

OPINIÓN TÉCNICA

sobre la

Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

del proyecto

“Desarrollo Ecoturístico Xibalbá, Obras Adicionales”

Promovente: Xenotes Mágicos, S.A. de C.V.

En correspondencia a la solicitud de la
Delegación Federal de SEMARNAT en el estado de Yucatán
Oficio No. 726.4/UGA-0242

Responsable de la opinión técnica:

*Dr. Rodrigo T. Patiño Díaz**

Investigador titular



Cinvestav
UNIDAD MERIDA

24 de febrero de 2022

* Con aportaciones y comentarios de la Mtra. María Candelaria May Novelo (Centro Cultural y de Derechos Humanos Casa Colibrí Valladolid), la Mtra. Jazmín Sánchez Arceo (Articulación Yucatán), la Dra. Yameli Aguilar Duarte (CIRSE-INIFAP y AMEK A.C.), la Lic. Tania Georgina García López (Grupo de Análisis Ambiental), el Mtro. Alonso Gutiérrez Navarro (Grupo de Análisis Ambiental), el Mtro. Emilio Mora van Cauwelaert (Grupo de Análisis Ambiental), el Dr. Daniel Torruco Gómez (Cinvestav-Mérida), el Dr. Emanuel Hernández Núñez (Cinvestav-Mérida), el Dr. Rodrigo Migoya von Bertrab (Niños y Crías, A.C.) y el Dr. Abelardo Rodríguez López (Consultor independiente).

INTRODUCCIÓN

El presente documento se ha elaborado atendiendo la solicitud de la Delegación Federal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en el estado de Yucatán, en el oficio No. 726.4/UGA-0242 dirigido al Dr. Rafael Rivera Bustamante, Director de la Unidad Mérida del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav), elaborado con fecha del 27 de enero de 2002 y recibido en el Cinvestav – Unidad Mérida el 9 de febrero pasado. Por mi experiencia previa en el análisis de conflictos socio-ambientales por proyectos de gran escala en Yucatán y en la promoción de políticas públicas para el desarrollo regional sustentable, el Dr. Rivera Bustamante me solicitó elaborar esta Opinión Técnica para la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Particular (MIA-P) del proyecto “Desarrollo Ecoturístico Xibalbá, Obras Adicionales, promovido por la sociedad Xenotes Mágicos, S.A. de C.V., ubicado en el municipio de Valladolid, en el estado de Yucatán.

El análisis del presente trabajo se hace con referencia a los distintos capítulos presentados en la MIA-P, de acuerdo con lo indicado en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2018), su Reglamento (RLGEEPA, 2014) y la Guía correspondiente publicada por SEMARNAT (2008). Con la finalidad de lograr un análisis inter- y trans-disciplinario, se consideraron comentarios y aportaciones de distintos colegas expertos en diferentes áreas de conocimiento, así como de miembros de organizaciones de la sociedad civil dedicados a la defensa del territorio, el desarrollo regional sostenible y la justicia ambiental. Aunque algunas de las personas que contribuyeron con dichos comentarios y aportaciones prefirieron guardar el anonimato, las siguientes personas accedieron a que sus nombres aparecieran como reconocimiento por su participación: Mtra. María Candelaria May Novelo (Centro Cultural y de Derechos Humanos Casa Colibrí Valladolid), Mtra. Jazmín Sánchez Arceo (Articulación Yucatán), Dra. Yameli Aguilar Duarte (CIRSE-INIFAP y AMEK A.C.), Lic. Tania Georgina García López (Grupo de Análisis Ambiental), Mtro. Alonso Gutiérrez Navarro (Grupo de Análisis Ambiental), Mtro. Emilio Mora van Cauwelaert (Grupo de Análisis Ambiental), Dr. Daniel Torruco Gómez (Cinvestav-Mérida), Dr. Emanuel Hernández Núñez (Cinvestav-Mérida), Dr. Rodrigo Migoya von Bertrab (Niños y Crías, A.C.) y Dr. Abelardo Rodríguez López (Consultor).

COMENTARIOS GENERALES

- I. **La MIA-P hace referencia a un proyecto que ya ha avanzado su construcción en un gran porcentaje, por lo que se perdió la oportunidad de establecer una línea base del sistema ambiental descrito y de hacer un análisis adecuado de los impactos socioambientales de dicho proyecto, así como de las medidas preventivas y de mitigación propuestas por la empresa promotora.**

Una de las premisas de mayor importancia de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es la posibilidad de contar con las evaluaciones y las autorizaciones antes de iniciar los proyectos. Es decir, por su carácter prospectivo y predictivo, la EIA resulta funcional cuando alcanza a visibilizarse la serie de acciones que puedan compensar y mitigar los daños que pudiera causar un proyecto. En todo caso, si los procesos se inician antes de hacer las consultas a la población o de emitir el dictamen de las evaluaciones esto sería una violación al debido proceso enmarcado por la LGEEPA. En este sentido retomamos la definición del Art. 28 de la LGEEPA sobre el impacto ambiental que refiere a lo antes señalado:

“La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría”

La definición del impacto ambiental establece que para la preservación, protección y restauración de los ecosistemas es necesario generar un documento prospectivo-predictivo sobre los efectos de la obra a realizar, esto quiere decir que, para poder evaluar los impactos y si pudieran desencadenar algún desequilibrio ecológico o contingencia ambiental, es necesario hacer una evaluación integral de todo el proyecto. El carácter prospectivo-predictivo determina la factibilidad del proyecto, por lo que si los trabajos se empiezan a hacer antes de la realización del estudio pierden la posibilidad de emitir resultados confiables y el propio carácter preventivo.

En el caso de las obras del proyecto “Desarrollo Ecoturístico Xibalbá, Obras Adicionales” (DEXOA), éstas fueron iniciadas antes de la resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental. Por tanto, la realización de dichos estudios o evaluaciones son un requisito ineludible y una obligación que permite al Estado decidir si autoriza o no el proyecto en cuestión, siguiendo claramente los lineamientos y las normas que se establecen.

La MIA-P del proyecto DEXOA muestra de manera únicamente enunciativa los avances de las obras, omitiendo entonces los impactos de dichos avances. Las llamadas “obras adicionales” en la MIA-P corresponden a una fracción menor del proyecto en su conjunto. Por ejemplo, todos los trabajos ya realizados y reportados como “obras sancionadas” incluyen el desmonte para la creación de pasillos abiertos y un armón, así como la construcción de la tienda-taquilla y otras construcciones para oficinas, kioscos de servicio, baños, un aviario, una capilla y un “pueblo maya”. Sin embargo, también incluyen grandes obras ya realizadas en cuevas y cenotes, como túneles, plataformas, escaleras, rampas de acceso, terrazas/ventanas, andadores, pasillos, puentes, canales y embarcadero.

Como puede apreciarse en las bastas fotografías presentadas en la MIA-P, estas obras implicaron un impresionante trabajo de extracción de piedra cuyo impacto es omitido en el análisis. En efecto, se omite reportar el volumen de piedra ya extraída, así como la forma de extracción. En consecuencia, en el análisis del Capítulo III de la MIA-P, relativo a la vinculación del proyecto DEXOA con los ordenamientos jurídicos aplicables y la regulación del uso de suelo, se ignora por completo la restricción que hace el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Yucatán (POETY), publicado en 2007, sobre la incompatibilidad declarada en la correspondiente Unidad de Gestión Ambiental para la extracción de materiales pétreos, como se indica en la Tabla III.19 de la MIA-P. Esta Tabla sólo es usada en el análisis presentado por la promovente para justificar el uso turístico del predio en el proyecto.

Por último, al revisar los Capítulos IV y V de la MIA-P, que corresponden a la definición del sistema ambiental y del área de influencia del proyecto DEXOA, **la línea base de las componentes bióticas y abióticas declaradas omiten hacer referencia a las obras ya realizadas, lo que impide tener una línea base de la región antes de esta obras y, por tanto, la adecuada identificación, descripción y evaluación de impactos ambientales (Capítulo V). A su vez, esta falla en el análisis de impactos impide que se propongan medidas preventivas y de mitigación (Capítulo VI). En consecuencia, la autoridad ambiental, SEMARNAT, no tendrá los elementos suficientes para emitir una autorización durante el proceso de EIA del proyecto.**

II. La MIA-P del proyecto hace un deficiente análisis del potencial impacto social, pero aún peor es que el proyecto no considera mínimamente los derechos indígenas de la población maya de la región.

En la sección IV.5 de la MIA-P del proyecto DEXOA se describe el medio socioeconómico del sistema ambiental, como parte de sus características abióticas. Es decir, se considera que la población local no forma parte viva de los sistemas socioecológicos referidos. Este supuesto dista mucho de las aproximaciones actuales al análisis de conflictos socioambientales, pues la actual crisis planetaria nos muestra que no es posible separar factores ambientales de los sociales sin la

generación de conflictos. Las cuevas, cenotes, grutas y en general las depresiones kársticas tienen diferentes usos, por mencionar algunos están: 1) abastecimiento de agua; 2) sitios recreativos con importancia turística; 3) laboratorios vivos, zonas con importancia ecológica donde pueden darse endemismos; 4) zonas con una función hidrológica importante para ecosistemas dependientes de aguas subterráneas (manglares, petenes, humedales); 6) influencia en el microclima; 6) espacios de trabajo como talleres artesanales; 7) archivos históricos o de importancia arqueológica, antropológica y mística, etc.

Además, como se reconoce en la misma MIA-P, la región donde se está instalando el proyecto DEXOA está caracterizada por ser un territorio maya, donde más de la mitad de la población es indígena. Aunque el proyecto se realiza en un predio que se presume privado, el impacto a las comunidades aledañas no se analiza con suficiencia y se ostenta como positivo, orientado a la supuesta generación de empleos. Sin embargo, en la mayoría de los casos terminan siendo empleos mal remunerados y de corto aliento, pues sobre todo se refieren a las obras de construcción, que en el caso de este proyecto ya fueron llevadas a cabo en un alto porcentaje. Hay que recordar que la MIA-P plantea una vida útil de 100 años para el proyecto, mientras que no indica el número de empleados temporales y permanentes que tendrán las obras de construcción y operación del mismo.

Por ejemplo, la MIA-P sólo remarca la cercanía de dos poblaciones aledañas al proyecto DEXOA: Xtut, a 3 km, y Yalcobá, a 7 km; sin embargo, ignora varias poblaciones que están igual o más cerca del predio referido (ver Figura I.1). Aunque en la MIA-P se reconoce la cercanía del proyecto con los municipios de Temozón y Chemax, se centra en los impactos sobre todo en la población del municipio de Valladolid y su cabecera (apartado IV.5.1). También se justifica una baja migración en la región, por el hecho de que sólo el 5.8% de la población es originario de fuera del estado de Yucatán (apartado IV.5.1.2). Sin embargo, esta apreciación es falsa, pues se ignoran los flujos migratorios de la población local a otros estados (principalmente a Quintana Roo) o a los Estados Unidos. Esta migración es reflejo de condiciones deficientes del sistema socioeconómico actual.

En cuanto a la representación de población indígena, sólo se indica que más del 50% de la población mayor de 5 años del municipio de Valladolid habla una lengua indígena (apartado IV.5.1.3). Sin embargo, se omite mencionar el porcentaje de población que se autoadscribe como maya, que es todavía mayor. Es importante recordar que en la Constitución mexicana como en la del estado de Yucatán, la autoadcripción indígena es un derecho de cada ciudadano. De acuerdo con lo anterior, es entonces obligación del estado mexicano considerar los derechos de esta población en un territorio indiscutiblemente maya.

Los cenotes, las rejolladas y las sartenejas han sido muy importantes a través del tiempo entre los mayas por su manejo y uso en los procesos de sedentarismo del hombre. Los poblados siempre se establecieron en la periferia de los cenotes y rejolladas, donde cultivaron árboles de selva con características climáticas diferentes a las que caracterizan al estado (por ejemplo, precipitación y humedad):

entre otras especies, *Theobroma cacao* (cacao), *Mangifera indica* (mango), *Talisia olivaeformis* (huaya), *Manilkara zapota* (chicle) y *Cocos nucifera* (cocotero). Se puede concluir entonces, que los cenotes, rejolladas, sartenejas y cavernas aumentan la diversidad biológica del estado de Yucatán.¹

La obligación de realizar estudios previos de impacto existe para México desde 1991, año en el que fue signatario del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes. En su artículo 7.3, el Convenio señala que los gobiernos deben velar porque se efectúen estudios, en cooperación con los pueblos interesados, a fin de evaluar la incidencia social, espiritual, cultural y sobre el medio ambiente que las actividades de desarrollo puedan tener sobre esos pueblos.

Esta obligación fundamental se encuentra reforzada y su contenido profundizado y ampliado con las sentencias que la Corte Interamericana de Derechos Humanos emitió en 2007 y 2008 en el Caso Pueblo Saramaka vs. Surinam, en las que estableció los estándares mínimos que los estudios de impacto deben satisfacer, y que los Estados parte deben cumplir, entre ellos:

– Deben ser concluidos de manera previa a la autorización y realización del proyecto de desarrollo o inversión en cuestión, es decir, no puede autorizarse y mucho menos implementarse un proyecto sin que se hayan estudiado los impactos.

– Deben ser de carácter social (entendido en el sentido más amplio) y ambiental, así como de derechos, siendo lo deseable la integración y análisis de todos los impactos en un solo proceso. Para la autorización de un proyecto, el análisis de los impactos no puede limitarse al aspecto ambiental, sino que debe efectuarse un estudio integral, que contemple el resto de los ámbitos de vida de los pueblos.

– Deben tratar el impacto acumulado; es decir, no sólo debe analizarse el impacto que el proyecto que pretende autorizarse puede causar de manera aislada e individual, sino el que puede generar en relación con otros proyectos del territorio que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. Es decir, permitirá conocer en su justa y verdadera dimensión los impactos que se ocasionarán, incluyendo si son a corto, pero también a más largo plazo.

– Deben ser realizados en colaboración con los pueblos interesados y sus resultados compartidos y consultados con ellos. Si los estudios pretenden documentar los posibles impactos negativos del proyecto de que se trata, la participación efectiva de los pueblos indígenas es innegable, pues son quienes pueden identificar los posibles impactos negativos sobre sus propias vidas. Pero además, el resultado de los estudios debe ser compartido y consultado con las comunidades, a fin de que puedan brindar aportes y tomar una decisión informada.

¹ Flores-Guido S. 2010. Vegetación de cenotes, rejolladas, haltunes y cavernas. En: Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Durán R. y M. Mendez (Eds). CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

De hecho, los estudios previos de impacto son parte del proceso de consulta indígena. En este caso, en el proyecto DEXOA sólo se está contemplando el aspecto ambiental del proyecto, omitiendo un análisis profundo de los impactos sociales y de derechos que se pueden generar. Existen violaciones específicas a los procedimientos de la Consulta que no corresponden a la EIA, sino que tienen sus propios procedimientos debido al citado Convenio 169 firmado por México y que se centran en la llamada Consulta Previa, Libre e Informada (Artículo 6 del Convenio), aunque los derechos indígenas a la libre determinación (Artículo 7 del Convenio) son mucho más amplios. Sin embargo, **siendo posiblemente ésta la única oportunidad de que una autoridad federal revise el caso, corresponde a SEMARNAT señalar la necesidad de respetar los derechos indígenas para este u otro proyecto que considere en sus procedimientos de EIA.**

El agua, las cavernas y los cenotes forman parte importante de la cosmovisión maya. El propio nombre del proyecto, Xibalbá, hace referencia al misticismo y respeto que las poblaciones locales tienen sobre sus recursos naturales, que por cierto forman parte de un paisaje único en el mundo y que tiene un aspecto más amplio bajo la óptica del reconocimiento del patrimonio biocultural de la región. Además de ignorar esta óptica, por supuesto se omite en la MIA-P la afectación en la población de la región siquiera en los dos mayores impactos detectados por parte del proyecto DEXOA: modificación de la calidad del agua subterránea y afectación de estigofauna (Tabla V.7). Dado que los flujos de agua subterránea son continuos y multidireccionales, la modificación de la calidad de agua en el predio del proyecto tiene un potencial de afectar a las poblaciones que utilicen este recurso en sitios que incluso pueden ser remotos al proyecto.

En el aspecto social, la expansión y globalización dentro de la Península ha generado recursos del sector turístico, un sector de importancia para la economía, sin embargo, la expansión ilimitada y la invasión de diversos interesados en los recursos aquí existentes ha llevado al desplazamiento local de sus comunidades, a la privatización de su hábitat, a la pérdida de raíces culturales y al abandono de tierras campesinas.² La privatización de los recursos en las comunidades mayas ha generado una pérdida debido a que ya no disponen de ella a su manera, desde la privatización de áreas cercanas a cenotes, donde las comunidades disponían del recurso para su utilización o la pérdida de área donde cultivaban para su consumo, por la creación de atracciones para visitantes. Es por ello, que a pesar que se menciona que el área se encuentra afectada en parte por agricultura y ganadería, se debe de tomar en cuenta estas áreas como de importancia para las comunidades, como sistemas de cultivo por temporadas de la milpa y de autoconsumo, de la cual las comunidades de Yucatán son es un porcentaje altamente dependientes.

² Cáliz, H., Kissmann, S., Alvarado, S., Luckson, P., Putnam, H. 2014. Seguridad y Soberanía Alimentaria en la Zona Maya de Yucatán. Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo.

Finalmente, a manera de ejemplo de mejores prácticas en proyectos similares al DEXOA, se hace referencia a otro parque en el vecino estado de Quintana Roo, llamado “Río Secreto”. Este parque, también abierto al turismo, funciona de manera muy respetuosa con las cavernas del acuífero kárstico. No dinamita ni tiene visitas masivas de turismo, protege y estudia el área silvestre circundante y ha fundado dos asociaciones civiles relacionadas con la conservación: Centinelas del Agua y Jaguar Wildlife AC. Sus proyectos siempre han estado relacionados con las comunidades locales, siempre parten de que la comunidad mantenga la propiedad de su tierra y no la venda, al grado de que han recibido e implementado peticiones comunitarias para que se desarrollen parques en su territorio. De hecho, Río Secreto tiene la propuesta, escrita en una tesis de maestría, de que el lugar en donde se ubica se convierta en Reserva Hidrológica para Playa del Carmen.³

III. La superficie declarada para el proyecto es confusa y podría interpretarse como engañosa para evitar la declaración de una MIA en su modalidad Regional.

La MIA-P del proyecto DEXOA declara una superficie total del predio referido de 400.946 ha, de la cual se designa una superficie total de afectación de las obras completas del proyecto de 80,497.00 m² (sección II.1.5). Lejos de ser esta última cifra una superficie de afectación pequeña en una región declarada principalmente como Selva Mediana Subcaducifolia y considerando los grandes volúmenes de extracción pétreo consecuencia de las obras de construcción, la MIA-P ignora el efecto de fragmentación de los sistemas ambientales, además de los flujos de agua subterránea ya referidos anteriormente.

Por su lado, en la Resolución de Modificación por la Evaluación de Impacto Ambiental, emitida el pasado 7 de mayo de 2021 por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del gobierno del estado de Yucatán, para el proyecto denominado “Desarrollo Ecoturístico Xibalbá”, se declara un predio con una superficie total de 598.87 ha (Tabla 4 del documento de resolución referido), de las cuales sólo se declaran 22.20 hectáreas para el desarrollo del proyecto (página 6 del mismo documento).

Es importante que la promovente aclare esta discordancia de superficies declaradas en la MIA-P y en la Resolución de la autoridad estatal. Es relevante recordar que para proyectos con una superficie declarada de más de 500 hectáreas podría ameritar la presentación de una MIA en modalidad Regional (MIA-R), lo que implicaría una mayor atención al proceso de EIA por las dimensiones mismas del proyecto. Al intentar minimizar superficies declaradas, como pudiera ser el caso en la MIA-P, **la promovente incurriría en un grave delito que ameritaría una**

³ López Tamayo, A. “Exploración geofísica para la prospección hidrogeológica del sistema Pool Tunich, Solidaridad, Quintana Roo, México”. Tesis de Maestría, CICY, 2015.
https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/364/1/PCA_M_Tesis_2015_Lopez_Alejandro.pdf

sanción por parte de la autoridad ambiental. Otro factor a considerar es que usualmente las promoventes fragmentan sus proyectos para fragmentar también los impactos a evaluar, práctica que se incrementa porque SEMARNAT emite autorizaciones de cada una de las distintas fases de un mismo proyecto.⁴

IV. Se observa una discrecionalidad intencional de parte de la promovente, al no declarar con suficiencia los impactos durante la operación del proyecto, por no considerar el número de visitantes diarios ni el personal requerido para la atención de turistas.

La MIA-P del proyecto DEXOA declara de manera deficiente la capacidad de carga turística, al referir que se atenderán grupos de visitantes de hasta 30 personas con un guía (apartado V.4.1.1). Sin embargo, nunca se menciona la periodicidad con la que se pretende atender cada uno de estos grupos (no es lo mismo 30 personas diarias que 30 personas por hora durante las 9 horas de operación del parque). Asimismo, el número de turistas atendidos diariamente implica también una cantidad mínima de personal que atenderá a los clientes; la cantidad de personal contratado para la operación del proyecto es también omitida en la MIA-P.

En tal circunstancia, es imposible poder estimar los impactos de la población flotante de turistas y de los prestadores del servicio turístico sobre los ecosistemas, en particular relativo a los dos mayores impactos detectados por parte del proyecto: modificación de la calidad del agua subterránea y afectación de estigofauna (Tabla V.7). Tanto turistas como personal beberán agua, comerán, emitirán residuos o ruidos, y los turistas además contribuirán a la contaminación del acuífero durante sus actividades recreativas. Al no poder estimar este impacto, es imposible establecer un esquema real de acciones de prevención y mitigación.

Por otro lado, refiriéndonos nuevamente a la Resolución de Modificación por la Evaluación de Impacto Ambiental, emitida el pasado 7 de mayo de 2021 por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del gobierno del estado de Yucatán, para el proyecto denominado “Desarrollo Ecoturístico Xibalbá”, se menciona un número de visitantes máximo de 2000 personas para la primera etapa del proyecto (página 14). Si bien no se menciona si estos 2000 visitantes tendrán una periodicidad anual, mensual o diaria, es muy importante notar que esta cantidad no se declara en la MIA-P. Al intentar minimizar la capacidad de carga turística, como pudiera ser el caso en la MIA-P, **la promovente incurriría en un grave delito que ameritaría una sanción por parte de la autoridad ambiental.**

⁴ Zárata Toledo, E.; Wood, P.; Patiño, R. 2021. In search of wind farm sustainability on the Yucatan coast: Deficiencies and public perception of Environmental Impact Assessment in Mexico. Energy Policy 158, 112525.

V. La calidad de la descripción biótica del sistema ambiental podría ser insuficiente y los impactos a la fauna acuática son minimizados.

La MIA-P del proyecto DEXOA hace una descripción biótica del sistema ambiental basada principalmente en estudios bibliográficos previos, por lo que la caracterización de flora y fauna podría ser deficiente al no incluir suficientes estudios de campo. Por ejemplo, para la fauna de ofidios se reporta una sola especie, mientras que la zona tiene una comunidad importante de serpientes; para la fauna de quirópteros sólo se reportan dos especies, siendo que los murciélagos habitan muy frecuentemente cuevas y cavernas. Sin embargo, a la promovente no le parece extraño reportar estos números ni considera un impacto importante en este tipo de fauna.

Los cenotes pueden considerarse como "oasis" de alta diversidad de murciélagos, donde las condiciones creadas por la presencia de cuerpos de agua y la vegetación de árboles de hoja perenne, atraen una abundancia de murciélagos, muchos de éstos son especies localmente raras y amenazadas. Especies como *Chrotopterus auritus* y *Micronycteris microtis*, ambos considerados amenazados en México, y *Eptesicus furinalis*, fueron registrados exclusivamente en cenotes. La vegetación no solo contribuye a la protección y preservación de las poblaciones de murciélagos, sino también, constituye una reserva de germoplasma. Es decir, de semillas y polen que, transportado por los propios murciélagos, contribuyen a la regeneración de las selvas de la zona peninsular.⁵ Asimismo, muchas especies de murciélagos son benéficas al controlar poblaciones de insectos que pudieran convertirse en plagas para el hombre.

Por otro lado, aunque se reporta en la MIA-P un estudio de campo mucho más amplio de la estigofauna (sección IV.4), **no se consideran seriamente los impactos sobre estas especies acuáticas, dadas la frecuencia de visitantes, que no es clara, y su vocación de actividades acuáticas, incluyendo emisión de contaminantes, ruidos y modificación de los patrones de iluminación natural.** Esto último se hace evidente en las amplias modificaciones que se hacen en las estructuras de los cenotes así como en el uso de iluminación artificial en todas las cuevas y los sitios acuáticos.

Tocando el tema de audio e iluminación artificial, debemos mencionar que en la mayoría de las cuevas reina un silencio y oscuridad absoluta y las especies que viven ahí, llamadas estigobias, están adaptadas a ella pues representa una barrera para algas, plantas, peces y otros organismos diurnos. La introducción de luz a las cuevas puede generar la invasión de especies que habitan el cenote a cielo abierto pero que no penetran normalmente en la oscuridad.⁶ Las principales fuentes de luz

⁵ MacSwiney G. M. C., Vilchis P., Clarke F. M. and P. A. Racey. 2007. The importance of cenotes in conserving bat assemblages in the Yucatan, Mexico. *Biological Conservation* 136: 499-509.

⁶ Martínez M., Merediz G., Vázquez L., Valdez G and García L. (2018). Guía de buenas prácticas para la conservación y uso de los cenotes y sus cuevas en la península de Yucatán. Amigos de Sian Ka'an, Acciones por la naturaleza Cancún, Quintana Roo. México. 97 pp.

artificial son las luminarias que se instalan para facilitar la visita de personas, las lámparas de los buzos y las antorchas o fogatas, así como el videomapping que pretenden implementar.

Adicionalmente, los peces que antes no cruzaban hacia partes más profundas de las cavernas suelen introducirse a ellas siguiendo la luz de las luminarias o de los buzos, lo que provoca competencia y depredación contra las especies habituadas a la falta de luz, las cuales, generalmente, son ciegas. La introducción de luz también puede alterar las rutinas de los insectos, murciélagos y aves, además de promover el crecimiento de algas. El uso de lámparas, antorchas o fogatas también puede aumentar la temperatura en los cenotes y sus cuevas, generando la evaporación del agua cercana a las estalagmitas y estalactitas, afectando su crecimiento. Así mismo, consumen oxígeno y generan gases tóxicos que pueden cambiar la densidad del aire de las cuevas poniendo en riesgo la salud de los visitantes y de los animales residentes.⁵

VI. La contaminación del acuífero es una realidad del sistema ambiental aún antes del proyecto, mientras que la MIA-P declara una abundancia del recurso hídrico.

Aunque a la fecha no existe un consenso en un balance hídrico **para la península de Yucatán, se considera que el acuífero está sobreexplotado.**⁷ El colectivo GeoComunes ha georreferenciado recientemente las concesiones de agua subterránea con volúmenes iguales o mayores a un millón de metro cúbicos.⁸ En la Figura 1 se muestra el mapa de la península de Yucatán mostrando estas concesiones para su uso en zonas urbanas, turísticas, industriales y agronegocios, entre otros sectores. Es así como las diferentes regiones ya cuentan con un alto consumo de agua: se destacan los consumos urbanos en las capitales de los tres estados, las regiones altamente agrícolas de Campeche y, sobre todo, la región turística que abarca la zona costera del Caribe, entre Cancún y Tulum.

Frecuentemente se reportan tensiones por el abuso del acuífero de Yucatán. Por ejemplo, se ha denunciado la explotación del acuífero por el modelo turístico de Quintana Roo como por distintos cultivos de gran escala en una variedad de municipios de la península de Yucatán.⁹ Otro ejemplo contrasta la alerta por la instalación de una cervecera de gran escala en las afueras de Mérida.¹⁰

⁷ Estrada Medina, H.; Jiménez Osornio, J.J.; Álvarez Rivera, O.; Barrientos Medina, R.C. 2019. El karst de Yucatán: su origen, morfología y biología. Acta Universitaria 29, e2292.

<http://doi.org/10.15174.au.2019.2292>

⁸ <http://geocomunes.org/Visualizadores/PeninsulaYucatan/>

⁹ Flores, A.; Deniau, Y. 2019. El megaproyecto para la península de Yucatán.

http://geocomunes.org/Analisis_PDF/AnalisisGeneralYucatan

¹⁰ <https://agua.org.mx/biblioteca/planta-cervecera-de-modelo-pone-en-riesgo-el-acuifero-de-yucatan-2/>

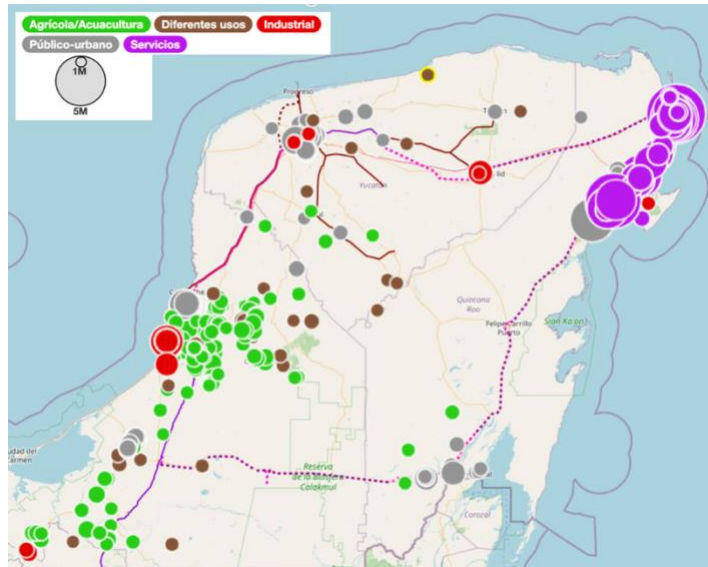


Figura 1. Concesiones de agua subterránea de más de un millón de metros cúbicos en la península de Yucatán, marcados como círculos en el mapa.

Nota: Los colores de los círculos indican el sector para el cual se otorgó la concesión (ver leyenda) y su tamaño indica el volumen concesionado (se indican los valores correspondientes a 1 y 5 millones de metros cúbicos). Como referencia, se muestran los distintos tramos del trazo del PTM: las líneas continuas corresponden a las vías existentes actualmente y las punteadas corresponden a las vías por añadir. Fuente: GeoComunes (2019). Geovisualizador de la península de Yucatán. <http://geocomunes.org/Visualizadores/PeninsulaYucatan/>

Por otro lado, las infiltraciones de agua por la porosidad del karst permiten que el acuífero se contamine fácilmente como consecuencia de las actividades humanas. Adicionalmente, la dureza del terreno superficial ha impedido históricamente que la mayoría de los asentamientos urbanos y rurales de la región carezcan de un sistema general de drenaje y tratamiento de aguas residuales, terminando éstas finalmente drenadas al acuífero.¹¹ En las ciudades, este problema se acentúa por distintas razones: la densidad de población, las aguas pluviales que arrastran consigo residuos propios de las actividades urbanas e industriales, el lixiviado de los residuos sólidos urbanos dispuestos a suelo abierto, los residuos de la nixtamalización del maíz, etc. A las ciudades turísticas se agrega además una población flotante altamente generadora de aguas residuales.

En el medio rural existen infiltraciones derivadas de las actividades agropecuarias. Las granjas productoras de aves y cerdos son abundantes en el estado de Yucatán y una mala disposición de las excretas produce lixiviados que originan una contaminación del agua en las formas química (principalmente con alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio), orgánica (derivada de hormonas, antibióticos y otros

¹¹ Batllori, E. 2016. Condiciones actuales del agua subterránea en la península de Yucatán. En: El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán (editado por Mónica Chávez). 2016, UADY, México. <https://es.scribd.com/document/400854480/Condiciones-actuales-del-agua-subterranea-en-Yucatan-pdf>

productos utilizados en la cría de animales) y biológica (de los microorganismos propios de las excretas, aunque también una eutroficación derivada de los residuos químicos).^{7,12} En las prácticas agrícolas de gran escala, en las que el estado de Campeche se lleva la proporción más representativa, no hay un mejor panorama: el uso masivo de fertilizantes, herbicidas e insecticidas, conduce también a lixiviados que contaminan el acuífero.⁷ Estos contaminantes están asociados no sólo con problemas ambientales (con acumulaciones en cenotes y costas, y la generación de la llamada marea roja), sino también con problemas de salud humana (como carcinógenos, por ejemplo).^{13,14}

En Yucatán, los flujos preferenciales del agua subterránea a escala regional suelen ir de las zonas más altas hacia las más bajas, hasta descargar a las zonas costeras a través de “ojos de agua” (manantiales subterráneos).^{15,16} A escala local, los patrones de los flujos de aguas subterráneas están regulados por los cambios litológicos, estructuras geológicas y conductos de disolución sin estar plenamente conocidos a escala de detalle (1: 25 000 o mayor)¹⁷, en el karst unos procesos pueden suscitarse a nivel regional pero no necesariamente a nivel local¹⁸, los flujos subterráneos en el karst también suelen ser dirigidos por las fracturas, las fallas y los conductos de disolución siendo el Anillo de Cenotes, un ejemplo sobre este comportamiento preferencial en los flujos de agua subterráneas.

En una análisis de cuencas, la de la península de Yucatán abarca toda esta región, por lo que es una omisión de la MIA-P considerar impactos sólo del proyecto DEXOA sin el efecto acumulativo y sinérgico de otros impactos en el acuífero. La MIA-P también ignora la sobreexplotación del acuífero, al mencionar que son abundantes los depósitos de agua subterránea, sin mencionar su calidad. Las modificaciones que se realizan conllevan también a las alteraciones de los flujos hidrogeológicos tanto locales como regionales. Es muy probable que al interferir los flujos, los responsables del proyecto tengan que implementar infraestructura para simular los

¹² Greenpeace. 2020. ¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la península de Yucatán? La carne que está consumiendo el planeta. https://storage.googleapis.com/planet4-mexico-stateless/2020/05/188dc911-reporte_granjas_webok3.pdf

¹³ Polanco, A.; Beilin, K. 2019. Toxic bodies: water and women in Yucatan. *Environmental cultural studies through time: The Luso-Hispanic world*. Hispanic Issues On Line 24, 165-190.

¹⁴ Rendón-von Osten, J.; Dzul-Caamal, R. 2017. Glyphosphate residues in groundwater, drinking water and urine of subsistence farmers from intensive agriculture localities: A survey in Hopelchén, Campeche, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14, 595, DOI:10.3390/ijerph14060595

¹⁵ Perry, E., Marin, L., McClain, J., Velazquez, G., 1995. Ring of Cenotes (sinkholes), northwest Yucatan, Mexico: Its hydrogeologic characteristics and possible association with the Chicxulub impact crater. *Geology* 23, 17-20.

¹⁶ González-Herrera, R., Sánchez y Pinto I., y Gamboa-Vargas J. 2002. Groundwater-flow modeling in the Yucatan Karstic Aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 10, 539-552.

¹⁷ Sandoval I., Heredia J.D. 2018. Caracterización fisicoquímica y direcciones de flujo del agua subterránea en la zona noroeste de la península de Yucatán. *Realidad, datos y espacio revista internacional de estadística y geografía*. 9(2): 29-37.

¹⁸ Pacheco, J., Cabrera, A. y R. Pérez. 2004. Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México. “Revista académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán”, UADY, 8 (2), 165-179.

procesos naturales como la circulación y aereación del agua, como se hace en el parque Xcaret, en Quintana Roo, de la misma promovente que el proyecto DEXOA. Cabe destacar que cuando la infraestructura, por ejemplo, del filtros de agua no están bien diseñadas o exista alguna negligencia en su uso, puede ocasionar accidentes e incluso pérdidas humanas como sucedió el año pasado.¹⁹

VII. El Programa de Monitoreo de Calidad de Agua, propuesto por la promovente, es deficiente y no corresponde a la vida útil del proyecto.

La MIA-P del proyecto DEXOA incluye un Programa de Monitoreo de Calidad de Agua (apartado VI.2.8.1) que incluye ocho parámetros para determinar la calidad de agua de los cuerpos artificiales y naturales durante la operación de dicho proyecto: dos parámetros físicos (temperatura y sólidos suspendidos totales), cinco químicos (salinidad, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y nitratos) y uno biológico (coliformes fecales). Se proponen “tres monitoreos anuales (época de estiaje, época de lluvias y época de nortes) por un periodo de 10 años, así como un monitoreo diurno y uno nocturno en cada zona del cuerpo de agua por campaña de monitoreo”. **Este Programa es deficiente en tres aspectos: (i) el número de parámetros a analizar es insuficiente para determinar la calidad de agua, (ii) no se especifican las zonas ni los cuerpos de agua en los que se harán los muestreos y (iii) los monitoreos anuales deberían hacerse por el tiempo de vida útil del proyecto. A continuación se detallan cada uno de estos tres aspectos.**

En cuanto al número de parámetros a analizar para determinar la calidad de agua, en la ya referida Resolución de Modificación por la Evaluación de Impacto Ambiental, emitida el pasado 7 de mayo de 2021 por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del gobierno del estado de Yucatán, para el proyecto denominado “Desarrollo Ecoturístico Xibalbá”, se especifica la necesidad de reportar 15 parámetros de calidad de agua (páginas 16 y 17) y aún pueden añadirse otros como hidrocarburos y plaguicidas. Preservar la calidad del agua de los cenotes que se proponen en este proyecto es un reto y es necesario realizar estudios sobre la vulnerabilidad, los peligros, y el riesgo de contaminación del agua subterránea.²⁰ Cabe mencionar que también en la citada Resolución, se obliga a la promovente a realizar muestreos de calidad de aire en las cavernas de cada uno de los cenotes del proyecto, por medio de tres parámetros: ozono, monóxido de carbono y dióxido de carbono.

¹⁹ <https://www.forbes.com.mx/muere-nino-en-xcaret-succionado-por-un-filtro-acusan-negligencia/>

²⁰ Torres M., Basulto Y., Cortés J., García K., Koh A., Puerto F and Ávila J. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de contaminación del agua subterránea en Yucatán. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 1 (4). Recuperado el 15 de febrero del 2022 en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000300001

Respecto a las zonas y cuerpos de agua en los que se harán muestreos, la misma Resolución indica que se deben considerar todos los cenotes reportados en el proyecto (página 16). Esto debido a que se desconocen los flujos reales de agua subterránea entre los distintos cuerpos de agua, naturales como artificiales, así como la susceptibilidad de cada uno de ellos a ser contaminado. Es importante mencionar que se sabe que el acuífero yucateco es altamente vulnerable a la contaminación, debido a las características del material geológico, del suelo y las condiciones de recarga.^{21,22} Un cenote abierto es una fuente directa de contaminación hacia nuestro acuífero y las modificaciones realizadas así como la exposición al público no solo puede causar impactos en la contaminación de agua, sino que también a la fauna y flora del lugar, es por ello que otro tema importante es la pérdida de la vegetación. Se ha señalado⁶ que la pérdida de vegetación del cenote y sus alrededores provoca desplazamiento de fauna, pérdida del hábitat, reducción de infiltración del agua de lluvia, alteración del paisaje, erosión de suelos y la amenaza del colapso de la roca, si bien se menciona en la MIA-P que estrategias de conservación, reubicación, entre otros, se sabe que la perturbación de los ecosistemas es inevitable hablando sobre todo de especies de flora y fauna que se ubican de manera natural en los cenotes, los cuales serán explotados para el turismo.

Finalmente, es poco congruente proponer en la MIA-P un monitoreo de la calidad de agua por 10 años, mientras que se declara un tiempo de vida útil de 100 años para el proyecto DEXOA. Tanto para asegurar la viabilidad del proyecto como para verificar y corregir impactos al ambiente, es indispensable que el monitoreo se haga durante toda la vida del proyecto. Es importante destacar que es irreal otorgar una autorización ambiental por 100 años para cualquier proyecto, en tanto que se carece de mecanismos reales de verificación de los compromisos ambientales de la promovente por parte de la autoridad ambiental, además de que vivimos actualmente una crisis climática que genera escenarios de cambios ambientales a más corto plazo y los recursos naturales de las generaciones futuras no deben comprometerse en el presente.

Por último, también habría que **asegurar que las plantas de tratamiento de aguas, previstas para operar en el proyecto, incluyan su propio plan de verificación de calidad de agua antes de ser vertidas al manto freático.**

²¹ Aguilar Duarte, Y., F. Bautista, M. E. Mendoza y C. Delgado. 2013. Vulnerability and risk of contamination karstic aquifers. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16: 243 – 263.

²² Albornoz B. and González R. (2017). Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero yucateco bajo escenarios de cambio climático. *Ecosistema y Recursos Agropecuarios*. 4 (11). Recuperado el 16 de febrero del 2022 en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282017000200275#:~:text=RESUMEN%3A,por%20los%20cambios%20del%20clima

VIII. El proyecto obedece a patrones de turistificación masiva y sistemas económicos globales que amenazan el karst peninsular como un bien común y patrimonio biocultural.

En las geociencias se utiliza el término “karst” que tiene su origen de una palabra indo-europea “kar” o “kras”, que significa “roca desnuda”.²³ En la actualidad el término karst es aceptado internacionalmente para designar a aquellos territorios que se han formado en presencia de rocas solubles. La solubilidad de las rocas origina diferentes geoformas (formas del relieve), tanto en tamaños, como en características y funcionamiento asociado a un complejo sistema hidrogeológico.²⁴ Los sistemas kársticos están constituidos por una diversidad de paisajes o formas del relieve tanto externas (exokarst), como internas (endokarst).

El exokarst o formas externas puede ser desde formas negativas (depresiones) como positivas (elevaciones). En la región peninsular yucateca, los cenotes, las rejolladas, hondonadas y aguadas son los nombres coloquiales con las que se conocen a una variedad de depresiones kársticas (formas negativas). Muchas de ellas corresponden a “dolinas”, nombre científico de las depresiones en forma circular o semicircular que son consideradas como la característica diagnóstica de los territorios kársticos. Las dolinas con el paso del tiempo pueden engrandarse o unirse para formar uvalas (depresiones amorfas) y si la disolución de la roca continúa, pueden extenderse en mayor superficie hasta formar los poljes. Las formas positivas del exokarst pueden ser elevaciones como montículos o mogotes, que surgen cuando la karstificación ha pasado por un proceso mayor de desarrollo. El endokarst son todas aquellas formas que se desarrollan en el subsuelo, entre ellas las estalagmitas, estalactitas y una variedad de conductos que en su conjunto forman cuevas, grutas y cavernas.^{25,26,27}

El relieve kárstico está relacionado con el drenaje subterráneo y, por lo tanto, la geomorfología y la hidrogeología están estrechamente interrelacionadas.²⁴ Debido a los procesos disolutivos en estos sistemas, donde el agua se infiltra, en el karst es común que se presenten los acuíferos kársticos. Las aguas subterráneas de acuíferos kársticos están entre los más importantes recursos hídricos, siendo que el karst ocupa aproximadamente el 20% de la superficie terrestre en una variedad de climas y regiones. Se estima que los acuíferos kársticos abastecen alrededor del 25% de la población mundial y son recursos indispensables para ecosistemas específicos dependientes de agua subterránea, como los petenes, manglares y

²³ Gams, 1993. Origin of the term "karst", and the transformation of the Classical Karst (kras). *Environmental Geology* 21: 110-114

²⁴ De Waele, J., Plan, L., Audra, P. 2009. Recent developments in surface and subsurface karst geomorphology: an introduction. *Journal of Geomorphology*, 106 (1-2), 1-8.

²⁵ Ford, D.C. and P. Williams. 2007 *Karst Hydrogeology and Geomorphology* (2nd ed). John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, UK. 576 p.

²⁶ Palmer, A.N, 2007, *Cave Geology*: Cave Books, Dayton, OH, U.S.A. 454 p.

²⁷ Ginés, A., Knez, M., Slabe, T., Dreybrodt, W., 2009. Karst Rock Features Karren Sculpturing: *Acta Carsologica*, Publishing in Postojna/Ljubljana, 9, 561 p.

humedales.²⁸ Yucatán, no es la excepción. Desde el punto de vista hidrogeológico, los acuíferos kársticos son muy complejos y tienen características distintivas que los hacen ser muy diferentes a otros tipos de acuíferos.^{25,29,30}

En un sistema kárstico los procesos de atenuación (retención, mineralización, adsorción, etc.) de los contaminantes, son nulos o poco eficientes y la vulnerabilidad – entendida como la exposición natural a la contaminación - es mayor, principalmente por los desechos generados de las actividades antrópicas que no están debidamente planificadas en la superficie del terreno o se disponen inadecuadamente, afectando la calidad del agua subterránea.^{31,32} La restauración de la calidad de un acuífero contaminado, es una tarea complicada en el aspecto técnico y de elevado costo, a veces prácticamente irreversible, por lo que es preferible prevenir que remediar.

La heterogeneidad espacial en los sistemas kársticos y las especificidades del territorio hacen pensar en la diversificación de actividades productivas que sean socialmente responsables, económicamente viables (considerando los servicios ecosistémicos) y ambientalmente amigables. El karst es uno de los fenómenos geológicos que debe ser considerado como fuente potencial de riesgo en el territorio, en particular, en zonas urbanas o en áreas con algún uso intensivo como zonas agrícolas, ganaderas o turísticas como el caso que se está abordando. Actualmente en los paisajes kársticos existen una serie de problemáticas que se derivan por el desconocimiento sobre cómo funcionan estos tipos de sistemas. Entre estas problemáticas destacan: la contaminación de los acuíferos,^{21,33,34} el mal manejo del turismo (turismo intensivo convencional) que genera la explotación de los recursos,³⁵ la degradación de los suelos que se refleja en bajos rendimiento de los cultivos,³⁶ expansión urbana sin planeación como potencializador de colapsos

²⁸ Kueny J. A. & Day M. J. 2002. Designation of protected karstlands in Central America: a regional assessment. *Journal of cave and karst studies* 64(3), 165-174.

²⁹ Perrin J. 2003. A conceptual model of flow and transport in a karst aquifer based on spatial and temporal variations of natural tracers. PhD thesis presented to the Faculty of Sciences of the University of Neuchâtel to satisfy the requirements of the Degree of Doctor of Philosophy in Science. Disponible en: http://doc.ero.ch/record/2604/files/these_PerrinJ.pdf?ln=frversion=1

³⁰ Bakalowicz M. 2005. Karst groundwater: a challenge for new resources. *Hydrogeol J.* 13: 148-160.

³¹ Veni G. 1999. A geomorphological strategy for conducting environmental impact assessments in karst areas. *Geomorphology* 31: 151-180.

³² Davis, A.D., Long, A.J., Wireman, M. 2002. KARSTIC: a sensitivity method for carbonate aquifer in karst terrain. *Environmental Geology*, 42(1):65-72. Doi: 10.1007/s00254-002-0531-1

³³ Aguilar Duarte, Y., Bautista F., Mendoza M. E., Frausto O., Ihl T. and C. Delgado. 2016. IVAKY: índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, v. 15, no. 3: 913-933. <http://www.redalyc.org/pdf/620/62048168021.pdf>

³⁴ Pérez C. R. y Pacheco A. J. 2004. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. *Ingeniería* 8-1: 33-42.

³⁵ Hoogesteijn, A., Febles-Patrón, J., Nava-Galindo, V. 2015. La Contaminación Fecal en Cenotes de Interés Turístico y Recreacional del Estado de Yucatán. *Ingeniería*. Vol (19), núm (3).

³⁶ Bautista F. 2007. Información técnica para el desarrollo agropecuario y forestal del estado de Yucatán. *Teoría y praxis*. 4: 149-160.

del terreno e inundaciones,^{37,38,39} impactos en la salud pública¹³ e impactos negativos en los ecosistemas (selvas, mangles, cenotes, playas)⁴⁰ con subsecuentes pérdidas humanas y económicas.³⁸

Los procesos que se generan en los territorios kársticos son complejos; es un sistema donde el agua es el protagonista principal, por lo cual, la importancia de su entendimiento desde los suelos, las geoformas externas y su relación con las geoformas internas, así como con los flujos de agua subterráneos es de suma importancia.⁴¹ Se ha mencionado^{18,42} que los factores que favorecen la sincronía entre la contaminación del agua subterránea y los eventos pluviales, son la escasez de suelo, la alta porosidad secundaria (presencia de conductos y canales en el subsuelo) y el reducido espesor de la zona vadosa (no saturada), es decir, elevaciones bajas y poco espesor de roca. Además, en nuestra región peninsular año con año estamos expuestos a amenazas naturales como las tormentas y los huracanes, sin embargo, los cambios de uso de suelo como los megaproyectos que generan cantidades grandes de residuos contaminantes e incorporan cambios drásticos en la dinámica en el ciclo hidrológico, las amenazas se convierten en socio-naturales, debido a que pueden generar impactos negativos no previstos. En zonas de karst, además de la contaminación del acuífero, están las inundaciones por ascenso del nivel freático y los colapsos. La dinámica del acuífero varía a lo largo del año, dependiendo de las temporadas de lluvias, secas o nortes, pero principalmente a la presencia de eventos hidrometeorológicos como sequías, tormentas y huracanes; los impactos significativos se dan dependiendo de la frecuencia, intensidad y duración de tales eventos.

El proyecto DEXOA presenta una gran explotación del territorio: eliminó vegetación natural y suelos, dinamitó y dragó rocas, básicamente se observa toda una modificación sustantiva de los paisajes. Estas modificaciones fracturan el suelo y su remediación es nula, al ser un recurso no renovable junto con la pérdida de los recursos edáficos, es por ello que, aunque exista el compromiso de acciones que traten de sustituir las áreas afectadas, como

³⁷ Palacio G., 2013. Identificación y caracterización de Bajos Inundables. En: Peligros naturales en el estado de Campeche. Cuantificación y Protección civil. Posada G, B. Vega y R. Silva (Eds). Universidad Autónoma de Campeche, CENECAM-Gobierno del estado de Campeche, CENAPRED, pp 125-136.

³⁸ Palacio G., 2013. Identificación y caracterización de la subsidencia y/o colapso de terrenos kársticos. En: Peligros naturales en el estado de Campeche. Cuantificación y Protección civil. Posada G, B. Vega y R. Silva (Eds). Universidad Autónoma de Campeche, CENECAM-Gobierno del estado de Campeche, CENAPRED, pp 169-182.

³⁹ Ihl T., O. Frausto, J. Rojas, S. Giese, S. Goldacker, F. Bautista and G. Bocco. 2007. Identification of geodisasters in the state of Yucatan, Mexico. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 246 (3): 299-311.

⁴⁰ Sosa-Escalante, J. y J. Chablé-Santos. 2013. Conservación y manejo de los cenotes. Pp . 63-74. En: Ordenamiento Territorial del Estado de Yucatán: Visión 2030 (G. García-Gil y J. Sosa-Escalante, eds.). Universidad Autónoma de Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán. México. 288 p.

⁴¹ Hiscock K. M., 2005, Hydrogeology: Principles and Practice. School of Environmental Sciences University of East Anglia, United Kingdom. 403 p.

⁴² Pacheco J., Cabrera A., Steinich B., Frías J., Coronado V. y J. Vázquez. 2002. Efecto de la aplicación agrícola de la excreta porcina en la calidad del agua subterránea. Ingeniería 6-3: 7-17.

lo son la reforestación de flora en áreas cercanas a las obras, se sigue teniendo un alto impacto, aunado a la pérdida de fauna que se establecía en el sitio o la transitoria. Lo anterior hace referencia a la construcción de barreras físicas para el tránsito de la fauna.

CONCLUSIONES

Por lo que se ha señalado en los comentarios anteriores y se observa en las fotografías mostradas en la MIA-P del proyecto DEXOA, se abrieron numerosos caminos y túneles, y se modificaron cuevas y cenotes. Nada de eso representa un paisaje kárstico natural; si acaso quedan algunas reminiscencias de lo que puede ser natural. Desde los túneles de acceso hasta elementos artificiales y de ambientación, resulta un proceso de transformación total del paisaje, a la cual se le nombra como turistificación.⁴³ Este proceso dista mucho del nombre dado al parque: desarrollo “ecoturístico”, que tendría que mostrar un mayor respeto a los sistemas socioecológicos y al patrimonio biocultural de la región maya peninsular. El daño ha sido hecho, sólo queda a la autoridad ambiental recordar que la promovente ha incurrido a declarar información confusa o incompleta en la MIA-P, o incluso se han señalado omisiones importantes. Por tanto, SEMARNAT debe negar la autorización del proyecto o al menos imponer un régimen estricto para la operación del mismo por medio de condicionantes, y establecer mejores instrumentos legales para la protección del medio ambiente y el respeto a los derechos de los pueblos indígenas que preservan muchas de estas regiones bioculturales.

⁴³ Jouault, S. 2021. La Privatización de los Cenotes en el Traspais Yucateco de Cancún-Riviera Maya. UNAM, Instituto de Geografía. núm (104).

INSTRUMENTOS JURÍDICOS CONSULTADOS

LFPA. 2018. Ley Federal de Procedimiento Administrativo. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en línea:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/112_180518.pdf

LGEEPA. 2018. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en línea:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf

RLGEEPA. 2014. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en línea:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA_311014.pdf

SEMARNAT. 2008. MIA -Regional. Disponible en línea:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121011/Guia_MIA-Regional.pdf

OIT. 1989. Convenio Núm. 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales. Una edición de 25 aniversario (2014) está disponible en línea:

https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_345065.pdf