesario "inundar" el mercado con información geológica, al igual que proliferan las guías de setas, fauna, plantas, flores, líquenes, etc. Muchos lugares poseen un increíble potencial para la divulgación de la Geología y no son aprovechados convenientemente (Carcavilla *et al.*, en prensa). Por otro lado, también es necesario generar información geológica para que sea transmitida en lugares en los que los rasgos geológicos no son los protagonistas, pero algo pueden aportar para completar la información turística proporcionada. En este sentido, las ciudades ofrecen un potencial muy importante.

También es vital asegurar la calidad y veracidad de la información geológica suministrada al visitante. Desgraciadamente, son numerosos los casos en los que se proporciona información incorrecta, ya sea por errores en material escrito (folletos, paneles, guías, etc.) o en las explicaciones suministradas por los guías. Relacionado con esto último y con la necesaria calidad de las explicaciones, los estudiantes de ciencias de la tierra pueden tener en el futuro un campo de trabajo importante, que necesariamente deberá pasar por la dignificación de la figura del guía de campo o educador ambiental. Transmitir interés no es solamente transferir información, tiene además un componente pasional muy importante que está directamente relacionado con el conocimiento. Además, el geoturismo debe aprovechar su papel en otros tipos de turismo recreativo como el de aventura, que generalmente se realiza en ríos, cuevas o zonas montañosas, donde es posible incorporar información geológica. Sin duda, para acercar al público a la Geología, dotar de ese trasfondo geológico a la interpretación del paisaje es uno de los retos del geoturismo actual.



 *Cenote San Marcos, ubicado cerca del poblado de Sacalúm, Yucatán. En la parte de la caverna se pueden observar grandes formaciones de estalagmitas. Buzo: Manlio Cervantes. Fotografía de Benjamín Magaña Rodríguez.*

Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo
es una obra editada por la Facultad de Química.

Se utilizaron en la composición las familias
de las fuentes Arial y Panton

Dirección General de la Publicación

Dra. Flor Árcega Cabrera

 <https://orcid.org/0000-0001-9794-833X>

Asesoría Editorial

Dr. Pedro Agustín Robledo Ardila

Dra. Gabriela Rodríguez Fuentes

Dr. Juan José Durán Valsero

Diseño y formato

LDG Neyra C. Silva Rosado

**Publicación autorizada por el Comité Editorial
de la Facultad de Química
Enero de 2021**

