



Foto: Erica Poot Paredes

AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación
del Anillo de Cenotes en la

Península de Yucatán (México)

Autores:

Rodrigo Llanes Salazar

Katia Rejón Márquez

El revisor del presente informe fue Ángel Polanco Rodríguez.

Octubre 2022

AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación
del Anillo de Cenotes en la

Península de Yucatán (México)

Autores:

Rodrigo Llanes Salazar
Katia Rejón Márquez

El revisor del presente informe fue
Ángel Polanco Rodríguez.



Índice

Yo soy cenote. Introducción	3
1. El Anillo de Cenotes	8
1.1 Sobre el Anillo de cenotes	9
1.2 Biodiversidad	15
1.3 Cultura maya, ¿una forma de guardianía cultural?	16
1.4 Belleza	23
1.5 Vulnerabilidad	25
2. La grave contaminación del Anillo de Cenotes	27
2.1 Protección insuficiente	27
2.2 Ausencia de infraestructura	32
2.3 Amenazas	33
2.3.1 Agrotóxicos	37
2.3.2 Granjas	46
2.3.3 Otras amenazas	55
2.3.4 Contaminación fecal	56
2.3.5 Extracción del agua	57
2.4 La contaminación sí es visible: efectos en la salud	61
3. Conclusiones y agenda para la defensa de los cenotes	65
3.1 Conclusiones	65
3.2 Hacia una agenda para la defensa de los Cenotes	66
1) Al congreso de la unión	67
2) Al presidente de la República	67
3) A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, y la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios	69
4) A la SEMARNAT y la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Yucatán	70
5) Al Gobierno del Estado de Yucatán y al Gobierno Federal de México	71
6) A la Secretaría de Salud de Yucatán	71
7) A la ciudadanía	72



Introducción

Yo soy cenote

Yo soy cenote

Soy luz y oscuridad

Mis aguas se adornan con cortinas de rayos de luz

Y se transforman en magia

Yo soy cenote

Soy flores que se convierten en jardines

Soy una montaña subacuática

O un bosque

Soy en donde se encuentra el río con el mar

La naturaleza me ha permitido soñar

El principio y el fin

Yo soy cenote

Soy movimiento y quietud

Soy raíces y árboles

Mis aguas alimentan el suelo árido sobre mí

Soy necesario

Yo soy cenote

Soy la fuente de vida para la selva sobre mí

Te causaré asombro y daré inspiración



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Estas palabras son pronunciadas por una voz en *off* mientras vemos a la joven apneísta Camila Jaber bucear y bailar en cinco cenotes de Yucatán, vestida con un hipil bordado que le regaló su abuela y acompañada con la música del compositor español Iván Rodríguez Expósito, en la producción audiovisual “Yo soy cenote”, de dos minutos y 16 segundos de duración. En las imágenes apreciamos los rayos de luz que iluminan las aguas subterráneas, las flores rosas y jardines verdes. Desde abajo, vislumbramos la luz de la superficie.

Sin embargo, al minuto y 43 segundos del video, las imágenes paradisiacas cambian de tono. El agua verde y cristalina se torna turbia y café, y observamos una cinta amarilla de “Precaución”. La música igual se vuelve mucho más dramática.

Yo soy cenote

Estoy contaminado

Aguas residuales se filtran por el suelo hasta llegar a mí

Fertilizantes y químicos son mi mayor amenaza

Necesito tu ayuda tanto como tú necesitas de mí

Necesito tu ayuda

4

Ilustración 1. Imágenes extraídas del material audiovisual “Yo soy Cenote”.





Introducimos el presente informe con “Yo soy cenote” por tres razones. La primera es que, en pocos segundos, transmite la belleza y la importancia ecológica de los cenotes, tanto como principal fuente de agua dulce en la región, así como por ser ecosistemas por sí mismos que albergan una diversidad de flora, fauna y microorganismos necesarios para el equilibrio de la vida. Del mismo modo, comunica la fragilidad y vulnerabilidad de los cenotes a la contaminación por aguas residuales, fertilizantes y químicos. Como escribió la periodista Helena Poncini para el periódico español *El País*, “Yo soy cenote” “describe durante poco más de dos minutos la belleza y fragilidad de varios de los miles de cenotes de la península de Yucatán”⁴. Y, de manera importante, porque realiza un llamado de ayuda. Es necesario actuar.

La segunda razón es que “Yo soy cenote” fue galardonado con el premio #CreateCOP26, un certamen creado por la agencia creativa Art Partner, con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en el marco de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, con el objetivo de reconocer a jóvenes creativos comprometidos en la lucha en contra del cambio climático. La premiación de “Yo soy cenote” nos indica que, por lo menos en ciertos ámbitos internacionales, hay un reconocimiento de la problemática de contaminación de estos cuerpos de agua. Como veremos en el presente informe, diversos medios de comunicación internacionales también se han interesado en este problema.

El tercer motivo por el cual iniciamos con “Yo soy cenote” es que se trata de una forma creativa de defensa de los cenotes. De acuerdo con Jaber, “el arte se presenta como una manera de cuestionarnos cómo vivimos en el mundo”. Esta joven apneísta ha sido reconocida porque, “sin tanque de oxígeno ni aletas”, se sumerge en los cenotes de la península hasta una profundidad de 58 metros, logrando un récord nacional⁵. Jaber explica que

en los cenotes no hay corrientes* y oleajes, son los lugares perfectos para aprender y yo tuve la fortuna de aprender de ellos. Yo creo que mi progreso fue tan bueno porque los cenotes son salones de clase perfectos para este deporte.⁶

No obstante, señala que

Ha sido impactante ver el deterioro que han tenido estos cuerpos de agua en mi tiempo de vida, en el tiempo que llevo practicando apnea. El problema ha ido aumentando de manera exponencial y se ha

* En realidad, como observa el doctor Ángel Polanco Rodríguez, existen corrientes subterráneas conectadas a los cenotes sobre todo en tiempo de lluvias, arrastrando todo tipo de contaminantes que finalmente desembocan en el mar (comunicación personal).

4 Poncini, H. (2021, 25 de octubre). La mexicana Camila Jaber gana el premio #CreateCOP26 con su evocación de la belleza y fragilidad de los cenotes. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/gente/2021-10-26/belleza-y-fragilidad-bajo-el-agua-de-un-cenote-la-mexicana-camila-jaber-gana-el-premio-createcop26-de-art-partner-y-la-unesco.html>

5 De Miguel, T. (2022, 27 de abril). Camila Jaber, la apneísta mexicana que lucha por salvar a los cenotes: ‘Es impactante el deterioro que han tenido. En algunos ya es un riesgo nadar’. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/mexico/2022-04-28/camila-jaber-la-apneista-mexicana-que-lucha-por-salvar-a-los-cenotes-es-impactante-el-deterioro-que-han-tenido-en-algunos-ya-es-un-riesgo-nadar.html>

6 De Miguel, T. (2022, 27 de abril). Camila Jaber, la apneísta mexicana que lucha por salvar a los cenotes: ‘Es impactante el deterioro que han tenido. En algunos ya es un riesgo nadar’. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/mexico/2022-04-28/camila-jaber-la-apneista-mexicana-que-lucha-por-salvar-a-los-cenotes-es-impactante-el-deterioro-que-han-tenido-en-algunos-ya-es-un-riesgo-nadar.html>



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

vuelto crucial en los últimos años. Al nivel que hay cenotes donde ahora es un riesgo nadar, puede salir con infecciones de oído por los altos niveles de contaminantes que hay en el agua (...). En un cenote que está muerto lo que pasa es que el agua se estanca. Se cubren de una capa de materia descompuesta, hay medusas. Las especies ya no son las que viven en flujos de agua sanos sino que hay especies parásito que sobreviven en condiciones más extremas. El agua se ve café, ya no es cristalina⁷.

El agua ya no es cristalina, se ve café, debido a que hay un exceso de materia orgánica y proliferan virus y bacterias. De la experiencia del buceo en los cenotes surgió una forma creativa de defensa de estos cuerpos de agua, pero, como veremos en este informe, no es la única forma innovadora de luchar para proteger los cenotes. Frente a la insuficiente protección ambiental por parte del Estado, integrantes de comunidades mayas y organizaciones de la sociedad civil han emprendido originales caminos de defensa, como la demanda por reconocer a los cenotes como titulares de derechos.

Los cenotes (o, como explicaremos más adelante, dolinas) son una de las formas geológicas que integran el sistema kárstico pedregoso de fácil recepción y comunicación de contaminantes que caracterizan la península de Yucatán, junto con las cuevas, grutas, rejolladas, aguadas y estuarios. Estos cuerpos de agua se encuentran amenazados por diversas fuentes de contaminación relacionadas con desarrollos urbanos, industriales y turísticos, agrícolas y ganaderos, amén de numerosos desechos tóxicos. Este informe se centrará particularmente en la grave situación de contaminación en la que se encuentra la zona conocida como “Anillo de Cenotes” en el estado de Yucatán, México. Para ello, el documento está dividido en tres partes. En la primera se presenta una breve descripción del Anillo de Cenotes y se aborda su importancia ecológica y cultural, así como su extrema vulnerabilidad a la contaminación. En la segunda parte se exponen las principales fuentes de contaminación documentadas por los estudios científicos. Particularmente, se describen algunas de las deficiencias en la legislación para proteger esta zona, la ausencia de infraestructura para tratar las aguas residuales, así como la contaminación por plaguicidas, metales pesados, nitratos, desechos de granjas, entre otras fuentes de contaminación. Se puede apreciar que el problema de contaminación del Anillo de Cenotes no se explica únicamente por las conductas individuales (como tirar basura en los cenotes), sino que tiene su principal causa en la forma en que se ha organizado la economía del estado a partir de la crisis de la industria del henequén. Las principales actividades económicas impulsadas por el estado no resultan aptas para una zona extremadamente vulnerable a la contaminación como el Anillo de Cenotes. Finalmente, en las conclusiones se presentan los principales hallazgos del informe y se exponen algunas recomendaciones basadas en las experiencias de trabajo de organizaciones y personas que se han dedicado a la defensa del agua en Yucatán. Una idea compartida por especialistas y habitantes de las comunidades que conforman el Anillo de Cenotes es que la contaminación del agua subterránea “no se ve”, a diferencia de los espectaculares derrames de tóxicos en ríos, lagos y mares. No obstante, uno no tiene que sumergirse como Camila Jaber para apreciar aguas turbias. La contaminación de los cenotes se manifiesta en enfermedades muy comunes en Yucatán, como las gastrointestinales en niñas y niños (cuya prevalencia se encuentra por arriba de la media nacional), en el cáncer de mama y cervicouterino, así como en el retraso cognitivo en niños. Estos padecimientos nos recuerdan que los cuerpos humanos y los cuerpos de agua están interconectados.

6

7 De Miguel, T. (2022, 27 de abril). Camila Jaber, la apneísta mexicana que lucha por salvar a los cenotes: ‘Es impactante el deterioro que han tenido. En algunos ya es un riesgo nadar’. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/mexico/2022-04-28/camila-jaber-la-apneista-mexicana-que-lucha-por-salvar-a-los-cenotes-es-impactante-el-deterioro-que-han-tenido-en-algunos-ya-es-un-riesgo-nadar.html>



Es pertinente aclarar que, aunque este informe hace referencia al problema de la contaminación de los cenotes como un asunto de derechos humanos (y de derechos de la naturaleza), el trabajo no se centra en la dimensión jurídica de la problemática. Esto obedece a que la Fundación para el Debido Proceso ha publicado recientemente dos informes que cubren este asunto: *Contaminación del acuífero maya. Responsabilidad gubernamental y empresarial* y *Los cenotes de la península de Yucatán como sujetos de derechos*. Ambos fueron elaborados por abogadas y abogados especialistas en derechos humanos y con experiencia en el litigio para la defensa del derecho a un medio ambiente sano. Estos informes fueron publicados en 2021 y 2022, respectivamente, y se encuentran citados en diversos pasajes de este informe.

Este trabajo fue elaborado a partir de la revisión de estudios sobre los cenotes y sobre la contaminación de estos cuerpos de agua en el Anillo de Cenotes, aunque también se consultaron trabajos similares para otras regiones de la península de Yucatán. Particularmente, fueron consultados estudios en los campos de la biología, la ecología, la geología y geohidrología, la química, la antropología social, la arqueología, la historia, el derecho, entre otros ámbitos disciplinarios. Uno de los principales retos para abordar la problemática es, justamente, poner en diálogo los distintos saberes sobre la contaminación de los cenotes para explicar el tema de la manera más integral posible. Desde los campos de la antropología social y el periodismo, intentamos dar un paso en esta dirección.

Además de la consulta de estudios científicos sobre el tema, se hizo una revisión hemerográfica, se realizaron 43 entrevistas a integrantes de comunidades que pertenecen a la región del Anillo de Cenotes (Hómún, Celestún, Tecoh y Celestún), de organizaciones de la sociedad civil que se han dedicado a la defensa del agua en Yucatán, así como a especialistas en el tema. Del mismo modo, se presentaron solicitudes de acceso a la información pública sobre datos relacionados con la contaminación del Anillo de Cenotes. En la realización de las entrevistas y recolección de información participaron estudiantes de la Licenciatura en Desarrollo y Gestión Interculturales de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Mérida y el Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México: Citlalli Canul Collí, Andrea Nicté Ha Canul Collí, Patricia Saraí Dzul Canul y Arely Vargas Hernández. Esperamos que este documento contribuya a la concientización de la grave situación a la que se enfrenta el Anillo de Cenotes debido a la contaminación del agua subterránea y, sobre todo, que motive a sus lectoras y lectores a la acción.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

1.

El Anillo de Cenotes

“**L**os cenotes son pozos profundos naturales”, escribió F.G. Hall, uno de los investigadores que participó en uno de los primeros estudios zoológicos e hidrográficos sobre estos cuerpos de agua, encargado por la Institución Carnegie de Washington en la década de 1930.

Son quizá los fenómenos naturales más interesantes de Yucatán —continúa Hall—. Sin ellos el pueblo maya se habría quedado sin agua suficiente, pues no hay ríos ni lagos de importancia en Yucatán. Los pozos profundos fueron llamados *Tzonot* por los mayas y de esa palabra derivó *cenote* o *senote* en español⁸.

Una definición más técnica y reciente de los cenotes nos la brindan Neftaly Gijón-Yescas y sus colegas en el estudio “Anatomía de un cenote con el uso de dron”: “los cenotes son geoformas resultado de la disolución y colapso de las rocas solubles como la caliza, proceso conocido como karstificación en el ámbito de las geociencias”⁹.

El *karst* es “un tipo especial de paisaje desarrollado en áreas dominadas por rocas relativamente solubles”, tales como las calizas y las evaporitas. Este término se refiere originalmente a El Carso o la meseta del Kras, una región transfronteriza de caliza entre Eslovenia, Italia y Austria, en donde el geógrafo, etnólogo e historiador serbio Jovan Cvijić “describió este tipo de paisaje por primera vez a finales del siglo XIX”¹⁰. Como explica el filólogo mayista Alfredo Barrera Vásquez, “el tipo nuestro de suelo es semejante al de Karst, Austria, donde las hoyas son llamadas *poldjes*; en Holanda también hay algo semejante a nuestros cenotes, el *dolin*”¹¹. Por esta razón, los cenotes también son llamados comúnmente dolinas de colapso o dolinas con

8

8 Hall, F.G. (1936). Physical and Chemical Survey of Cenotes of Yucatan. En Pearse, A.S., Creaser, E.P. & Hall, F.G. *The Cenotes of Yucatan. A Zoological and Hydrographic Survey*. Washington: Carnegie Institution of Washington. Existe traducción al español: Hall, F.G. (1977). Cenotes y Aguadas. *Enciclopedia Yucatanense. Vol. 1*, 67–80, p. 67.

9 Estrada Medina, H. et al. (2019). El karst de Yucatán: su origen, morfología y biología. *Acta Universitaria* 29, e2292, 1-18, p. 2.

10 Estrada Medina, H. et al. (2019). El karst de Yucatán: su origen, morfología y biología. *Acta Universitaria* 29, e2292, 1-18, p. 2.

11 Barrera Vásquez, A. (2009). ¿Lo ignoraba usted? Vivimos sobre roca de cal recién salida del mar. En Barrera Vásquez, A. *¿Lo ignoraba usted?* (32). Mérida: Secretaría de Educación Pública/Instituto de Cultura de Yucatán.



agua¹². La doctora Yameli Aguilar, especialista del karst yucateco, describe esta región de la siguiente forma: Yucatán “es una enorme región calcárea, una gran plataforma continua, extensa, por la que tenemos gran cantidad de cenotes, aguadas y sistemas cavernosos”¹³.

Aunque podemos encontrar cenotes en prácticamente todo el territorio de Yucatán, hay dos regiones en las que estos cuerpos de agua se presentan con mayor densidad: al noreste del estado y en la región que, por su forma circular, ha sido conocida como el “cinturón de cenotes” o “Anillo de Cenotes”. Este informe trata sobre la grave situación de contaminación del acuífero subterráneo del Anillo de Cenotes.

1.1 Sobre el Anillo de Cenotes

El Anillo de Cenotes es un ecosistema único en el mundo. Ubicado en el estado de Yucatán, en la península del mismo nombre localizada entre el Golfo de México y el Caribe, alberga “el acuífero kárstico más importante existente” y se trata de “uno de los mayores ecosistemas subterráneos de agua dulce del mundo”¹⁴. Esta región ha provocado fascinación a quienes la conocen no solo por la belleza de los cenotes y su asociación con la cultura maya, sino también porque algunos estudios atribuyen la formación del Anillo de Cenotes al meteorito que impactó en Chicxulub hace más de 65 millones de años, aunque algunos estudios ponen en duda la relación entre ambos fenómenos¹⁵. En cualquier caso, el Anillo de Cenotes consiste en un sistema de fallas de forma semicircular de 180 kilómetros de diámetro ubicado entre la tierra y el mar conformado por cenotes, cuevas, rejolladas y aguadas¹⁶.

Como gran parte del territorio de Yucatán, el Anillo de Cenotes es un territorio kárstico, conformado por un suelo calizo altamente poroso y permeable, lo que imposibilita la formación de ríos, lagos y otros cuerpos de agua superficiales y, en cambio, propicia la constitución de cenotes y ríos subterráneos. Así, hay que ser cuidadoso con la común afirmación de que en Yucatán “no hay lagos ni ríos”. Como observan Gijón-Yescas y sus colegas,

9

12 Las dolinas “se forman por la disolución de la roca debido a la infiltración del agua de lluvia y el enriquecimiento de CO₂ en contacto con la vegetación”. Los cenotes son “dolinas cuyo techo se ha colapsado, se conocen en la literatura como dolinas de colapso o sinkhole”. Urrutia Gucugauchi, J. et al. (2021). La génesis de los cenotes: entre lo terrestre y lo extraterrestre. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España, p. 58.

13 Entrevista a la doctora Yameli Aguilar.

14 Durán Valsero, J.J. & Robledo Ardila, P.A. (2021). Yucatán: unas reflexiones sobre los cenotes, la Geología y la investigación científica. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España, p. 14.

15 Durán Valsero, J.J. & Robledo Ardila, P.A. (2021). Yucatán: unas reflexiones sobre los cenotes, la Geología y la investigación científica. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España; Urrutia Gucugauchi, J. et al. (2021). La génesis de los cenotes: entre lo terrestre y lo extraterrestre. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España, p. 37.

16 Aguilar-Duarte, Y. et al. (2016). Ivaky: índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(3), 913-933, p. 917.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

10



Ilustración 2. Anillo de Cenotes. Fuente: <https://sites.northwestern.edu/monroyrios/entradas-en-espanol/anillo-de-cenotes/>



Ilustración 3. Cenote Bolonchojool. Fuente: <https://www.playas.com.mx/articulo/mexico/16201/el-cenote-bolonchojool-en-yucat%C3%A1n>

AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)



En Yucatán han existido diversos mitos en relación a su geografía [entre ellos el que sostiene que] ‘no hay lagos ni ríos’, haciendo alusión que es una región que carece de ríos caudalosos o grandes lagos; sin embargo, los cenotes y las aguadas son los nombres locales para designar a una variedad de cuerpos de agua -muchos de ellos superficiales- que están contenidas en depresiones de diferentes dimensiones¹⁷.

Según diversas estimaciones, en Yucatán hay por lo menos alrededor de 7,000 cenotes. Otros cálculos estiman más de 10,000. Hasta ahora, el número preciso y su distribución no son del todo conocidos¹⁸. Para el caso del Anillo de Cenotes, se considera que está conformado por unos 1,200 cenotes¹⁹. Algunos de los cenotes más grandes conocidos en Yucatán, como el de Chikuil (en Homún), Kuxbi, Calotha y Nicanchi (en Chocholá) y X'tojil (en Cuzamá), se encuentran en esta zona²⁰. Asimismo, el cenote Bolonchojool (ubicado en Cuzamá), “cerrado y de difícil acceso”, cuya bóveda está iluminada por los rayos del sol, que provocan “que sus aguas se tornen de múltiples colores”, es considerado como “uno de los cenotes más hermosos en Yucatán”²¹.

El acuífero subterráneo del Anillo de Cenotes es de vital importancia para la región, ya que es la única fuente de agua dulce de la zona. El agua dulce subterránea se presenta como una especie de plato o lente ubicado por encima de una masa de agua salina²². Como sostienen los estudios, los riesgos de contaminación de este acuífero no provienen únicamente de la superficie, sino también por debajo del mismo, debido a la intrusión de agua salina cuando ocurre un desequilibrio de grandes volúmenes de extracción de agua por industrias agropecuarias, tales como las granjas porcinas. Gracias a esta composición,

la península de Yucatán representa la reserva hidrológica de aguas más importante, no sólo del país, sino también a nivel internacional, ya que alberga cuatro acuíferos con una recarga media de 25,316 hm³, es decir, más del 32% de la recarga media de toda la república²³.

Particularmente, el Anillo de Cenotes suministra casi la mitad (el 42%) del volumen de agua en Yucatán, la cual es empleada por más de 1,300,000 habitantes que representan el 69% de la población de la entidad²⁴.

- 17 Gijón-Yescas, N. et al. (2021). Anatomía de un cenote con el uso de dron. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(30), p. 8.
- 18 Beddows, P. et al. (2007). Los cenotes de la península de Yucatán. *Arqueología Mexicana*, 14(83), 32-35.
- 19 Casillas, K. (2021, 27 de abril). Seis niños contra 49.000 cerdos. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/mexico/2021-04-27/seis-ninos-contra-49000-cerdos.html>
- 20 Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Conociendo Yucatán*. Sexta edición.
- 21 García de Fuentes, A. et al. (2015). Turismo alternativo en el medio rural, la disputa por la tenencia de la tierra y el acceso a los recursos naturales en la Península de Yucatán. En Marín Guardado, G. (Coord), *Sin tierras no hay paraíso. Turismo, organizaciones agrarias y apropiación territorial en México* (215-250). Tenerife: PASOS, p. 222.
- 22 Lamas Cosío, E. et al. (2021). La península de Yucatán, una región entre dos mundos: superficial y subterráneo. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España.
- 23 Batllori Sampedro, E. (2017). Reserva geohidrológica del Anillo de los cenotes. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (229-238). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 233.
- 24 Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*, lunes 28 de octubre de 2013.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Un dato importante que debemos tener presente es que el agua de los cenotes y pozos (los cuales, como veremos más adelante, se encuentran contaminados) son la principal fuente para beber de alrededor del 30% de la población rural de la península de Yucatán²⁵.

Es común que los estudios que describen una determinada región presenten datos como altitud, latitud, precipitación pluvial, entre otros, para entender la zona. Muchas veces, estos datos no significan mucho para el lector no especializado. No obstante, es muy importante mencionar que la temporada de lluvias en Yucatán abarca de mayo a octubre, con las lluvias más intensas entre junio y septiembre. La lluvia contribuye a filtrar los contaminantes en el acuífero. Asimismo, la temporada de lluvias y de secas es un dato fundamental para conocer la presencia o no de determinadas sustancias tóxicas en los cuerpos de agua. Para el caso del Anillo de Cenotes, la temperatura promedio anual es de 24 a 28 grados centígrados y la precipitación total anual de 400 a 1,100 mm²⁶. Como explica el especialista en suelos kársticos Francisco Bautista, los suelos predominantes en Yucatán corresponden al grupo Leptosol, los cuales tienen una capa de muy escaso espesor o sobre roca fragmentada. Si consideramos que los suelos son una de las capas protectoras del acuífero, entonces encontramos que los suelos poco espesos y de roca fragmentada del Anillo de Cenotes ofrecen poca protección al agua subterránea²⁷. De este modo, la lluvia se filtra fácilmente en el suelo y recarga el acuífero.

Como veremos más adelante, en 2013, el Gobierno del Estado de Yucatán expidió el Decreto número 117 que “establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes”. Este documento describe el Anillo de Cenotes en tres zonas: una de recarga, ubicada hacia el centro del estado de Yucatán, en donde el agua de lluvia se filtra en el subsuelo; dos zonas de descarga, localizadas ambas en la costa —Celestún en el noroeste y Dzilam de Bravo por el noreste—, en donde el agua fluye hacia el mar; así como una zona de tránsito²⁸. Las aguas cálcico-carbonatadas, las más adecuadas para el consumo humano, se encuentran “a lo largo y ancho de la zona geohidrológica” del Anillo de Cenotes. Las aguas menos idóneas para el consumo urbano se ubican cerca de la costa (aguas sódico-cloruradas) y en el occidente (cálcico-sulfatadas) de la región²⁹. Debido a la casi absoluta ausencia de ríos, lagos y otros cuerpos de agua superficiales, históricamente, el abasto de agua ha constituido “el mayor problema para

-
- 25 Polanco-Rodríguez, A. & Araujo León, A. (2021). Contaminación del agua en el anillo de Cenotes: escenario sociocultural, ambiental y político. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo* (259-273). México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España. Véanse también los trabajos: Polanco Rodríguez, A. et al. (2022). Organochlorine pesticides in the drinking water of Merida and its Metropolitan Zone, a Karst Region. *Urban Water Journal*, 19(1), 40-50; Polanco Rodríguez, A. et al. (2015). Risk perception and chronic exposure to organochlorine pesticides in Maya communities of Mexico. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(7), 1960-1979.
- 26 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Anillo de Cenotes*. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_102.html
- 27 Bautista, F. et al. (2015). Actualización del mapa de suelos del Estado de Yucatán México: enfoque geomorfopedológico y WRB. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(6).
- 28 Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*, lunes 28 de octubre de 2013.
- 29 Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*, lunes 28 de octubre de 2013, p. 7.



la población de la península de Yucatán³⁰. Por esta razón, el acuífero del Anillo de Cenotes es de gran relevancia para el estado, ya que

las aguas que se extienden en el área geohidrológica del anillo de cenotes son las más adecuadas para el consumo humano, a diferencia de las más cercanas a la costa, o las que están al occidente del anillo, las cuales dada su concentración de sales no son las más idóneas para el consumo³¹.

La descripción de las zonas de recarga, tránsito y descargas del Anillo de Cenotes expuestas en el Decreto suele retomarse comúnmente para caracterizar esta región. Si bien son útiles en materia de políticas de gestión del acuífero, la Dra. Aguilar nos recuerda que debemos de entender la región de una manera dinámica. En sus palabras:

La zonificación que aparece en el Decreto está tomada de la costa, tierra adentro, y el semicírculo, donde está el anillo. El centro está catalogado como la principal zona de recarga, pero en realidad todo Yucatán es una zona de recarga, aunque en mayor o menor grado. [La de recarga] efectivamente es la zona central, porque ahí hay muchos cenotes y están muy pegaditos. Es como un colador. Luego sigue

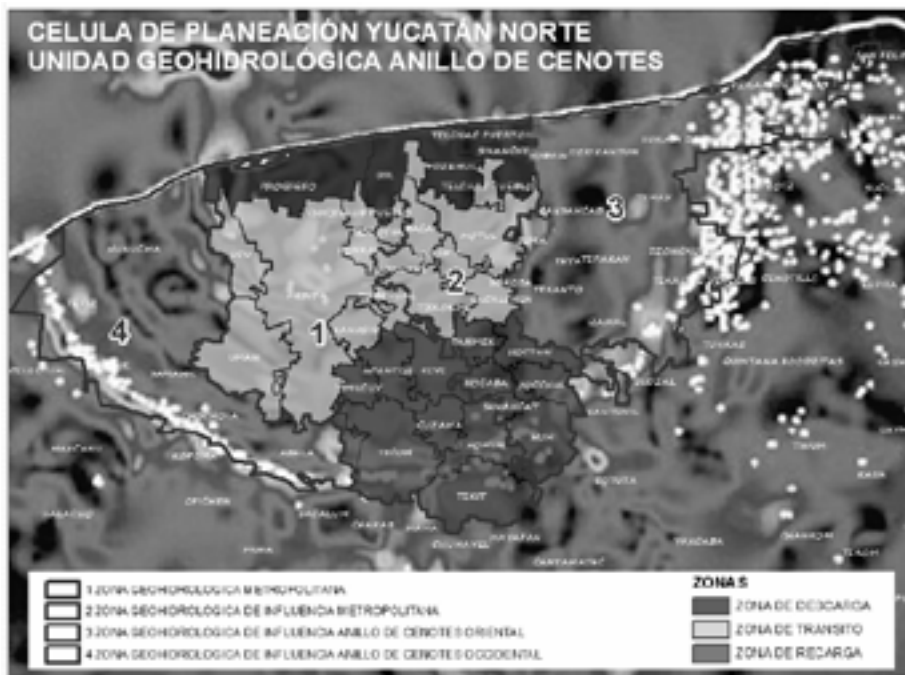


Ilustración 4. Zonas del Anillo de Cenotes. Fuente: Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117 que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes.

30 Antochiw, M. (2017). Cenotes y grutas de Yucatán. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (21-61). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 22.

31 Batllori Sampedro, E. (2017). Reserva geohidrológica del Anillo de los cenotes. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (229-238). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 233.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

la zona de tránsito, yendo para la costa. Después está la zona costera, sobre todo las bocas de Dzilam y Celestún. Allí hay un mayor número de ojos de agua y también son las principales zonas de descarga por donde viaja el agua.

Aunque exista esta zonificación, no significa que [el Anillo de Cenotes] se comporte así todo el tiempo. La zona de recarga sí, pero la zona de tránsito puede ir hacia el norte, también puede ir hacia los lados, o puede ir como algo radial. Esto es algo que no se ha estudiado a detalle. El karst es tan complejo y además su comportamiento depende de las temporadas de sequía y de lluvias, de las temporadas de huracanes. No se puede esperar que todo el tiempo sea igual. En 2020, con las tormentas, los cenotes rebosaron. Entonces todo fue zona de recarga hacia el acuífero, el acuífero se saturó.

La teoría de recarga, tránsito y descarga es acertada para los flujos racionales, pero la naturaleza es dinámica. No se puede esperar que todo el tiempo se comporte igual porque interactúa con los fenómenos meteorológicos. Además, el factor antrópico modifica los planes futuros, con la deforestación, el crecimiento de las ciudades (...) se interrumpen los flujos. Entonces los flujos naturales ya no son tan naturales³².

Del mismo modo, si bien hace casi diez años, cuando fue expedido el Decreto, las aguas del área geohidrológica del Anillo de Cenotes eran las más adecuadas para el consumo humano, existe evidencia en la última década de que dichas aguas no cuentan con la calidad necesaria para consumo humano.

Por otra parte, lejos de ser homogéneos, los cenotes pueden ser clasificados desde diferentes puntos de vista. En la década de 1930, en el marco de la investigación realizada por la Institución Carnegie de Washington en Yucatán, F.G. Hall propuso la primera clasificación científica de cenotes:

(A) El tipo en forma de cántaro con pequeña abertura y una circunferencia que se expande gradualmente más cerca del nivel del agua y por debajo. (B) El tipo abierto con paredes verticales casi rectas. (C) El llamado “cenote viejo” con lados que retroceden sobre el nivel del agua. Muchos de este tipo están secos o contienen un poco de agua en la temporada de lluvias. (D). El tipo cueva con una entrada a un lado³³.

Desde entonces, las y los especialistas en el tema han propuesto tipologías más complejas. A partir de un criterio geológico, pueden considerarse cenotes jóvenes y maduros. Desde un criterio morfológico, pueden clasificarse en abiertos, semi abiertos, cerrados y cavernas o grutas³⁴. Muchos pobladores mayas se refieren a los cenotes cerrados y semi abiertos como *áaktun* (tortuga de piedra); a los que contienen agua, le llaman *áaktun ch'é'en*. Los mayas llaman a los cenotes secos *tikin ts'ono'ot* o *sooj ch'é'en* (pozo seco). A los cenotes maduros, aquellos con mucha agua, los mayas le reservan el nombre *k'amtun ch'é'en*. Asimismo, los cenotes que estaban dedicados a la recolección de agua virgen para las ceremonias agrícolas son conocidos como *sujuy ts'ono'ot* o *sujuy ch'é'en*³⁵. Los cenotes varían tanto que Désiré Charnay, uno de los viajeros del siglo XIX que más atención prestó a estos cuerpos de agua, escribió que hay cenotes de una

32 Entrevista a la doctora Yameli Aguilar.

33 Hall, F.G. (1936). Physical and Chemical Survey of Cenotes of Yucatan. En Pearse, A.S., Creaser, E.P. & Hall, F.G. *The Cenotes of Yucatan. A Zoological and Hydrographic Survey*. Washington: Carnegie Institution of Washington. Existe traducción al español: Hall, F.G. (1977). Cenotes y Aguadas. *Enciclopedia Yucatanense*. Vol. 1, 67–80, p. 6.

34 Beddows, P. et al. (2007). Los cenotes de la península de Yucatán. *Arqueología Mexicana*, 14(83), 32-35.

35 Torres Mazuera, G. & Torres Wong, M. Dictamen pericial en materia antropológica para el amparo indirecto 1389/2017-IV-A.



“tristeza dramática” (como el de los Sacrificios de Chichén Itzá), así como “alegre(s), joven(es), encantador(es), rodeado(s) por una vegetación magnífica”, como el de Uaymá³⁶.

1.2 Biodiversidad

En su columna “¿Lo ignoraba usted?”, publicada en el periódico *Diario del Sureste* el 5 de julio de 1942, Alfredo Barrera Vásquez escribió con fascinación: “En las entrañas cavernosas de Yucatán viven seres ciegos”. En su texto, el filólogo yucateco describe que, en 1936, el doctor A.S. Pearse de la Universidad de Duke, trabajando para la Institución Carnegie de Washington, “halló dos géneros nuevos de peces ciegos, los primeros que se hallaban en Centroamérica, viviendo en los cenotes. El primero descubierto fue un pequeño Brotúlido, el 8 de junio”, “el segundo fue un Simbránquido, encontrado el 7 de julio”³⁷. Estas son algunas de las asombrosas especies que habitan los cenotes del Anillo, pero no son las únicas.

Como ha subrayado la abogada Samantha Colli, cada cenote representa un ecosistema en sí mismo³⁸. Los cenotes son los hogares de especies únicas y en peligro de extinción. En los de tierra adentro es común encontrar diversas especies de árboles ficus, conocidos localmente como álamos, de modo que la presencia de uno de estos árboles suele ser tomada como indicador de la existencia de un cenote. Estos cuerpos de agua albergan más de 200 especies de aves migratorias y residentes, aves canoras y de ornatos. En los cenotes hay especies que han evolucionado en condiciones de aislamiento como las descritas por Barrera Vásquez: el pez ciego (*Oglibia pearsei*), la anguila ciega yucateca (*Ophisternon infernale*) y el moli de vela o abanderado (*Poecilia velífera*), los cuales se encuentran en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y en la NOM059-SEMARNAT-2001 en categoría de amenazados o en peligro de extinción³⁹. Otras especies endémicas son la tortuga *T.v. iversoni*⁴⁰. De acuerdo con Alfredo Gallardo, Maribel Badillo y Xavier Chiappa, “los peces de los cenotes del interior están amenazados, tanto por la contaminación del acuífero, como por la falta de planes de manejo que conducen a la extracción excesiva de agua”⁴¹.

Además, los cenotes prestan un vasto conjunto de servicios ambientales, como la captura de carbono, y son sitios para la crianza y reproducción de especies. Por estas razones, en febrero de 2007, el Anillo de

-
- 36 Antochiw, M. (2017). Cenotes y grutas de Yucatán. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (21-61). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 48.
- 37 Barrera Vásquez, A. (2009). ¿Lo ignoraba usted? En las entrañas cavernosas de Yucatán viven seres ciegos. En Barrera Vásquez, A. (49) *¿Lo ignoraba usted?* Mérida: Secretaría de Educación Pública/Instituto de Cultura de Yucatán.
- 38 Colli Sulú, S. (2021). *Los cenotes de la península de Yucatán como sujetos de derechos*. Washington: Fundación para el Debido Proceso, p. 7.
- 39 Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*, lunes 28 de octubre de 2013, p. 11.
- 40 Schmitter-Soto, J.J. (2021). Los cenotes como fuente de vida en la península de Yucatán: flora y fauna. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España.
- 41 Gallardo-Torres, A., Badillo-Alemán, M. & Chiappa-Carrara, X. (2021). Peces de los cenotes de Yucatán. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España, p. 222.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Cenotes fue incluido en la lista de Humedales de Importancia Internacional de acuerdo con la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas o Convención de Ramsar. La misión de esta Convención es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales” y para ello proponen el “uso racional de todos los humedales”, ya que estos almacenan el agua y garantizan su calidad, protegen contra las crecidas y los impactos de las tormentas, proporcionan alimentos y ofrecen hábitats diversos que apoyan la biodiversidad genética, de especies y de ecosistemas. En un contexto de emergencia climática en el que, para Yucatán, se pronostica el aumento de temperaturas, tormentas y huracanes cada vez más severos, la conservación de zonas como el Anillo de Cenotes es un asunto vital de seguridad.

1.3 Cultura maya: ¿una forma de guardianía cultural?

Otro aspecto que hace único al Anillo de Cenotes es la presencia de la cultura maya en la región. Actualmente, esta zona está conformada por 53 municipios con una población de más de 1,300,000 habitantes. De entre los 32 municipios con mayor porcentaje de lengua indígena en Yucatán, dos se encuentran en el Anillo de Cenotes: Timucuy, en donde más del 80 por ciento de la población habla una lengua indígena, y Tepakán, donde lo hace más del 62 por ciento de los habitantes⁴², aunque en todos los municipios de Yucatán se habla la lengua maya en mayor o menor grado.

Como única fuente de agua dulce para la población local, los cenotes han sido de gran importancia para las comunidades mayas locales a lo largo de su historia. Las descripciones más conocidas de Yucatán, como las realizadas por fray Diego de Landa en *La relación de las cosas de Yucatán* en el siglo XVI, o por el viajero estadounidense John L. Stephens en *Viaje a Yucatán* en el siglo XIX, documentan el uso que las comunidades mayas dieron a los cenotes en la época colonial. Landa nos ofrece la siguiente descripción de los cenotes

La naturaleza obró en esta tierra tan diferentemente en lo de los ríos y fuentes, que los ríos y las fuentes que en todo el mundo corren sobre la tierra, en ésta van y corren todos por sus meatos secretos por debajo de ella. Lo cual nos ha enseñado que casi toda la costa está llena de fuentes de agua dulce que nacen dentro en la mar y se puede de ellas, en muchas partes, coger agua (como me ha acaecido a mí) cuando de la menguante de el agua queda la orilla algo seca. En la tierra proveyó Dios de unas quebradas que los indios llaman zenotes, que llegan de peña tajada hasta el agua, en algunos de los cuales hay muy furiosas corrientes y acaece llevarse el ganado que cae en ellos y todas estas (corrientes) salen a la mar de que se hacen las fuentes dichas⁴³.

Landa describe que los indios bebían agua de los cenotes y, los que no, “hacían pozos; y como les había faltado herramienta para labrarlos, eran muy ruines”. Landa afirma que, además de llevarles la fe católica, también le han dado a los indios “industrias para hacer buenos pozos” y “lindas norias con estanques de donde, como en fuentes, toman el agua”⁴⁴.

Por su parte, en su libro *Viaje a Yucatán 1941-1942*, que provocó una gran fascinación sobre los vestigios arqueológicos mayas, Stephens relata que, en el pueblo de Telchaquillo, en Tecoh, “en la plaza de aquel pe-

42 Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Yucatán. México: INEGI.

43 Landa, D. (2022). *Relación de las cosas de Yucatán*. Barcelona: Red Ediciones S.L., p. 126.

44 Landa, D. (2022). *Relación de las cosas de Yucatán*. Barcelona: Red Ediciones S.L., p. 126.



queño pueblo había un gran cenote o pozo subterráneo, que proveía de agua a todos sus habitantes”. Para Stephens, así como para muchos otros observadores de su época, el origen del cenote “era un misterio”⁴⁵.

Actualmente aún se utilizan muchos cenotes para la obtención de agua, como se ha documentado en el caso del cenote en la plaza de Sisbicchen, en el municipio de Chemax⁴⁶. Asimismo, el agua de los cenotes ubicados en los montes (selva media) también es empleada por agricultores y cazadores para beber. Como describe el antropólogo Carlos Evia:

en 1991 se pudo observar que un cenote llamado Tzascalá, en el municipio de Homún servía como fuente de abastecimiento a los campesinos que laboraban en sus terrenos aledaños al cenote, a pesar de que el cuerpo de agua estaba poblado de ranas⁴⁷.

El agua de los cenotes también es utilizada como fuente de riego y para dar de beber al ganado, tal como se ha registrado en Chocholá, Tetiz y Tecoh⁴⁸.

No extraña que, por la importancia vital de los cenotes, estos cuerpos de agua también tengan un gran valor simbólico e incluso sagrado para los mayas. Diversos estudios arqueológicos y etnohistóricos han planteado que, para los mayas prehispánicos, los cenotes representaban entradas al inframundo y eran moradas de dioses. En este sentido, los cenotes “podrían definirse, como ya hicieron los mayas, como la conexión entre nuestro mundo, la litosfera, con el inframundo, la hidrósfera”⁴⁹. Por ello, estos cuerpos de agua eran lugares para hacer ofrendas y sacrificios humanos, para que el dios de la lluvia haga caer agua del cielo. A estas prácticas culturales debe su nombre uno de los cenotes más famosos de Yucatán, el Cenote de los Sacrificios o Cenote Sagrado en la antigua ciudad de Chichén Itzá. La *Relación de Valladolid*, escrita en el siglo XVI, describe que en ese cenote se sacrificaban indias⁵⁰. Asimismo, para los mayas prehispánicos, el ingreso a los cenotes fungía como un ritual de paso político, pues emerger de estos pozos profundos era como un regreso del inframundo, el cual investía de un aura simbólica que legitimaba el poder. Ricardo Antorcha, Lane Fargher y Julia Fraga describen que, en los períodos preclásico tardío (400 a.C.-250 d.C.) y clásico (259-900 d.C.),

45 Stephens, J.L. (2003). *Viaje a Yucatán. 1841-1842*. México: Fondo de Cultura Económica, p. 72.

46 Evia Cervantes, C.A. (Sin fecha). *Recursos naturales de las cuevas*, p. 4. Recuperado de <https://sds.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/Recursosnaturalesdelascuevas.pdf>

47 Evia Cervantes, C.A. (Sin fecha). *Recursos naturales de las cuevas*, p. 4. Recuperado de <https://sds.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/Recursosnaturalesdelascuevas.pdf>

48 Evia Cervantes, C.A. (Sin fecha). *Recursos naturales de las cuevas*, p. 4. Recuperado de <https://sds.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/Recursosnaturalesdelascuevas.pdf>

49 Urrutia Gucugauchi, J. et al. (2021). La génesis de los cenotes: entre lo terrestre y lo extraterrestre. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España, p. 56.

50 Antochiw, M. (2017). Cenotes y grutas de Yucatán. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (21-61). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 34.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

los *ajaw* [señores divinos], especialmente en el norte de la península de Yucatán, seleccionaron lugares cerca de cenotes importantes para sus sedes de poder y en estos lugares construyeron plataformas de grandes dimensiones sobre las que edificaron templos y tumbas debajo de sus fundaciones⁵¹.

Así, los estudios arqueológicos han encontrado en diversos cenotes piezas de cerámica, piedras talladas, metates y *haltunes*, estos últimos comúnmente empleados para la recolección de agua⁵².

Como ha sido bien documentado por los estudios históricos, los conquistadores españoles se afanaron en erradicar los sacrificios humanos y otros actos de “idolatría” cometidos por los naturales de América. Así, aunque ya no se realizan sacrificios de mujeres en los cenotes, aún se puede apreciar la vigencia de considerar el agua de los cenotes como “virgen” o “pura”, *suhuy ha* en maya. Esta agua es empleada en rituales como el *Chachaac* para pedir lluvia⁵³. Desde luego, con el paso de los siglos muchas prácticas culturales se han transformado. Como escribe la etnohistoriadora y etnobotánica Mónica Chávez, quien se ha especializado en la gestión de agua de los mayas durante la Colonia:

a finales del periodo colonial empezó a disminuir la adoración a la máxima deidad Itzam Na, y en cambio permanecieron Chaac, los Pahahtunes y divinidades femeninas, con diferentes nombres, como Ko’olebil Óoxle’ Muya, la ‘Virgen Hoja Amarilla Tres Nubes’, quienes mantienen su presencia hasta nuestros días a través de la ceremonia maya de petición de lluvias⁵⁴.

En este sentido, los cenotes no son únicamente fuente de agua, sino también depósitos de la memoria arqueológica e histórica de las comunidades que han habitado la región. Veamos solo dos casos. En 1956, Jorge Urcelay y Pedro Castillo, pioneros del buceo en cenotes en Yucatán, descubrieron en el cenote X’lakah una piedra tallada “en la cual se podría observar un rostro humano de perfil con nariz aguileña, boca entreabierta, barba provista de una perilla”. Se aprecia también “un brazo levantado y una mano extendida que sostiene un objeto, presentándolo como ofrenda”⁵⁵. Se trata de la “primera pieza arqueológica subacuática que se pudo observar in situ”⁵⁶. Ubicado en el sitio arqueológico de Dzilbichaltún, al norte de

-
- 51 Antorcha Pedemonte, R., Fargher, L.F. & Fraga, J. (2021). Cosmovisión, pirámides y cenotes. Una exploración de la etnología maya desde la arqueología y antropología del turismo en la península de Yucatán. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España, p. 162.
 - 52 Antorcha Pedemonte, R., Fargher, L.F. & Fraga, J. (2021). Cosmovisión, pirámides y cenotes. Una exploración de la etnología maya desde la arqueología y antropología del turismo en la península de Yucatán. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España, p. 165.
 - 53 Antochiw, M. (2017). Cenotes y grutas de Yucatán. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (21-61). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 40.
 - 54 Chávez Guzmán, M. (2017). El agua para los mayas del periodo colonial. En Chávez Guzmán, M. (Ed), *El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán/Fundación Gonzalo Ríos Arronte/Consejo de Cuenca de la península de Yucatán, p. 95.
 - 55 Salazar, A. (2017). Cenote X’lakah en Dzibichaltún. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán*. Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 39.
 - 56 Salazar, A. (2017). Cenote X’lakah en Dzibichaltún. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán*. Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 39.



Ilustración 5. Cenote Xlacáh. Fuente: <https://i2.wp.com/blog.vivaaerobus.com/wp-content/uploads/2020/03/Cenote-Xlachah.jpg?resize=700%2C393&ssl=1>

la ciudad de Mérida, X'lahak es considerado uno de los cenotes más largos del estado y es probable que en él se encuentren muchas piezas más.

Asimismo, investigaciones arqueológicas recientes han encontrado que, en el pueblo de Homún, ubicado en la zona de recarga del Anillo, se encontraron en un cenote:

26 cráneos humanos y huesos, varios de los cráneos de este cenote presentan uno de los rasgos más notables de los pueblos mesoamericanos, llamado comúnmente deformación craneana, y en otros sobresale la mutilación dentaria, la cual comprende el limado de la parte central de los dientes incisivos superiores. Además se ubicó un cráneo de jaguar y restos de mapaches, venados, aves, ratones, reptiles y tortugas.

El fechamiento absoluto para algunas piezas que marca la prueba de radiocarbono corresponde al año 1448 d.C⁵⁷.

Del mismo modo, en el cenote Cenun, también ubicado en Homún

57 Grosjean Abimerhi, S. (2017). En busca de una belleza escondida: el caso de los cenotes de Yucatán. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (149-159). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/ Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 154.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

se ubicaron muestras de cerámica un depósito de huesos humanos sueltos y articulados y provenientes del periodo prehispánico. Es posible que a esta formación arrojaran a individuos vivos o muertos y al descomponerse se fueron por partes al fondo del agua, o bien haberse depositado intencionalmente acompañados de ofrendas cerámicas, líticas o de animales⁵⁸.

La afirmación de la doctora Chávez de que los dioses de la lluvia mantienen su presencia hasta nuestros días a través de la ceremonia maya de petición de lluvias nos indica el carácter sagrado que tiene el agua de los cenotes para los mayas. Pero esta sacralidad también se expresa de otras maneras, por ejemplo, en la existencia de “dueños” o “guardianes” en los cenotes y las cuevas. Al respecto, vale la pena hacer una aclaración de teoría antropológica. En el último libro que escribió antes de su reciente fallecimiento, el gran antropólogo Marshall Sahlins escribió que, para la mayoría de la humanidad (tanto en la historia como en el presente), el universo está “encantado”. O, más bien, desde un punto de vista occidental, para la mayoría de los pueblos aparece como “encantado”. “Los pueblos (esto es, la mayoría de la humanidad) están rodeados de una serie de seres espirituales -dioses, ancestros, las almas de las plantas y animales, entre otros”⁵⁹. Todos estos seres, que Sahlins llama “metapersonas” o “metahumanos”, forman con los humanos una gran sociedad de dimensiones cósmicas, en la que los humanos somos una pequeña pero dependiente parte. La mayoría de los pueblos de la humanidad son sociedades “inmanentistas”, en las que los seres espirituales habitan el mundo con los humanos y no están reclusos en un plano trascendental (el Cielo o el Paraíso del cristianismo, por ejemplo).

Los cenotes de Yucatán no solo están poblados por álamos en su exterior y peces ciegos en sus profundidades, sino también por las “metapersonas” o “metahumanos” a los que se refiere Sahlins. Estos seres no solo habitan los cenotes, sino que también son sus guardianes y cobran diversas formas: desde los *aluxob'* o *aluxes* (una especie de traviosos duendes que también cuidan las milpas y los vestigios arqueológicos), así como serpientes que, desde un punto de vista trascendentalista u occidental, consideraríamos “sobrenaturales”. Entre ellas encontramos serpientes emplumadas o a la *tsukan*, una serpiente voladora con una cabeza tan grande “como la de un caballo”, que vive en cenotes y cavernas y es su guardiana⁶⁰. Como explica el antropólogo Carlos Evia, estudioso de mitos y cavernas de Yucatán: “las consecuencias de encontrarse con una tsukán suelen ser una parálisis temporal, fiebres, enfermedades, lesiones permanentes o la muerte misma”⁶¹. Debido al temor y respeto que impone, la tsukán es guardiana de los recursos naturales que rodean a las comunidades campesinas, especialmente el agua. Este mito serpentino revela también “una estrecha relación con los antiguos dioses Itzamná, Kukulcán y Chaak”⁶². El historiador Jesús Guzmán Urióstegui ha documentado que, en el pueblo de Maní, se dice que en el cenote

58 Grosjean Abimerhi, S. (2017). En busca de una belleza escondida: el caso de los cenotes de Yucatán. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (149-159). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/ Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 156.

59 Sahlins, M. (2022). *The New Science of the Enchanted Universe. An Anthropology of Most Humanity*. Princeton: Princeton University Press, p. 2.

60 Evia Cervantes, C. (2007). *El mito de la serpiente tsukán*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 129.

61 Evia Cervantes, C. (2007). *El mito de la serpiente tsukán*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 63.

62 Evia Cervantes, C. (2007). *El mito de la serpiente tsukán*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 64.



vive una serpiente emplumada que además de cuidar el agua se encarga de vigilar lo que sucede en el mundo. Para hacer bien su trabajo, la serpiente sube al cielo en una sogá o cuerda viva (cuxan sum) que se tiende entre dicho cenote y la iglesia de ese pueblo, y desde ahí observa todo⁶³.

Sobre el cenote de Itzincab (en Umán), se cuenta que el *Burro kat*, un ser que “protege el agua”⁶⁴, es el dueño del cenote y que se comía a las personas que se atrevían a entrar al cenote, así como a los perros que merodeaban sobre el lugar. Como describe Evia,

también nos relataron que los ‘antiguos’ contaban que, en tiempos pasados, el Burro Kat correteaba a la gente que pasaba por el cenote hasta llegar casi a la entrada de la hacienda. También se dice que el animal sale del cenote generalmente a las 12 del día⁶⁵.

Debido a muchas de estas creencias, “muchá gente prefiere no entrar a las cuevas o no meterse al agua de los cenotes”⁶⁶.

En el municipio de Hunucmá, en el noroeste de Yucatán, se conocen por lo menos quince cenotes, de los cuales dos están abiertos al público: El Pocito, ubicado en un predio de la colonia Santa Rosa, y el cenote de la colonia Baltazar Ceballos. Según el propietario del predio donde se encuentra el cenote de El Pocito, este cuerpo de agua cuenta con un dueño que se manifiesta a través de un alux. Durante las noches —informa el propietario del predio— se puede escuchar al alux dándose chapuzones en el cenote, como si se bañara. Por otra parte, el propietario del predio en el que se halla el cenote de Baltazar Ceballos relata que un sacerdote católico bendijo las aguas del cenote antes de que se abriera a visitantes.

Desde esta visión del mundo, algunos pobladores mayas, como los del pueblo de Chunkanán, en el municipio de Cuzamá, clasifican a los cenotes entre “bravos” y “tranquilos”. A los cenotes bravos les “desagrada la visita de las personas” y en ellos las personas que entran sin permiso corren el riesgo de “cargar mal viento”, lo que les puede provocar enfermedades. Asimismo, si en el pasado un cenote recibió ofrendas como parte de un ritual sagrado —como el de petición de lluvia— y actualmente ya no se le ofrecen tributos, puede tener un carácter bravo y enfermar a quienes se adentren a él⁶⁷. Los cenotes tranquilos, en cambio, no suelen cargar de malos vientos a las personas que los visitan. También es común encontrar creencias en torno a los cenotes “vivos” o aguas “vivas”. Por ejemplo, Evia documenta que henequeneros en la hacienda San Juan, cerca de Muxupip, fueron a buscar agua en el cenote de la hacienda

63 Guzmán Urióstegui, J. (2007). Entre el fogón y la milpa. El espacio entre los mayas de Xohuayán, Yucatán. *Dimensión Antropológica*, 14(39), 101-119, p. 114.

64 Evia Cervantes, C. (2010). La mitología en Yucatán. En Fernández Repetto, F. (Ed), *Estampas etnográficas de Yucatán* (43-75). Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 57.

65 Evia Cervantes, C. (2010). La mitología en Yucatán. En Fernández Repetto, F. (Ed), *Estampas etnográficas de Yucatán* (43-75). Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 59.

66 Evia Cervantes, C. (2010). La mitología en Yucatán. En Fernández Repetto, F. (Ed), *Estampas etnográficas de Yucatán* (43-75). Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 68.

67 Valdez Tah, A. (2012). Turismo, organización económica y cambios en los significados de la naturaleza. En Marín, G., García, A. & Daltabuit, M. (Coords), *Turismo, globalización y sociedades locales en la península de Yucatán, México* (221-243). La Laguna: PASOS, RTPC, pp. 228-229.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

pero allí empezaron a meter relajo, a gritar e insultarse entre ellos. Un señor mayor de edad que les estaba viendo, les dijo que se calmaran porque si no se iba a molestar el dueño del cenote. Los muchachos le dijeron al viejo que estaba loco y no hicieron caso.

Siguió el relajo entre ellos, pero de pronto el agua empezó a agitarse. Cuando el señor quiso avisar del peligro, el agua ya había llegado hasta el cuello de algunos⁶⁸.

Resulta interesante que, en estos relatos, el respeto que se le debe tener a los cenotes está estrechamente asociado a las relaciones que se sostienen también entre los humanos, por ejemplo, en las relaciones de reciprocidad entre padres e hijos, o el respeto de los jóvenes hacia los mayores.

Las prácticas y discursos culturales de los mayas en torno a los cenotes pueden ser entendidos como una forma de guardianía y protección de estos cuerpos de agua, pero también como una manera de mantener relaciones sociales armónicas. Así, diversos mitos narran el origen de los cenotes como consecuencia de la falta de reciprocidad en las relaciones de parentesco. Por ejemplo, en Dzibichaltún se cuenta que el cenote de X'lakah fue creado cuando un hombre viejo y cansado acudió a la casa de su hijo para pedirle un pedazo de pan, quien se negó a compartir el alimento con su padre. Entonces, Dios tomó la apariencia del padre y volvió a pedir ayuda al hijo, quien se negó de nuevo. Como consecuencia, Dios lanzó un rayo sobre la casa del hijo, lo que provocó el hundimiento del suelo y la formación del cenote X'lakah.

Variaciones de este mito las podemos encontrar en diversos pueblos de Yucatán, por ejemplo, para explicar el origen del cenote Zací en Valladolid, el cual, según relata un vecino del pueblo, “era una bóveda cerrada, pero un día le cayó un rayo y se partió a la mitad”⁶⁹. O sobre el origen del cenote Chen Há en el pueblo de Dzityá, solo que en esta versión es una mujer anciana la que pide a su hijo agua del pozo (en lugar de pan), ya que ella no tiene la fuerza para extraerla. Ante la negativa de su hijo, la madre “se enojó tanto que hizo una maldición sobre el pozo de agua, lo que provocó su desborde y la formación del cenote”⁷⁰. Según observa Evia,

la escasez del agua disponible en el medio ambiente regional es una de las principales preocupaciones de los campesinos. El aprovechamiento del vital líquido implica el orden y la armonía entre los miembros de la familia y de la sociedad en su conjunto⁷¹.

Es común encontrarse con la opinión de que este tipo de relatos solo son contados por las personas mayores de las comunidades mayas y que estas prácticas corren el riesgo de perderse. Pero resulta significativo que muchas de las historias antes mencionadas sean narradas por niñas y niños de las comunidades mayas. Una de las versiones sobre el origen del cenote de Chen fue relatada por una niña de Dzityá. La antropóloga

68 Evia Cervantes, C. (2010). La mitología en Yucatán. En Fernández Repetto, F. (Ed), *Estampas etnográficas de Yucatán* (43-75). Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 71.

69 Evia Cervantes, C. (2010). La mitología en Yucatán. En Fernández Repetto, F. (Ed), *Estampas etnográficas de Yucatán* (43-75). Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 68.

70 Leal Romero, D.L. (2021). *Video-cartas como práctica estética y pedagógica: una experiencia con niñas en Yucatán*. Tesis de licenciatura en Desarrollo y Gestión Interculturales. Mérida: Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales-Universidad Nacional Autónoma de México.

71 Evia Cervantes, C. (2010). La mitología en Yucatán. En Fernández Repetto, F. (Ed), *Estampas etnográficas de Yucatán* (43-75). Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 69.



Nancy Villanueva, quien se ha dedicado al estudio de las infancias mayas, ha documentado los saberes de niñas y niños del pueblo de X-Kanchakán (en el municipio de Tecoh). Por ejemplo, un niño explica que

Si hay un cenote en el monte que van a trabajar, [los campesinos] tienen que rezar; si no hay cenote, no rezan. [Luego corrige] De por sí hay que rezar. Cuando hay cenote hacen más rezos, más comidas diferentes [para ofrendar]. Si no rezan, los aluxes quiebran tus elotes. Cuando vayas al día siguiente está tirado todo. (...) Los rezos son para el rey chaac, el rey de los vientos y el guardián del cenote⁷².

Para las niñas y niños de esta comunidad, los hombres realizan rituales porque:

el monte, las aguadas, los cenotes, las cuevas, e incluso los solares de sus casas, tienen dueño. Los dueños son ‘aires malos’ de quienes es necesario protegerse cuando uno está en esos lugares, sobre todo a las doce del día⁷³.

Ya que:

Las doce del día es el momento en que los aires malos se hacen más presentes y causan más daño. El riesgo aumenta cuando se está cerca de cenotes, aguadas y cuevas. Como ya mencioné, en X-kanchakán hay por lo menos tres cenotes y tres aguadas. Cada uno de ellos tiene un dueño. Según algunos niños, el dueño de la aguada San Antonio es una gran serpiente con cabeza de toro; el dueño del cenote Xkaká es una serpiente con cabeza de caballo⁷⁴.

¿No acaso todos estos relatos pueden ser considerados como una forma de ejercer una “guardianía cultural”, es decir, como una forma de procurar el equilibrio ecológico y social en las comunidades mayas?

23

1.4 Belleza

Sin duda alguna, uno de los atributos que más destacan de los cenotes es su belleza. Este es uno de los aspectos que sobresale desde las primeras descripciones realizadas acerca de dichos cuerpos de agua. Recordemos la descripción que hizo Landa en su *Relación de las cosas de Yucatán*, “estos zenotes son de muy lindas aguas y muy de ver”⁷⁵. Como la de Landa, abundan las descripciones e impresiones sobre la belleza de los cenotes. También es común encontrar imágenes pintorescas y románticas sobre estos cuerpos de agua. El viajero Stephens describió su visita al cenote de Telchaquillo, en el actual municipio de Tecoh, de la siguiente forma:

La cubierta era una inmensa techumbre rocallosa, y a una distancia acaso de quinientos pies de la entrada había un gran estanque o reservatorio de agua sobre el cual se elevaba la bóveda a sesenta

72 Villanueva Villanueva, N. (2022). Saberes de niños mayas yucatecos sobre la milpa y el monte. En Duarte Duarte, A.R. (Coord), *Decolonizar los saberes mayas. Diálogos pendientes*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 93.

73 Villanueva Villanueva, N. (2022). Saberes de niños mayas yucatecos sobre la milpa y el monte. En Duarte Duarte, A.R. (Coord), *Decolonizar los saberes mayas. Diálogos pendientes*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 95.

74 Villanueva Villanueva, N. (2022). Saberes de niños mayas yucatecos sobre la milpa y el monte. En Duarte Duarte, A.R. (Coord), *Decolonizar los saberes mayas. Diálogos pendientes*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, p. 95.

75 Landa, D. (2022). *Relación de las cosas de Yucatán*. Barcelona: Red Ediciones S.L., p. 126.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

pies, penetrando en la línea perpendicular una cantidad de luz suficiente por medio de una abertura practicada encima. Durante la estación de las lluvias crece un tanto, pero nunca baja de cierto punto, y en todo tiempo es la única fuente de donde los habitantes se proveen. Las mujeres, cargadas de sus cántaros, suben y bajan constantemente; las golondrinas revoloteaban en la caverna por todas direcciones, y el conjunto formaba una escena salvaje, pintoresca y romántica⁷⁶.

Indisociables a las imágenes románticas descritas por Stephens son los grabados de su acompañante, dibujante Frederick Catherwood, los cuales han marcado el imaginario sobre Yucatán (véase, por ejemplo, su grabado sobre el cenote de Bolonchén, en Campeche).

Las imágenes “misteriosas”, “pintorescas” y “románticas” son muy importantes para la promoción turística de los cenotes, la cual también ha destacado el carácter sagrado de los mismos para “los antiguos mayas”. Por ejemplo, la campaña “Vívelo para creerlo”, lanzada por la Secretaría de Turismo de Yucatán, anuncia:

Come and enjoy Yucatán, home of the Mayan civilization. See its famous cenotes, natural phenomena that became sacred places for the ancient maya. These freshwater accumulations are a hallmark of the region and have a dreamlike beauty that fascinates anyone. The mystery surrounding the existence of the Mayans still live in this place⁷⁷.

A propósito de la promoción turística de los cenotes, los antropólogos Francisco Fernández y Eugenia Iturriaga observan que

la conexión con los dioses mayas [y los cenotes] es central para entender el privilegio de compartir un lugar reservado para gente que al final se sitúa a nivel de los dioses. En una dirección diferente pero complementaria, se muestran los cenotes y las cavernas asociadas con ellas como lugares de relajación, tranquilidad y quietud que propician condiciones excepcionales de meditación espiritual y de relajación corporal⁷⁸.

La dimensión estética de los cenotes es importante por varias razones. El filósofo y antropólogo Esteban Krotz hace notar que

el agua no solamente es indispensable para todas las formas de vida en nuestro mundo, sino que también sirve a la especie humana para muchas otras cosas: es medio de transporte y fuente de energía, es ingrediente de numerosos procesos industriales y fundamental para buena parte de la agricultura y la ganadería. También constituye una importante dimensión de la experiencia estética (en lo que se apoya fuertemente la actividad turística) y es componente significativo de los universos simbólicos de todas las religiones⁷⁹.

76 Stephens, J.L. (2003). *Viaje a Yucatán. 1841-1842*. México: Fondo de Cultura Económica, p. 72.

77 Citado en Fernández, F. & Iturriaga, E. (2019). Escorando los estereotipos yucateco y maya. En Pérez Montfort, R. & de Teresa, A.P. (Coords), *Cultura en venta. La razón cultural en el capitalismo contemporáneo*. México: Debate, p. 504.

78 Fernández, F. & Iturriaga, E. (2019). Escorando los estereotipos yucateco y maya. En Pérez Montfort, R. & de Teresa, A.P. (Coords), *Cultura en venta. La razón cultural en el capitalismo contemporáneo*. México: Debate, p. 509.

79 Krotz, E. (2017). El disfrute del agua como derecho humano. En Chávez Guzmán, M. (Ed), *El manejo del agua a través del tiempo en la península de Yucatán*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán/Fundación Gonzalo Ríos Arronte/Consejo de Cuenca de la península de Yucatán, p. 154.



1.5 Vulnerabilidad

Los cenotes han llamado la atención de foráneos y locales por sus peculiares características geológicas y por su belleza. Pero, en años más recientes, han aumentado las preocupaciones por su vulnerabilidad a la contaminación. En los estudios científicos, este tema cobró mayor presencia gracias al trabajo de M. Albinet, *Mapas de vulnerabilidad de los acuíferos subterráneos a la contaminación*, publicado en agosto de 1970⁸⁰. Para el caso de Yucatán, el estudio de Donald Doehring y Joseph Butler, publicado en la revista *Science* en 1974, fue pionero al reconocer la alta susceptibilidad de la contaminación del agua subterránea de Yucatán, tanto por intrusión salina como por el incremento de la descarga de patógenos⁸¹. Doehring y Butler centraron su estudio en el “distrito de los cenotes” del noreste del estado, pero otros investigadores e investigadoras han llegado a conclusiones similares. En 1994, L.E. Marín y E.C. Perry argumentaron que el “semicírculo de cenotes” (el Anillo de Cenotes) es una zona de alta permeabilidad y que el acuífero yucateco está amenazado por arriba por la contaminación y por abajo por el agua salada⁸².

En décadas recientes, las y los investigadores sobre el tema han propuesto diversos índices para medir la vulnerabilidad del acuífero subterráneo a la contaminación. En 2004, Rosela Pérez Ceballos y Julia Pacheco Ávila emplearon la metodología DRASTIC –desarrollada en Estados Unidos— para caracterizar la vulnerabilidad intrínseca en Yucatán, concluyendo que todo el estado podía caracterizarse entre los rangos alto y extremo. Particularmente, encontraron que dos municipios ubicados en el Anillo de Cenotes, Kinchil y Tetiz, son los más vulnerables a la contaminación⁸³.

Posteriormente, Emilio Bolio, Armando Cabrera, Francisco Bautista y Julia Pacheco utilizaron la metodología EPIK, la primera desarrollada particularmente para acuíferos kársticos (con el objetivo de cumplir las regulaciones sobre agua del gobierno de Suiza), para estudiar la vulnerabilidad del acuífero yucateco. Este índice considera la alta permeabilidad en roca caliza, la cubierta protectora (profundidad del suelo), la infiltración y el paisaje kárstico (grado de desarrollo). Los autores concluyeron que

la evaluación realizada al aplicar el método EPIK evidenció que en el estado de Yucatán el acuífero es muy vulnerable a la contaminación. Al paisaje geomorfológico de dolinas agrupadas [como el del Anillo de cenotes] le correspondió la categoría más vulnerable⁸⁴.

Asimismo, como producto de su investigación doctoral, Yameli Aguilar Duarte elaboró el Índice de la Vulnerabilidad del Acuífero Kárstico Yucateco, “IVAKY”, el cual considera tres factores: el relieve, los suelos y el clima. De acuerdo con este índice, la zona del Anillo de Cenotes es de “extrema vulnerabilidad a la contaminación”⁸⁵. Por otra parte, estudios que consideran otras variables, como los cambios de temperatura

80 Albinet, M. (1970). *Les cartes de vulnérabilité des nappes d'eau souterraine á la pollution*. Paris: Bureau de Recherches Géologiques et Minières.

81 Doehring, D. & Butler, J.H. (1974). Hydrogeologic Constraints on Yucatán's Development. The peninsula's water resource is threatened by man-induced contamination. *Science*, 186(4164), 591-595.

82 Marín, L.E. & Perry, E.C. (1994). The Hydrogeology and contamination potential of northwestern Yucatán, Mexico. *Geofísica Internacional*, 33(4), 619-623.

83 Pérez Ceballos, R. & Pacheco Ávila, J. (2004). Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. *Ingeniería*, 8(1), 33-42.

84 Bolio Barrios, E.R, Cabrera Sansores, S.A, Bautista Zúñiga, F. & Pacheco Ávila, J.G. (2011). Uso de la metodología EPIK para determinar la vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación en Yucatán, México. *Teoría y Praxis*, 9, 55-72, p. 70.

85 Aguilar-Duarte, Y. et al. (2016). Ivaky: índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(3), 913-933, p. 928.

AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

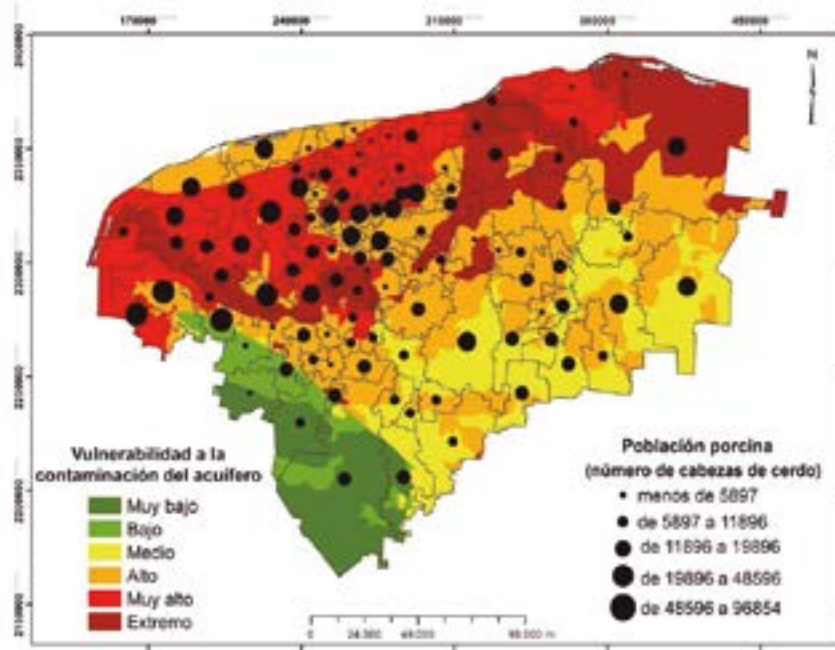


Ilustración 6. Vulnerabilidad a la contaminación. Fuente: <https://www.amek.org.mx/razones-para-cuidar-el-anillo-de-cenotes-homun-yucatan-y-alrededores/>

26

y la precipitación, han llegado a conclusiones similares. Tal es el caso del estudio de Beth Sua Iztaccihuatl Albornoz y Roger González, en el que encontraron que las zonas de recarga -como la del Anillo de Cenotes- son las más afectadas⁸⁶.

Recientemente, Miguel Moreno-Gómez y sus colegas han aplicado el índice IKAV, el cual también considera los posibles cambios que las partículas contaminantes pueden experimentar en sus trayectorias en el acuífero⁸⁷. Una vez más, con este índice el Anillo de Cenotes resulta caracterizada como una región de muy alta vulnerabilidad.

Hemos visto que el Anillo de Cenotes es de vital importancia debido a que es la principal fuente de agua dulce para alrededor de la mitad de la población de Yucatán, y que por su relevancia ecológica ha sido clasificada como zona protegida. Para las comunidades mayas, los cenotes tienen un carácter sagrado y están habitados por dueños y guardianes a los que hay que pedir permiso y realizar ofrendas pues, de lo contrario, se puede romper el balance ecológico y social. Su belleza los ha convertido en uno de los principales atractivos turísticos de Yucatán. También, el Anillo de Cenotes es extremadamente vulnerable a la contaminación. Como veremos en la siguiente parte, diversas actividades humanas están produciendo una situación de grave contaminación en este acuífero.

86 Albornoz-Euán, B. & González-Herrera, R.A. (2017). Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero yucateco bajo escenarios de cambio climático. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(11), 275-286, p. 279.

87 Moreno-Gómez, M. et al. (2021). First application of the Integrated Karst Aquifer Vulnerability (IKAV) method -potential and actual vulnerability in Yucatán, Mexico. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22, 1591-1608.



2.

La grave contaminación del Anillo de Cenotes

Como vimos en la primera parte de este informe, el Anillo de Cenotes tiene una gran importancia ecológica para la región, es zona de recarga del acuífero y también es una de las áreas con mayor vulnerabilidad a la contaminación. Debido a estas características, el Gobierno de Yucatán ha tomado medidas administrativas para protegerlo. No obstante, como veremos en lo que sigue, estas medidas han sido insuficientes para proteger el acuífero subterráneo. De hecho, los estudios sobre el tema documentan un grave estado de contaminación del agua subterránea en el Anillo de Cenotes, en el que los contaminantes detectados rebasan los límites permitidos por las normas oficiales mexicanas y los estándares internacionales. Esta situación representa una severa amenaza a la salud de los seres humanos, pero también de otras especies y del ecosistema en su conjunto. Podemos agrupar los principales problemas relacionados con la contaminación del agua del Anillo de Cenotes de la siguiente manera: regulación e infraestructura insuficientes; la presencia de plaguicidas, nitratos y metales pesados altamente peligrosos, todos cancerígenos, los desechos de granjas porcinas y avícolas, así como otros contaminantes asociados con el crecimiento de la población, la urbanización, las actividades industriales y el turismo. En contra de la común idea de que la contaminación de los cenotes “no se ve”, en la última sección de esta parte planteamos que la contaminación de estos cuerpos de agua se puede observar en los daños a la salud de los cuerpos humanos: en niñas y niños que padecen y mueren por enfermedades gastrointestinales, en mujeres que sufren y mueren por cáncer de mama y cervicouterino.

27

2.1 Protección insuficiente

Debido a su gran importancia ecológica (y, como vimos, también cultural), el Anillo de Cenotes ha sido objeto de protección por parte del Gobierno de Yucatán. Como relata el doctor Eduardo Batllori, Secretario de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA) de Yucatán entre 2006 y 2018, en 2012, un grupo de investigadores de la Universidad Autónoma de Yucatán y del Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán se reunió con especialistas de la SEDUMA y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con el objetivo de proyectar una reserva en el Anillo de Cenotes “para dar certidumbre al aprovisionamiento de agua en cantidad y calidad para la región metropolitana de Yucatán en el largo plazo”⁸⁸. Cabe observar que

88 Batllori Sampredo, E. (2017). Reserva geohidrológica del Anillo de los cenotes. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (229-238). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 234.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

se trata de una protección “antropocéntrica”, es decir, planeada para satisfacer las necesidades humanas, particularmente las de la población metropolitana del estado.

Así, el 22 de marzo de 2012, Día Mundial del Agua, el Gobierno del estado firmó una carta compromiso para crear la primera reserva geohidrológica de Yucatán y, el 19 de octubre de ese año, se firmó el Decreto número 117 que “establece el área natural protegida denominada Reserva Estatal Geohidrológica del Anillo de Cenotes”. El documento fue publicado en el *Diario Oficial* del Gobierno del Estado de Yucatán el 28 de octubre de ese mismo año.

El Decreto se fundamenta en el artículo 86 de la Constitución Política del Estado de Yucatán, que reconoce el derecho humano de gozar de un ambiente ecológicamente equilibrado y la protección de los ecosistemas que conforman el patrimonio natural de Yucatán. También se sostiene en la Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán, cuyo artículo 64 dispone la protección, restauración y preservación de los ecosistemas en que se encuentren ubicados los cenotes, cuevas o grutas. No obstante, como veremos más adelante, el propio Gobierno de Yucatán admite que el derecho humano a un medio ambiente sano se ejerce de manera “insuficiente” en el estado.

Cabe señalar que no todo el Anillo de Cenotes se encuentra protegido en la reserva geohidrológica. Solo es materia de protección especial la zona de recarga, la cual es “el punto de la geografía yucateca con la segunda mayor densidad de cenotes por kilómetro cuadrado”⁸⁹. Esta reserva incluye los municipios de Seyé, Acanceh, Timucuy, Homún, Cuzamá, Tecoh, Tekit, Tahmek, Hochtún, Xocchel, Hocabá, Sanahcat y Huhí. Sin embargo, la protección ha sido insuficiente y, como veremos más adelante, en la zona se han detectado muy altas concentraciones de lindano, un insecticida clasificado por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer como carcinógeno para humanos⁹⁰.

El artículo 6 del Decreto dispone que se elaborará un “Programa de manejo”, el cual “establecerá las acciones concretas para la administración, conservación, promoción, mantenimiento, evaluación, comunicación, y aprovechamiento de los servicios ambientales de los ecosistemas contenidas en ellas”. Estas “acciones derivarán del dialogo [sic] intercultural y colaborativo”⁹¹. Asimismo, el Programa de manejo “deberá ser emitido dentro de los 180 días hábiles siguientes a la segunda publicación de este Decreto en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán”⁹². No obstante, hasta la fecha (julio de 2022), no se ha creado el Programa de manejo. Es decir, no se han definido las acciones concretas para proteger la vulnerable zona de recarga.

El objetivo de proteger los cenotes y la biodiversidad del estado fue retomado más adelante en el Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018 del gobierno de Rolando Zapata Bello. En este documento se afirma que

89 Batllori Sampedro, E. (2017). Reserva geohidrológica del Anillo de los cenotes. En Piña García, W & Ucán Salazar, F. (Ed), *Cenotes y grutas de Yucatán* (229-238). Mérida: Patronato Cultur/SEFOTUR/PRONATURA Península de Yucatán/Centro de Investigación Científica de Yucatán/Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/Secretaría de Cultura-INAH, p. 236.

90 Polanco, A. et al. (2015). Contamination by Organochlorine Pesticides in the Aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatán, México. *Water and Environment Journal*, 29(1), 140-150.

91 Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*, lunes 28 de octubre de 2013, p. 20.

92 Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*, lunes 28 de octubre de 2013, p. 22.



“debemos ampliar y consolidar los sistemas de áreas naturales protegidas, apostar por la reforestación y proteger nuestros cenotes y biodiversidad”⁹³. Una de las estrategias que propone el Plan es “mejorar el estado de los ecosistemas prioritarios de cenotes, humedales y selvas”⁹⁴. Los cenotes también figuran en la política turística. Así, el objetivo tres de este rubro es “aumentar la estadía de visitantes al Estado”, para lo que se propone, entre otras cosas, “promover infraestructura turística en instalaciones y servicios en los cenotes de Yucatán”⁹⁵.

En contraste con la administración anterior, los cenotes ya no aparecen en el Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024, aunque el gobierno de Mauricio Vila propuso como uno de sus objetivos “Mejorar la calidad del agua en Yucatán”⁹⁶. Al respecto, el Plan Estatal de Desarrollo sostiene que:

Yucatán presenta elevados procesos de degradación del medio ambiente como consecuencia de su vulnerabilidad territorial ante los efectos del cambio climático, inadecuado manejo de residuos, deficiente conservación de recursos naturales, consumo de energía de fuentes contaminantes y una débil conservación de la vida marina y ecosistemas terrestres, entre otros. Lo anterior ocasiona un ejercicio insuficiente del derecho humano al medio ambiente sano en el Estado de Yucatán⁹⁷.

Para el Gobierno de Yucatán, la deficiente conservación de los recursos naturales se debe “principalmente a la expansión de las superficies para terrenos agrícolas, pastos para ganado o actividades mineras”⁹⁸. Asimismo, en el Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024 observamos que la situación de la Reserva de Anillo de Cenotes con respecto a la ausencia de un programa de manejo es compartida por las demás áreas naturales protegidas de la entidad. De las nueve áreas de este tipo existentes, hacia 2015 “no existía ningún programa de manejo actualizado y publicado en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán para dichas áreas”. Esta situación cambió modestamente en 2018, cuando ya se habían elaborado tres programas de manejo⁹⁹.

Particularmente, con respecto al acuífero kárstico, el Gobierno de Yucatán expone que “la principal fuente de contaminación del sistema kárstico en el estado proviene de aguas residuales domésticas, municipales y agropecuarias” y que la entidad se ubica en “el último lugar de tratamiento de aguas residuales”¹⁰⁰. Por estas razones, plantea el siguiente diagnóstico:

Actualmente en Yucatán, no se cuenta con un adecuado acceso al agua, esto se debe en gran parte a las problemáticas como la contaminación del agua, el deficiente saneamiento de aguas residuales e insuficiente infraestructura para el abastecimiento de agua; además, existen grandes cantidades de contaminantes que se filtran al manto acuífero derivado de desechos humanos, actividades agrícolas, ganaderas, entre otras, de igual forma, existe una deficiencia en el drenaje doméstico¹⁰¹.

93 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*, p. 23.

94 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*, p. 208.

95 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*, p. 292.

96 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024*, p. 205.

97 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*, p. 208.

98 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*, p. 213.

99 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*, p. 213.

100 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*, p. 220.

101 Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018*, p. 232.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

La actual titular de la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Yucatán (SDS), Sayda Rodríguez, ha anunciado a la prensa local que la institución a su cargo está trabajando en la elaboración del Programa de manejo de la Reserva Geohidrológica del Anillo de Cenotes¹⁰². En 2021 declaró al periódico *La Jornada Maya* que durante ese año se realizarían las consultas públicas y los talleres que formarían para la elaboración del programa¹⁰³. Sin embargo, tanto especialistas como pobladores de la zona entrevistados para este informe expresaron no tener conocimiento sobre el tema.

A través de solicitudes de información se pidieron datos sobre los talleres y consultas para la elaboración del Programa de manejo. La Unidad de Transparencia de la SDS respondió que ninguna de la información solicitada existe, y envió un acta circunstanciada de búsqueda exhaustiva y razonada. Asimismo, para esta investigación se solicitó en repetidas ocasiones una entrevista con la secretaria Rodríguez, la cual no fue concedida. De hecho, el enlace de comunicación de la institución interrumpió la comunicación después de que se le informara el motivo de la entrevista.

¿Cuánto se ha contaminado el Anillo de Cenotes del 2013 a la fecha, sin un Programa de manejo que permita regular las actividades potencialmente contaminantes en la zona? En julio de 2019, los datos de la SDS revelaban que alrededor del 60% de los 2,241 cenotes registrados por la institución se encontraban con problemas de contaminación, llenos de basura y desperdicios¹⁰⁴. Al solicitar información sobre el grado de contaminación de la Reserva de Anillo de Cenotes, la Unidad de Transparencia de la SDS argumentó que la propiedad del agua pertenece a la Nación y canalizó a la CONAGUA (ver Anexo Incompetencia). Para sustentar su respuesta, la dependencia cita la Ley de Aguas Nacionales con el argumento de que Yucatán carece de una Ley de Aguas estatal acorde al tipo de suelo y sistema acuífero de la Península, que es muy distinto, en términos geohidrológicos, del resto del país. La Ley de Aguas estatal ha sido una de las peticiones de la comunidad científica y ambientalista. Las respuestas de la dependencia nos sugieren que la ausencia de un marco legal con jurisdicción estatal se ha convertido en un pretexto para que la SDS se deslinde de responsabilidades que tienen respecto a la Reserva, sin mencionar que, de acuerdo con el artículo 1 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, esta autoridad tiene la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos, incluyendo el derecho a un medio ambiente sano y el derecho al agua y saneamiento, reconocidos en la Constitución y en los tratados internacionales de los que el Estado mexicano forma parte.

No obstante, aunque “es lamentable que el Decreto [de la Reserva Geohidrológica] solo exista en papel”, la ausencia de un Programa de manejo también puede resultar conveniente, según ha observado la doctora Yameli Aguilar, especialista en el karst yucateco, pues permite pensar en otras alternativas para gestionar el territorio, como los geoparques. Sobre esta cuestión volveremos en la última parte del Informe.

Un año después de la publicación del Decreto, el Gobierno de Yucatán expidió el Reglamento de la Ley de Protección al Medio Ambiente del Estado de Yucatán en Materia de Cenotes, Cuevas y Grutas. Esta normatividad respondió a la necesidad de diagnosticar y conocer el estado en el que se encuentran estas

102 Política y gobierno. (2019, 1 de febrero). En breve, la consulta ciudadana de la Reserva Anillo de cenotes. *Yucatán Ahora*. Recuperado de <https://yucatanahora.mx/en-breve-la-consulta-ciudadana-de-la-reserva-anillo-de-cenotes/>

103 Chan, I. (2021, 21 de junio). Reserva Anillo de cenotes no tiene un programa de manejo: Rodríguez Gómez. *La Jornada Maya*. Recuperado de <https://www.lajornadamaya.mx/yucatan/174497/reserva-anillo-de-cenotes-no-tiene-un-programa-de-manejo-rodriguez-gomez>

104 Impreso. (2019, 22 de julio). Cenotes dañados. *Diario de Yucatán*. Recuperado de <https://www.yucatan.com.mx/merida/2019/7/22/cenotes-danados-126994.html>



geoformas kársticas, sancionar a quienes causen daño a los cenotes y llevar a cabo el saneamiento de dichos cuerpos de agua¹⁰⁵, rehabilitar la infraestructura turística de bajo impacto en los cenotes, así como atender al vacío de reglamentación de actividades en torno a los cenotes, como las agrícolas, ganaderas, industriales y turísticas, las cuales han contribuido a la contaminación del agua¹⁰⁶.

No obstante, diversos medios de comunicación han documentado eventos que señalan el incumplimiento del Reglamento, desde la venta de terrenos con cenotes en el municipio de Cuzamá¹⁰⁷, hasta la destrucción de dichos cuerpos de agua por parte de empresas como Enerall¹⁰⁸ y Grupo Xcaret¹⁰⁹. El Reglamento tampoco ha sido suficiente para evitar que, de acuerdo con datos oficiales, el 60 por ciento de los más de 2,200 cenotes registrados por la SDS estén contaminados¹¹⁰.

Por este tipo de razones, el Reglamento ha recibido diversas críticas, entre ellas, que no informa con precisión sobre cómo proteger los cenotes de los escurrimientos procedentes de zonas de cultivo¹¹¹, la ausencia de campañas para concientizar a la población sobre el cuidado de los cenotes¹¹², la venta de terrenos con cenotes¹¹³, así como la aplicación inequitativa de sanciones por incumplimiento del reglamento¹¹⁴. Del mismo modo, especialistas en el tema han recomendado en publicaciones de monitoreo de la calidad del agua y de biomonitoreo de plaguicidas en sangre de mujeres mayas con cáncer en Yucatán, promover programas de agricultura ecológica evitando el uso de agroquímicos cancerígenos, así como programas de promoción de la salud para la prevención de enfermedades por agroquímicos¹¹⁵.

-
- 105 NotiRASA. (2015, 7 de septiembre). Presentan reglamento para la protección de cenotes. *NotiRASA*. Recuperado de <https://notirasa.com/noticia/presentan-reglamento-para-proteccion-de-cenotes/23847>
- 106 Quintal, J.O. (2015, 4 de septiembre). Presentan reglamento de protección en materia de cenotes, cuevas y grutas. Recuperado de <https://www.jhonnyoliverquintal.com/2015/09/presentan-reglamento-de-proteccion-en.html>
- 107 Sánchez, A. (2022, 15 de marzo). Invertir en un cenote: Las implicaciones ecológicas de explotar la naturaleza. *La Jornada Maya*. Recuperado de <https://www.lajornadamaya.mx/yucatan/191812/invertir-en-un-cenote-las-implicaciones-ecologicas-de-explotar-la-naturaleza>
- 108 Calcelín, J., Melgoza, A. & Rincón, S. (2022, 2 de marzo). Daño ambiental en Yucatán: la explotación descontrolada de fuentes de agua en el paraíso maya. *Univisión*. Recuperado de <https://www.univision.com/noticias/america-latina/un-cacique-del-agua-en-el-paraiso-maya>
- 109 Osorio, J. (2022, 30 de abril). Destruyen cenotes para atraer visitantes a sus comunidades. *Diario de Yucatán*. Recuperado de <https://www.yucatan.com.mx/yucatan/2022/4/30/destruyen-cenotes-para-atraer-visitantes-sus-comunidades-317195.html>
- 110 Impreso. (2019, 22 de julio). Cenotes dañados. *Diario de Yucatán*. Recuperado de <https://www.yucatan.com.mx/merida/2019/7/22/cenotes-danados-126994.html>
- 111 Matus, C. (2017, 20 de agosto). Imperioso proteger el acuífero maya. *Agua.org.mx*. Recuperado de <https://agua.org.mx/imperioso-proteger-acuifero-maya/>
- 112 Rico, D. (2021, 11 de febrero). Cenotes en Yucatán, Buscan ser reconocidos como patrimonio ante la UNESCO. *Por Esto!*. Recuperado de <https://www.porestonet.net/yucatan/2021/2/11/cenotes-en-yucatan-buscan-ser-reconocidos-como-patrimonio-ante-la-unesco-237062.html>
- 113 Varela, M. (2021, 27 de agosto). Se vende cenote a 25.000 dólares por falta de recursos. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/mexico/2021-08-28/se-vende-cenote-a-25000-dolares-por-falta-de-recursos.html>
- 114 desde el Balcón. (2015, 4 de septiembre). Se han aplicado solo dos multas a quienes dañaron cenotes. *Desde el Balcón*. Recuperado de <https://www.desdeelbalcon.com/se-han-aplicado-solo-dos-multas-a-quienes-han-danado-cenotes/>
- 115 Polanco Rodríguez, A. et al. (2017). Monitoring of organochlorine pesticides in blood of Maya women with uterine cervix cancer from Yucatan, Mexico. *Environmental Pollution*, 220(B), 853–862; Polanco Rodríguez, A. et al. (2017). Levels of persistent organic pollutants in breast milk of Maya women in Yucatán, México. *Environ Monit Assess*, 189(59).



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Finalmente, un asunto que merece más atención es el proceso de actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán (POETY). La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece dicho instrumento de política ambiental para regular el uso del suelo y las actividades productivas con el objetivo de proteger el medioambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. En estos momentos el POETY se encuentra en proceso de actualización. De acuerdo con un investigador que pidió permanecer en el anonimato, en la versión actualizada del programa se permiten actividades productivas en el Anillo de Cenotes que no son aptas para la zona, como las granjas porcícolas. Es decir, se trata de una actualización “a modo”.

Desde luego, más allá de la legislación y normatividad local, existen también marcos normativos nacionales e internacionales que protegen el medioambiente, las comunidades y la salud de las personas en Yucatán, y que son vinculantes para las autoridades locales. Tales son los casos del artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente a nivel nacional, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la Opinión Consultiva OC-23/17 sobre Medio Ambiente y Derechos Humanos de la Corte Interamericana de Derechos Humanos, el Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe, mejor conocido como Acuerdo de Escazú, amén de jurisprudencia en materia ambiental de la Suprema Corte de Justicia de la Nación y otros tribunales. Dicho en otras palabras, las autoridades locales no tienen excusa para no cumplir con sus obligaciones para proteger el Anillo de Cenotes.

2.2 Ausencia de infraestructura

Otro grave problema que padece Yucatán relacionado con la contaminación del agua es la falta de infraestructura para el saneamiento del agua. De acuerdo con la CONAGUA, Yucatán ocupa el penúltimo lugar del país en cuanto a este tipo de infraestructura. Como se puede apreciar en la información relativa a las Plantas de tratamiento de agua residual (estatal) de 2021, Yucatán, Quintana Roo y Coahuila son los estados que cuentan con menor número de este tipo de plantas¹¹⁶.

El estado cuenta con una infraestructura hidráulica precaria para el saneamiento y para potabilizar agua, la cual, por definición, debería ser apta para consumo humano sin tener afectaciones a la salud. Como se detallará más adelante, el agua potable en Yucatán rebasa los límites oficiales de máximos permitidos de residuos contaminantes y es peligrosa para la salud humana. De esta forma, de acuerdo con la CONAGUA, anualmente se descargan en el acuífero de Yucatán 102.3 Mm³ de aguas residuales sin tratamiento adecuado debido a la insuficiencia de las 88 plantas industriales y 28 municipales¹¹⁷.

La lista de plantas de tratamiento de agua residual (estatal) de la CONAGUA registra 171 plantas: 153 son secundarias, 17 primarias y solo una es terciaria. Las plantas primarias realizan una separación muy básica entre sólidos y líquidos¹¹⁸. Las secundarias eliminan otros elementos como bacterias y microorganismos

116 CONAGUA. Plantas de tratamiento de agua residual (estatal). Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=plantasTratamiento&n=estatal>

117 Hoogesteijn Reul, A. et al. (2015). La contaminación fecal en cenotes de interés turístico y recreacional del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 19(3), 169-175, p. 170.

118 García-Astillero, A. (2018, 6 de agosto). Tipos de tratamiento de aguas residuales. *Ecología Verde*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-tratamiento-de-aguas-residuales-1448.html>



con una eficacia del 90 por ciento. Sin embargo, para eliminar agentes patógenos como bacterias fecales (*Coliformes fecales*) se necesita un tratamiento terciario, el cual es escaso en la entidad. Cabe aclarar que esto se refiere únicamente a la calidad microbiológica del agua, no así a la infraestructura para el tratamiento de plaguicidas, metales pesados y otras sustancias. En Yucatán no hay sistemas de filtración y purificación para tratar dichas sustancias tóxicas. Asimismo, como explica la doctora Aguilar, debido a la elevada cantidad de contaminantes de materia orgánica de las aguas porcícolas, las plantas secundarias casi nunca funcionan.

La situación anterior se agrava si consideramos el crecimiento de la población de Yucatán, así como la expansión de desarrollos inmobiliarios. En el censo del 2020 se contabilizó una población de 2, 320 898 habitantes, cifra que creció en la última década en un 1.8 por ciento anual. A pesar del aumento de la población, no se ha invertido en infraestructura de agua potable que le siga el ritmo al desarrollo inmobiliario. De hecho, como se informa en el *Programa Hídrico Regional 2021-2024* para la Península de Yucatán, en Yucatán “hay una tendencia a la baja en las inversiones que se destinan a este sector [infraestructura de agua potable, drenaje y saneamiento]”¹¹⁹. Así, como cuestionó un especialista que prefirió permanecer en el anonimato, “toda la gente está viniendo por la inseguridad del resto del país, ¿cómo enfrentamos este fenómeno si ni siquiera tenemos infraestructura para el agua?”.

Por las razones anteriores, Yucatán se encuentra en los últimos lugares del país en el manejo sustentable del medio ambiente. De acuerdo con el Subíndice de Manejo Sustentable del Medio Ambiente elaborado por el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), en 2012, Yucatán ocupó el lugar número 28 de 32; en 2014, bajó al puesto 29; en 2016 subió al 27 y en 2018 al 26, pero en 2020 descendió al antepenúltimo lugar, el 30. Particularmente, en su edición de 2018, el IMCO observó un mal manejo de aguas residuales en Yucatán, con un tratamiento de 0.11% de litros por segundo por cada 1,000 habitantes. En el Subíndice de 2020, el IMCO subrayó que Yucatán fue la entidad que tuvo un mayor descenso en la posición con relación a años anteriores y, de nuevo, observa el mal manejo de aguas residuales. De hecho, de acuerdo con este instrumento, Yucatán ocupa el último lugar a nivel nacional en volumen de aguas residuales tratadas¹²⁰.

33

2.3 Amenazas

Yucatán no cuenta con la regulación suficiente ni con la infraestructura adecuada para tratar el problema de la contaminación del agua de los cenotes. ¿Cuáles son las actividades humanas que más contaminan el vulnerable acuífero de la entidad? Como veremos en lo que sigue, el gobierno de Yucatán respondió a la crisis de la industria del henequén procurando diversificar la economía local con actividades que no toman en cuenta las particularidades del agua y el suelo de la región. En consecuencia, las comunidades mayas (y la población no maya también), así como diversas especies, ya están sufriendo los efectos en su salud.

Mucho se ha escrito sobre el auge y caída de la industria henequenera y este no es el espacio para desarrollar el tema. Lo que debe ser destacado aquí es que los municipios que conforman el Anillo de Cenotes se ubican en la región que fue denominada zona henequenera, en el centro y noroccidente del estado, y también fueron parte del Gran Ejido Henequenero creado en 1938. La industria del henequén tuvo su

119 Comisión Nacional del Agua. (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024. Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua, p. 70.

120 Instituto Mexicano para la Competitividad. Manejo Sustentable del Medio Ambiente. Informe publicado cada dos años por el Instituto Mexicano de Competitividad. Recuperado de https://imco.org.mx/pub_indices/2020/06/01/ii-manejo-sustentable-del-medio-ambiente/

AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)



principal auge a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX. En ese período, la clase hacendada se hizo una de las más ricas de México, mientras que, en muchas haciendas, los peones henequeneros se encontraron en condiciones de esclavitud, como las describió y denunció el periodista John Kenneth Turner en su libro *México bárbaro*. A partir de 1918, la industria henequenera comenzó un proceso de declive que culminó en 1992, cuando el Estado jubiló de manera anticipada a miles de trabajadores henequeneros.

Así, las tierras antes dedicadas al cultivo del henequén se convirtieron en escenarios para el establecimiento de granjas avícolas y porcícolas, la extracción de materiales de construcción, la horticultura, la instalación de maquiladoras, entre otras actividades económicas. Uno de los atractivos de esta región es su acceso al agua subterránea, así como tierras baratas y mano de obra disponible. El historiador Paul K. Eiss describe bien esta situación:

Como otras granjas avícolas y porcícolas comerciales en la región, las granjas aledañas a Nohuyum son el producto del declive de los ejidos henequeneros, la cual trajo nuevas oportunidades para empresas que buscaban tierra y trabajo baratos. Empresas como Campi, Sanjor, Kaki y Avícolas Fernández se expandieron, abasteciendo no solo la demanda estatal por huevos y pollo, sino también a los mercados nacionales. Más de doscientas granjas empleando alrededor de dos mil trabajadores se establecieron en los alrededores de Mérida¹²¹.

Es en este contexto en el que proliferaron dos de las principales fuentes de contaminación del Anillo de Cenotes documentadas por los estudios científicos: el uso de plaguicidas peligrosos y las granjas avícolas y porcícolas. Si retomamos observaciones como las de John Kenneth Turner, podemos sugerir que los mayas y otros pobladores rurales pasaron del duro trabajo en las haciendas henequeneras a escenarios tóxicos de alto riesgo, de esclavos a intoxicados. Pero es fundamental tener presente que estas actividades económicas no son las únicas posibles en la región y, como veremos más adelante, algunas comunidades han incurrido en el ecoturismo de cenotes y la agricultura ecológica, empresas mucho más aptas para la región.

Antes de entrar de lleno a las fuentes de contaminación señaladas al inicio de esta parte, dedicaremos unas palabras al problema de la contaminación del agua de Yucatán en general, el cual, en las últimas décadas, ha merecido la atención de distintos sectores de la población.

Como señalamos en la primera parte de este informe, por lo menos desde la década de los 70 del siglo XX, diversos estudios científicos han documentado la alta vulnerabilidad del acuífero subterráneo yucateco a la contaminación. Por ejemplo, en un artículo publicado en la revista *Science* en 1974, Donald Doehring y Joseph Butler registraron la presencia de sólidos disueltos en el agua subterránea de 200 a más de 4,000 partes por millón (ppm). De acuerdo con los autores, las principales fuentes de contaminantes biológicos son las aguas residuales y los animales domésticos. Concluyeron que

el clima cálido y periódicamente húmedo, la transmisibilidad extremadamente alta del lecho rocoso, la falta de una cobertura sustancial del suelo, el bajo gradiente hidrológico y las prácticas locales de saneamiento en conjunto tienden a optimizar la propagación de enfermedades transmitidas por el agua¹²².

121 Eiss, P.K. (2010). *In the Name of El Pueblo. Place, Community, and the Politics of History in Yucatán*. Durham, Londres: Duke University Press, p. 192.

122 Doehring, D. & Butler, J.H. (1974). Hydrogeologic Constraints on Yucatán's Development. The peninsula's water resource is threatened by man-induced contamination. *Science*, 186(4164), 591-595, p. 595.



Particularmente para la región del Anillo de Cenotes, en un artículo publicado en 1994, L.E. Marín y E.C. Perry señalaron que el de Yucatán es “un acuífero muy vulnerable que tradicionalmente recibe tanto descargas domésticas como industriales”, y que el “semicírculo de cenotes” es una zona de extrema permeabilidad. Observan el “uso sin cuidado de plaguicidas y herbicidas” y que más del 40% de muertes de niños menores de seis años son causadas por enfermedades gastrointestinales ocasionadas por patógenos transportados por el agua subterránea. Por esta razón, apuntan, la temporada de lluvias también es conocida como “temporada de diarrea”¹²³.

Pocos años después, en un estudio publicado en 1997, Julia Pacheco y Armando Cabrera tomaron 380 muestras de agua en ocho pozos someros en el norte de Yucatán (de los municipios de Komché, Dzibichaltún, Chablekal, Xcanatun, Temozón norte, Dzityá, Zodzil, Santa Gertrudis Copó y Cholul) y encontraron que, en el 56% de las muestras analizadas, las concentraciones de nitratos son mayores de 45 mg/l, una cifra que excede por mucho el límite máximo permitido por las autoridades sanitarias de México y Estados Unidos. De acuerdo con Pacheco y Cabrera, estas concentraciones de nitratos podrían provocar metahemoglobina en los niños, mejor conocido como el “síndrome del niño azul”. Asimismo, los autores plantean que los animales domésticos y desechos humanos, así como los fertilizantes agrícolas, son las más probables fuentes de altas concentraciones de nitratos en el agua subterránea y concluyen que el “agua subterránea del área estudiada es clasificada de baja calidad debido a los contenidos de nitrato y coliformes”¹²⁴.

A partir de estudios como los arriba citados, en 1999, Javier Alcocer y sus colegas publicaron un artículo en el que hicieron un repaso de algunas de las principales fuentes de contaminación del acuífero yucateco: el crecimiento de la población, el aumento del turismo, la sobreexplotación de los pozos de abastecimiento, los patógenos generados por la porcicultura, el fecalismo al aire libre y plaguicidas como el diazinón¹²⁵. A una conclusión similar llegaron Luis Marín y sus colegas en un estudio publicado en el año 2000:

en este acuífero de casi pura caliza se ha documentado la presencia de elementos potencialmente tóxicos en varios de los pozos de abastecimiento público de agua potable, tales como plomo, cromo, níquel, arsénico y cadmio, así como algunos compuestos orgánicos, muy por encima de la Norma Mexicana para agua potable. Esta situación es particularmente preocupante en la zona norte de Mérida, ya que existen comunidades a lo largo del curso del flujo de agua subterránea que también dependen del agua subterránea como su única fuente de agua potable¹²⁶.

Hemos visto que el problema de contaminación del agua subterránea de Yucatán ha sido documentado por estudios científicos. No obstante, algunos acontecimientos han provocado una mayor preocupación pública por este problema. En 2012, el Estado mexicano autorizó a la empresa de biotecnología Monsanto un permiso de siembra comercial de soya genéticamente modificada en la península de Yucatán y otros cuatro estados de la república. La soya genéticamente modificada es resistente al herbicida Roundup,

123 Marín, L. E. & Perry, E.C. (1994). The Hydrogeology and contamination potential of northwestern Yucatán, Mexico. *Geofísica Internacional*, 33(4), 619-623, pp. 620 y 622.

124 Pacheco, J. & Cabrera, A. (1997). Groundwater Contamination by Nitrates in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 5(2), 47-53, pp. 50-51.

125 Alcocer Durand, J. et al. (1999). Contaminación del agua subterránea en la península de Yucatán, México. *Imagen Veterinaria*, 1(1), 41-50.

126 Marín, L. et al. (2000). Hydrogeology of a contaminated sole-source karst aquifer, Mérida, Yucatán, Mexico. *Geofísica Internacional*, 39(4), 359-365, p. 364.

AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)



producido por la propia Monsanto, el cual contiene glifosato, una sustancia que ha sido clasificada como probable cancerígena para seres humanos por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la Organización Mundial de la Salud. La movilización en contra de este permiso por parte de apicultores, ambientalistas, organizaciones de derechos humanos, entre otros, posicionó “a nivel nacional el debate en torno al creciente riesgo de contaminación del manto freático en la PY [Península de Yucatán] por la utilización de agrotóxicos”¹²⁷.

Por otra parte, la autorización que dio el Gobierno de Yucatán en 2016 a la empresa Producción Alimentaria Porcícola para instalar una mega granja de 49,000 cerdos en el municipio de Homún, ubicado en la zona de recarga del Anillo de Cenotes —como hemos visto, la región más vulnerable a la contaminación del acuífero subterráneo— provocó una intensa movilización por parte de ciudadanos de Homún dedicados al ecoturismo de cenotes que contribuyó a visibilizar el grave problema de contaminación del agua por los desechos de las granjas porcinas y su alto impacto a la salud humana y al ecosistema.

Así, gracias a casos como el de la siembra de soya genéticamente modificada y la mega granja porcina de Homún, el problema de contaminación del agua de Yucatán ha llamado la atención de medios de comunicación locales, nacionales e incluso internacionales (medios como *El País*, de España¹²⁸, y *Deutsche Welle*, de Alemania¹²⁹, han producido diversos reportajes sobre el tema); de la Arquidiócesis de Yucatán¹³⁰, que ejerce una importante influencia en la entidad; y en el medio académico del estado. Por ejemplo, en 2017, la etnohistoriadora Mónica Chávez Guzmán editó el libro *El manejo del agua a través del tiempo en la Península de Yucatán*, el cual, de acuerdo con la autora, tuvo su origen en “el rápido incremento que se observa en la actualidad en la contaminación del agua peninsular, principalmente, pero también la futura posible disminución del manto acuífero por el crecimiento exponencial de la población y los cambios climáticos globales registrados”¹³¹. También ha sido un tema abordado por organizaciones de derechos humanos locales e internacionales, como Equipo Indignación y la Fundación para el Debido Proceso, las cuales publicaron en 2021 el informe *Contaminación del acuífero maya. Responsabilidad gubernamental y empresarial*. En este documento, sus autores, la abogada Lourdes Medina y los abogados Jorge Fernández y Orvelín Montiel, identifican tres principales fuentes de riesgos de afectación al derecho a un medio am-

36

127 Medina Carrillo, L., Fernández Mendiburu, J. & Montiel Cortés, J.O. (2021). *Contaminación del acuífero maya. Responsabilidad gubernamental y empresarial*. Mérida: Fundación para el Debido Proceso/Equipo Indignación, p. 53.

128 Véanse, por ejemplo, los siguientes reportajes: Casillas, K. (2021, 27 de abril). Seis niños contra 49.000 cerdos. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/mexico/2021-04-27/seis-ninos-contra-49000-cerdos.html>; Morán Breña, C. (2022, 20 de abril). Un nuevo peligro amenaza a los cenotes de Yucatán: los purines de las granjas de cerdos. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/mexico/2022-04-22/un-nuevo-peligro-amenaza-al-paraiso-de-los-cenotes-los-purines-de-las-granjas-de-cerdos.html>

129 Deutsche Welle. (2021, 9 de julio). La defensa del oro azul de la Península de Yucatán [video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=d3Zn7YwWtqU>

130 En octubre de 2018, la comisión de Pastoral Social de la Arquidiócesis de Yucatán organizó el I Foro sobre el Cuidado del Agua en Yucatán. El arzobispo de Yucatán, monseñor Gustavo Rodríguez Vega, expresó que “es muy importante que comencemos a tomar en serio el tema del agua potable, porque no es un recurso inacabable. Cuidémosla ahora para asegurar el presente y el futuro”. También hizo referencia a la encíclica ambientalista del Papa Francisco, *Laudato si*. Durán Yabur, M. (2018, 18 de octubre). El don sagrado del agua. *Diario de Yucatán*. Recuperado de <https://www.yucatan.com.mx/merida/2018/10/18/el-don-sagrado-del-agua-72275.html>

131 Chávez, M. (Ed). (2017). *El manejo del agua a través del tiempo en la Península de Yucatán*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, Fundación Gonzalo Río Arronte IAP, Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán, p. 22.



biente sano y al agua en Yucatán: el establecimiento de granjas industriales porcícolas, la utilización masiva de agrotóxicos y los permisos de extracción de agua¹³². A continuación nos detendremos, ampliaremos y profundizaremos en cada una de estas fuentes de riesgo.

2.3.1 Agrotóxicos

El incremento del uso de plaguicidas en el Anillo de Cenotes debe entenderse en el contexto de la crisis de la industria de henequén y la búsqueda de alternativas económicas para la región. Los campesinos mayas pasaron de las duras condiciones de trabajo del henequén —desde la siembra y el corte de la penca hasta el secado y la preparación de pacas— a la exposición a numerosas sustancias tóxicas.

Los estudios científicos sobre el tema en el Anillo de Cenotes han documentado la presencia de plaguicidas organoclorados y organofosforados en el agua subterránea de la región. Los plaguicidas organofosforados son sumamente tóxicos para mamíferos, aves y peces y la exposición a ellos ha estado asociada con problemas de fertilidad en seres humanos. Por su parte, los plaguicidas organoclorados (conocidos como OCP por sus siglas en inglés) son persistentes en el medio ambiente por años, son disruptores endocrinos promotores de diversos cánceres, malformaciones congénitas, daños cognitivos en el desarrollo de niños, se acumulan en los organismos (fenómeno conocido como “bioacumulación”), incluyendo a los seres humanos, y también pueden aumentar en la concentración de un contaminante en los tejidos de organismos en sucesivos niveles de la red trófica (proceso llamado “biomagnificación”). Algunos de los más conocidos son el DDT (el cual puede persistir en el suelo hasta por 30 años), el heptacloro, el lindano y el dieldrín. Muchos plaguicidas organofosforados y organoclorados han sido prohibidos en países desarrollados y en México, no obstante, como veremos adelante, su uso persiste en Yucatán.

El declive de la industria henequenera se remonta a 1918, pero fue hacia mediados del siglo xx, en el contexto del auge de las fibras sintéticas, que su crisis se hizo más evidente para las autoridades yucatecas, por lo que buscaron alternativas económicas para la región. Así, fue a finales de la década de los 50 que inició el empleo de plaguicidas sintéticos en Yucatán, fomentado por los programas del gobierno. Por ejemplo, en 1959, la Secretaría de Recursos Hidráulicos del gobierno federal invirtió “9 mil millones de pesos para establecer un total de 1400 ha de riego para el cultivo de cítricos y frutales”¹³³.

De manera notable, en 1964 se puso en marcha en el sur de Yucatán el Plan Chaac, un megaproyecto con fondos federales e internacionales (del Banco Interamericano de Desarrollo), que abarcó cerca de 4,000 hectáreas y fomentó el cultivo de cítricos y frutales en lugar del maíz de autoconsumo. Este proyecto ejerció presión a los agricultores para “recurrir a tecnología agrícola moderna que incluía el uso de injertos, fertilizantes y agroquímicos, y la práctica de riego intensivo”¹³⁴.

132 Medina Carrillo, L., Fernández Mendiburu, J. & Montiel Cortés, J.O. (2021). *Contaminación del acuífero maya. Responsabilidad gubernamental y empresarial*. Mérida: Fundación para el Debido Proceso/Equipo Indignación.

133 Pérez Herrera, N. et al. (2012). Efectos reproductivos en agricultores expuestos a plaguicidas en Muna, Yucatán. En Cedillo, L.A. & Cano-Robles, F.K. (Comps), *Género, ambiente y contaminación por sustancias químicas* (79-94). México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología, p. 84.

134 Pérez Herrera, N. et al. (2012). Efectos reproductivos en agricultores expuestos a plaguicidas en Muna, Yucatán. En Cedillo, L.A. & Cano-Robles, F.K. (Comps), *Género, ambiente y contaminación por sustancias químicas* (79-94). México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología, p. 84.

AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)



Así, a partir de esos años, el Gobierno de Yucatán intentó diversificar la economía del estado impulsando programas productivos hortícolas y frutícolas, como los cultivos de tomate, chile, calabaza, camote, cacahuete, sandía y melón, “con un alto consumo de fertilizantes y plaguicidas por hectárea”. Desde entonces podemos apreciar la relación entre el Estado, cuyos técnicos y extensionistas promovían dichos programas, con las empresas productoras de agroquímicos, “que favorecieron su compra a través de créditos gubernamentales, como el Banco Rural y el FIRA [Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura]; incluso muchos créditos agrícolas obligaban a los campesinos a utilizar plaguicidas recomendados por la SARH”¹³⁵.

En 1984, el Gobierno de Yucatán y el Gobierno federal presentaron el Programa de Reordenación de la Zona Henequenera y Desarrollo Integral, el cual “reconocía abiertamente que el henequén, actividad declinante, ya no podía fungir como palanca del desarrollo de Yucatán”¹³⁶. Este programa brindó facilidades a inversionistas de la industria maquiladora y también pretendía diversificar las actividades agropecuarias dentro y fuera de la zona henequenera, fomentar el turismo, entre otras actividades. Así, actualmente, algunos de los municipios ubicados en la Reserva del Anillo de Cenotes tienen como principal ocupación el trabajo en maquiladoras textiles (Acanceh, Homún, Sanahcat, Tekit), así como en granjas avícolas (Acanceh). El turismo, particularmente el ecoturismo de cenotes, representa una gran oportunidad económica (como sucede en los casos de Cuzamá y Homún), aunque en la mayoría los habitantes emigran de su municipio para trabajar como albañiles o en el servicio doméstico en Mérida y otras localidades¹³⁷.

A pesar de que uno de sus principales objetivos era el impulso de la industria maquiladora, con el Programa de Reordenación de la Zona Henequenera también se aprecia un incremento del uso de plaguicidas¹³⁸. De interés para este trabajo es que el cultivo de cítricos se expandió hacia el norte y noreste del estado, con un uso indiscriminado de plaguicidas, como ha sido documentado en algunos municipios del Anillo de Cenotes (Ixil, Mocochoá, Ucu) ¹³⁹. Asimismo, se impulsó la agricultura extensiva en Chocholá, Kinchil, Tecoh, Tekit e Izamal, y la intensiva en Sacalum y Buctzotz¹⁴⁰.

En 1996, el gobierno de Víctor Cervera Pacheco introdujo el cultivo de papaya maradol. Su semilla, traída de Cuba, fue ofrecida a agricultores junto con un paquete tecnológico para desarrollar los plantíos¹⁴¹. Aunque se considera un cultivo de “gran éxito”, que “se produce en miles de hectáreas en Yucatán”¹⁴², su

-
- 135 Pérez Herrera, N. et al. (2012). Efectos reproductivos en agricultores expuestos a plaguicidas en Muna, Yucatán. En Cedillo, L.A. & Cano-Robles, F.K. (Comps), *Género, ambiente y contaminación por sustancias químicas* (79-94). México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología, p. 84.
- 136 Canto, R. (2001). *Del henequén a las maquiladoras: la política industrial en Yucatán, 1984-2001*. Mérida: Instituto Nacional de Administración Pública/Universidad Autónoma de Yucatán, p. 66.
- 137 Gobierno del Estado de Yucatán. (2014, enero). Actividades económicas dentro de la Reserva Estatal Geohidrológica del Anillo de Cenotes.
- 138 Cobos Gasca, V., Barrientos Medina, R. & Chi Novelo, C. (2011). Los plaguicidas y su impacto sobre la fauna silvestre de la Península de Yucatán. *Bioagrobiencias*, 4(2), 4-9, p. 4.
- 139 Giácoman Vallejos, G. et al. (2018). Presence of DDT and Lindane in a Karstic Groundwater Aquifer in Yucatan, Mexico. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 38(2), 68-78.
- 140 Rendón von Osten, J. (2016). *Contaminación con plaguicidas en cenotes de la Península de Yucatán*. México: Universidad Autónoma de Campeche/Greenpeace.
- 141 Tamayo-Manrique, J.M. & Munguía-Gil, A. (2019). Dzidzantún, Yucatán. Del ejido henequenero al municipio hortícola productor. *Revista del Centro de Graduados e Investigación*, 34(76), 55-61, p. 59.
- 142 Triay, M. & Lámbarry, G. (2012). *Historias del poder en Yucatán (1967-2007)*. Mérida: CEPESA, p. 376.



producción implica un uso intensivo del plaguicida organofosforado diazinón¹⁴³. Como explica la bióloga y escritora Rachel Carson en su famoso libro *Primavera silenciosa*, los insecticidas organofosforados “actúan en el organismo vivo de un modo peculiar. Tienen la capacidad de destruir enzimas: los enzimas que efectúan funciones necesarias en el organismo. Su blanco es el sistema nervioso”¹⁴⁴.

Particularmente, han sido las hortalizas y los cítricos los cultivos que más usan de manera intensiva agroquímicos en la producción, seguidos del maíz y la siembra de pasto en la ganadería. De acuerdo con datos oficiales, mientras que en los ciclos agrícolas de Yucatán de 1989-1990 se usaron 606.8 toneladas de agroquímicos, para el ciclo 1995-1996 dicho consumo se triplicó a casi 2,000 toneladas y, en 2005, aumentó aún más a casi 4,800 toneladas¹⁴⁵. Para este periodo se ha registrado el uso de 74 plaguicidas, “de los cuales 44 son considerados como altamente peligrosos según la lista del Pesticide Action Network International”¹⁴⁶. Asimismo, 33 de estos plaguicidas están prohibidos en otros países. Los plaguicidas más utilizados son el glifosato (en marcas como Faena, Velfosato, Herbipol, entre otras), paraquat (en presentaciones como Diablotat, Gramoxone, Cerillo Antorcha), 2,4-D, imidacloprid, cipermetrina, clorpirifós, abamectina, metamidofós, novadurón y endosulfán. Todos los plaguicidas de esta lista son considerados de mediana a altamente peligrosos. Un estudio realizado a inicios de la década de los 90 sobre salud de horticultores del estado documentó que entre el 20 y 44% de los trabajadores mostraron síntomas de intoxicación vinculados con plaguicidas organoclorados¹⁴⁷.

Del mismo modo, el Gobierno de Yucatán aplicó grandes cantidades de dicloro-difenil-tricloroetano, plaguicida mejor conocido como DDT (alrededor de 33 toneladas), para combatir la epidemia de malaria de 1988 a 1990, y se sospecha que aún se puede apreciar la presencia de este plaguicida en el agua subterránea¹⁴⁸.

En este contexto se han realizado diversos estudios para conocer la contaminación del agua de los cenotes con plaguicidas. De acuerdo con Víctor Manuel Cobos Gasca y Roberto Carlos Barrientos Medina, “el estudio que puede considerarse como el pionero” en la evaluación de la calidad del agua subterránea y el problema de contaminación es “el de Santos-Vázquez (1989) quien determinó la presencia de OP (Folidol, Volatón y DDVP), organoclorados (BHC y Lindano) y carbamatos (Permetrín) en pozos profundos de abastecimiento ubicados en el Cono Sur del estado”¹⁴⁹.

143 Cobos Gasca, V., Barrientos Medina, R. & Chi Novelo, C. (2011). Los plaguicidas y su impacto sobre la fauna silvestre de la Península de Yucatán. *Bioagrociencias*, 4(2), 4-9, p. 4; Cobos, V., Mora, M.A. & Escalona, G. (2006). Inhibición de colinesterasa plasmática en el zorzal pardo (*Turdus grayi*), expuesto a diazinón en cultivos de papaya maradol en Yucatán, México. *Revista de Toxicología*, 23(1), 17-21.

144 Carson, R. (2017). *Primavera silenciosa*. México: Booket, pp. 27 y 28.

145 Pérez Herrera, N. et al. (2012). Efectos reproductivos en agricultores expuestos a plaguicidas en Muna, Yucatán. En Cedillo, L.A. & Cano-Robles, F.K. (Comps), *Género, ambiente y contaminación por sustancias químicas (79-94)*. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología, p. 85.

146 Gómez, I. (2017). El uso de plaguicidas altamente peligrosos en la Península de Yucatán. En Bejarano, B. (Coord y Ed), *Los plaguicidas altamente peligrosos en México (279-308)*. México: Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, A.C.

147 Cobos Gasca, V., Alvarado Mejía, J. & González Navarrete, L. (1992). Insecticidas y herbicidas de mayor uso en los horticultores de Yucatán. Implicaciones a la salud y el ambiente. *Revista Biomédica*, 5(4), 180-190.

148 Cobos Gasca, V. et al. (2014). Plaguicidas organoclorados: contaminantes persistentes en cenotes de Yucatán. *Bioagrociencias*, 7(1), 24-27.

149 Cobos Gasca, V. & Barrientos Medina, R.C. (2018). Los plaguicidas organofosforados y su impacto en el ambiente acuático de Yucatán, México. *Bioagrociencias*, 11(1), 5-10, p. 6.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Para este trabajo se encontraron y revisaron 20 publicaciones científicas sobre la contaminación del agua subterránea en el Anillo de Cenotes con diversos plaguicidas (ver anexo), aunque también fueron consultados artículos sobre el tema en otras regiones de Yucatán, particularmente la agrícola del sur y la ganadera al oriente de la entidad.

Entre los principales resultados de los estudios revisados podemos destacar la detección de altos niveles de plaguicidas organoclorados y organofosforados altamente peligrosos, tanto en el agua subterránea como en la sangre y leche materna. Entre ellos se encuentra el DDT¹⁵⁰, endosulfán, heptalocro, aldrin, clordano, lindano, endrin, metoxicloro¹⁵¹, glifosato, paraquat, 2-4-D, imidacloprid, cipermetrina, clorpirifos, abamectina, metamidofos¹⁵², sulfotep, dimethoate, paratión metílico, diazinon¹⁵³.

En varios de estos estudios, el compuesto que más se presentó en los cenotes fue el DDT; en otro estudio, el lindano se detectó en todos los cenotes analizados; en uno más, fue el heptacloro del que se encontraron las concentraciones más altas en el agua. En todos los casos, estas sustancias rebasaron los límites permitidos por la norma mexicana NOM-127-SSA1-1994¹⁵⁴. Los estudios confirman que el agua potable con estos contaminantes no es apta para consumo humano.

-
- 150 Rodas-Ortiz, J. P. et al. (2008). Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls Levels in Human Milk from Chelem, Yucatán, México. *Bull Environ Contam Toxicol*, 80, 255-259; Chi Novelo, C., Cobos, V., Barrientos, R., Navarro, J. y Rendón von Osten, J. (2011). Disrupción Endocrina en *Gambusia yucatanensis* por Plaguicidas Orgánicos Persistentes en el Anillo de Cenotes. *Mesoamericana*, 15(2), 255; Cobos Gasca, V. et al. (2014). Plaguicidas organoclorados: contaminantes persistentes en cenotes de Yucatán. *Bioagrociencias*, 7(1), 24-27; Rendón von Osten, J. (2016). Contaminación con plaguicidas en cenotes de la Península de Yucatán. *Greenpeace*; Giácoman Vallejos, G. et al. (2018). Presence of DDT and Lindane in a Karstic Groundwater Aquifer in Yucatan, Mexico. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 38(2), 68-78.
- 151 Cobos Gasca, V. et al. (2014). Plaguicidas organoclorados: contaminantes persistentes en cenotes de Yucatán. *Bioagrociencias*, 7(1), 24-27; Giácoman Vallejos, G. et al. (2018). Presence of DDT and Lindane in a Karstic Groundwater Aquifer in Yucatan, Mexico. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 38(2), 68-78; Polanco Rodríguez, A. et al. (2015). Contamination by organochlorine pesticides in the aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatán, México. *Water and Environment Journal*, 29(1), 140-150; Polanco Rodríguez, A. et al. (2015). Risk perception and chronic exposure to organochlorine pesticides in Maya communities of Mexico. *Human and Ecological Risk Assessment: an International Journal*, 21(7), 1960-1979; Polanco Rodríguez, A. et al. (2017). Monitoring of organochlorine pesticides in blood of women with uterine cervix cancer. *Environmental Pollution*, 220 (B), 853-862; Polanco Rodríguez, A. et al. (2017). Levels of persistent organic pollutants in breast milk of Maya women in Yucatan, Mexico. *Environ Monit Assess*, 189(2), 59; Polanco Rodríguez, A., et al. (2021). Organochlorine pesticides in the drinking water of Merida and its Metropolitan Zone, a Karst Region. *Urban Water Journal*, 19(1), 40-50; Polanco-Rodríguez A. y A. Araujo León. (2021). Contaminación del agua en el anillo de Cenotes: escenario sociocultural, ambiental y político. En F. Árcega, et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo* (259-273). México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España.
- 152 Tamayo Manrique, J. M., Munguía Gil, A. y Polanco Rodríguez, A. (2018). Los conocimientos tradicionales y los insumos modernos en agricultura del municipio de Dzidzantún, Yucatán. *Revista del Pensamiento Sociológico*, 19(36), 391-414; Rendón von Osten, J. (2016). Contaminación con plaguicidas en cenotes de la Península de Yucatán. *Greenpeace*; Rodríguez-Fuentes, G. y Noreña-Barroso, E. (2021). Contaminación y su efecto en peces de cenotes de Yucatán. En F. Árcega, et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo* (227-246). México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España; Sandoval-Gío, J. J. et al. (2021). First Evidence of Glyphosate in American Horseshoe Crab from the Yucatan Peninsula in Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 108(4), 646-651.
- 153 Lorenzo-Flores, A. et al. (2017). Adsorption of organophosphorus pesticides in tropical soils: The case of karst landscape of northwestern Yucatan. *Chemosphere*, 166, 292-299.

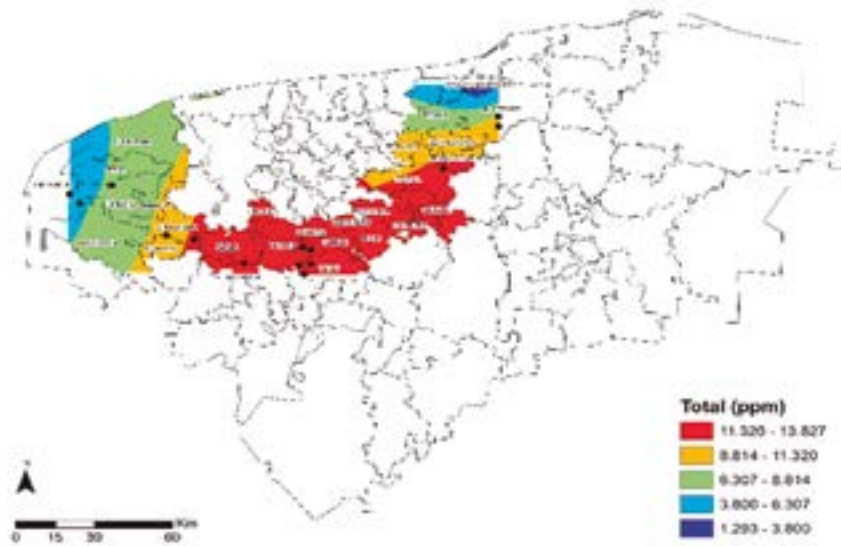


Ilustración 7. Concentración total de plaguicidas organoclorados en pozos y cenotes ubicados en la zona de Anillo de Cenotes. Fuente: Polanco. (2011).

Cabe destacar que los plaguicidas más detectados en el agua del Anillo de Cenotes —como el dieldrín, endrín, heptacloro, lindano, endosulfán— han sido considerados productos químicos peligrosos cancerígenos. Los instrumentos internacionales sobre la materia, como el Convenio de Estocolmo y el Convenio de Rotterdam, han recomendado a los Estados adoptar medidas para su eliminación. El Convenio de Estocolmo postula la restricción del uso del DDT solo para control del paludismo mediante supervisión de la Organización Mundial de la Salud. Como documenta Fernando Bejarano González, los siguientes plaguicidas cuentan con registro sanitario en México, pero se encuentran prohibidos o no autorizados en más de 30 países: el endosulfán está prohibido en 75 países, el DDT en 71, el paratión metílico en 59, el paraquat en 38¹⁵⁵.

154 Cobos Gasca, V. et al. (2014). Plaguicidas organoclorados: contaminantes persistentes en cenotes de Yucatán. *Bioagrobiencias*, 7(1), 24-27; Polanco Rodríguez, A. et al. (2015). Contamination by organochlorine pesticides in the aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatán, México. *Water and Environment Journal*, 29(1), 140-150; Giácoman Vallejos, G. et al. (2018). Presence of DDT and Lindane in a Karstic Groundwater Aquifer in Yucatan, Mexico. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 38(2), 68-78; Polanco Rodríguez, A., et al. (2021). Organochlorine pesticides in the drinking water of Merida and its Metropolitan Zone, a Karst Region. *Urban Water Journal*, 19(1), 40-50; Polanco-Rodríguez A. y A. Araujo León. (2021). Contaminación del agua en el anillo de Cenotes: escenario sociocultural, ambiental y político. En F. Árcega, et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo* (259-273). México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España.

155 Bejarano González, F. (2017). Los plaguicidas altamente peligrosos: nuevo tema normativo internacional y su perfil nacional en México. En Bejarano González, F. (Coord y Ed), *Los plaguicidas altamente peligrosos en México* (13-137). México: Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, p. 98.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Al respecto, el Gobierno de México anunció en 2019 que estableció medidas para eliminar el uso de plaguicidas de alta peligrosidad, ya que “pueden ocasionar efectos adversos en la salud por inhalación de aire contaminado, ingesta de alimentos o agua que contengan sus residuos, o bien pueden generar contaminación del suelo”¹⁵⁶. Así, el 6 de noviembre de ese año se publicó el Decreto por el que se modifica la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación, el cual “hará posible prohibir la importación de diversas sustancias tóxicas”. No obstante, a mediados de julio de 2022, el Juez Sexto de Distrito en Materia Administrativa en la Ciudad de México concedió un amparo a Monsanto contra dicho Decreto. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales anunció que impugnará la resolución mediante un recurso de revisión¹⁵⁷.

¿Cuáles son los efectos de estos plaguicidas en la salud humana y el medio ambiente? Aunque fue publicada hace 60 años, la famosa obra de Carson, *Primavera silenciosa*, nos puede ofrecer una idea de las consecuencias de la exposición a dichas sustancias. Así, escribió que “disuelto en aceite, como está usualmente, el DDT es indudablemente tóxico”¹⁵⁸. “En experimentos con animales”, escribió Carson,

se ha encontrado que 3 partes por millón inhiben un enzima esencial en el músculo cardiaco; sólo 5 partes por millón ocasionan la necrosis o desintegración de las células hepáticas; sólo 2,5 partes por millón de dieldrín y clordano, productos estrechamente emparentados, hacen lo mismo¹⁵⁹.

Para el caso de los seres humanos,

sabemos que la persona promedio almacena cantidades potencialmente peligrosas. Según varios estudios, individuos sin ninguna exposición conocida (aparte de la inevitable correspondiente a la dieta) almacenan por término medio de 5,3 a 7,4 partes por millón. Los trabajadores agrícolas acumulan 17,1 partes por millón, y los obreros de fábricas de insecticidas ¡nada menos que 649 partes por millón!¹⁶⁰.

Además, “una de las más siniestras características del DDT y sustancias químicas afines es la manera con que se transmiten de un organismo a otro a través de todos los eslabones de la cadena alimentaria”. Asimismo, las moléculas de los plaguicidas organoclorados “imitan” las funciones naturales del sistema hormonal. Así, “el veneno, que al mismo tiempo es un potente neurotóxico, también puede ser transmitido por la madre a su descendencia”, y “los niños son más susceptibles al envenenamiento que los adultos”. Aún más, con ese proceso de transferencia, “lo que se inició con una pequeñísima proporción de DDT puede convertirse en una concentración elevada”¹⁶¹.

Por su parte, el heptacloro, ampliamente encontrado en cenotes de la región, “tiene una capacidad especialmente alta para almacenarse en la grasa”, por ello se denominan lipofílicos. De acuerdo con Carson:

156 Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2019, 10 de noviembre). Gobierno de México establece medidas para eliminar uso de plaguicidas de alta peligrosidad (Comunicado). Recuperado de <https://www.gob.mx/cofepris/prensa/gobierno-de-mexico-establece-medidas-para-eliminar-uso-de-plaguicidas-de-alta-peligrosidad-226795>

157 Portal Ambiental. (2022, 15 de julio). La Semarnat manifiesta su desacuerdo por amparo concedido a Monsanto. *Portal Ambiental*. Recuperado de <https://www.portalambiental.com.mx/politica-ambiental/20220715/la-semarnat-manifiesta-su-desacuerdo-por-amparo-concedido-a-monsanto>

158 Carson, R. (2010). *Primavera silenciosa*. México: Booket, p. 21.

159 Carson, R. (2010). *Primavera silenciosa*. México: Booket, p. 22.

160 Carson, R. (2010). *Primavera silenciosa*. México: Booket, p. 22.

161 Carson, R. (2010). *Primavera silenciosa*. México: Booket, p. 23.



Si la alimentación contiene una cantidad tan pequeña como 1/10 de una parte por millón, habrá cantidades apreciables de heptacloro en el cuerpo. Tiene asimismo la curiosa capacidad de transformarse en una sustancia químicamente distinta, conocida como epóxido de heptacloro. Esto lo hace en el suelo y en los tejidos, tanto de plantas como de animales. Pruebas en aves indican que el epóxido que resulta de este cambio es unas cuatro veces más tóxico que la sustancia original¹⁶².

Sobre el endrin, también detectado en cenotes de la región, Carson escribió que “es el más tóxico de todos los hidrocarburos clorados” y que

un pequeño cambio en su estructura molecular le hace 5 veces más venenoso. Esto hace que el progenitor de todo este grupo de insecticidas, el DDT, parezca en comparación casi inofensivo. El endrín es 15 veces más ponzoñoso que el DDT para los mamíferos, 30 veces más venenoso para los peces, y alrededor de 300 veces más venenoso para algunas aves. En la década de su uso, el endrín ha matado un número enorme de peces (...) su uso negligente está poniendo en peligro vidas humanas¹⁶³.

Al igual que el DDT, el gamma hexaclorociclohexano, mejor conocido como lindano, remonta sus antecedentes al siglo XIX. No obstante, como sucedió con otros plaguicidas organoclorados, el lindano comenzó a ser utilizado ampliamente a partir de la Segunda Guerra Mundial. Desde entonces, se ha empleado para el control de insectos en la agricultura y como ingrediente en lociones y champús para piojos y sarna en las personas, así como para erradicar garrapatas y otros parásitos en el ganado bovino. La especialista Rosa María Infanzón y sus colegas explican que, “por su estabilidad química y su gran afinidad con las grasas, se acumula en los tejidos ricos en ellas de los animales” y “puede migrar a largas distancias a través del aire en forma de vapores o adherido a las partículas del suelo o sedimentos”¹⁶⁴.

Por lo menos a partir de la década de 1970, diversos estudios han advertido sobre los efectos nocivos del lindano en el medio ambiente, particularmente en la fauna terrestre y, sobre todo, entre invertebrados acuáticos y peces. Por esta razón ha sido prohibido en países como Australia, Austria, Indonesia, Nueva Zelanda, Holanda, Canadá y Estados Unidos. Un estudio analizó la toxicidad del lindano en cladóceros (pulgas de mar), los cuales son “ampliamente empleados en bioensayos de toxicidad, debido a importantes características como: reproducción partenogenética, corto tiempo generacional, alta resistencia a cambios ambientales y como organismo filtrador poco selectivo”¹⁶⁵. El estudio halló que los parámetros reproductivos (número de neonatos por hembra, el tamaño de la camada y el índice de incremento natural) disminuyeron al aumentar la concentración del lindano, y el inicio de la madurez sexual se retrasó en estos organismos. Para el caso de los seres humanos, de acuerdo con Infanzón y sus colegas, “las personas expuestas laboralmente durante varios años al lindano desarrollaron cirrosis hepática y hepatitis crónicas”.

En 1998, el Catálogo Oficial de Plaguicidas de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas de México señaló que el lindano es un plaguicida de uso

162 Carson, R. (2010). *Primavera silenciosa*. México: Booket, p. 25.

163 Carson, R. (2010). *Primavera silenciosa*. México: Booket, p. 27.

164 Infanzón, R.M., Waliszewski, S.M., Carvajal, O. & Trujillo, P. (2005). El lindano. *La ciencia y el Hombre*, 18(1). Recuperado de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol18num1/articulos/lindano/index.htm>

165 Juárez, J. & Villagra de Gamundi, A. (2010). Toxicidad aguda y crónica del lindano sobre *Ceriodaphnia cornuta* (Cladocera: Daphniidae). *Revista Peruana de Biología*, 17(3), 371-376, p. 371.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

restringido en el país por su alto índice de persistencia y gran movilidad en el ambiente¹⁶⁶. Asimismo, en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, que entró en vigor en 1994, la Comisión de Cooperación Ambiental de los tres países de América del Norte concluyó que “el lindano impone riesgos considerables al medio ambiente” y recomendó la elaboración de un Plan de Acción Regional de América del Norte sobre este insecticida. Un informe del Instituto Nacional de Ecología de México concluye que las características de toxicidad del lindano “representan un riesgo para la salud pública y de los ecosistemas”¹⁶⁷.

En 2015, el lindano fue clasificado por un panel de expertos de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer dentro del Grupo 1 de la Agencia, lo que significa que “hay suficiente evidencia de la carcinogenicidad en humanos”, particularmente relacionado con el linfoma no Hodgkin¹⁶⁸. Hay evidencia sólida de que este insecticida tiene efectos inmunodepresivos que se presentan en las personas que fueron expuestas a esta sustancia. Un estudio de salud de agricultura de los Estados Unidos reportó aumentos significativos de casos de linfoma no Hodgkin en personas que, por ocupación laboral, fueron expuestas al lindano de manera periódica y prolongada¹⁶⁹.

No obstante, a pesar de su toxicidad y que su uso se encuentra restringido en México, el lindano fue detectado en todos los cenotes estudiados de la región.

También se han estudiado los efectos de estos plaguicidas en peces y, en menor medida, en aves del Anillo de Cenotes. Entre los efectos se encuentran alteración de sistemas hormonales, cambios de conducta y, particularmente, para los peces, dificultades para reproducirse, lo cual puede tener un impacto en la población de los peces de cenotes¹⁷⁰.

Hay que destacar que, como han documentado Polanco y sus colaboradores, en las comunidades mayas del Anillo de Cenotes que estudiaron hay una baja percepción de los riesgos a la salud humana y salud ambiental por el uso de plaguicidas. Mediante la realización de entrevistas con productores y habitantes de las comunidades, los investigadores encontraron la idea de que los agroquímicos, o “líquidos”, como les llama la población local, no contaminan los cultivos. Muchas personas respondieron que uno o dos días después de haber rociado agroquímicos podían comer la comida a la que se le había aplicado los plaguicidas. El 87% de las personas entrevistadas respondió que el viento se lleva el líquido y que se disuelve en el aire. El 94%

166 Avalos Gómez, M. & Ramírez Gutiérrez, J. (2003). La situación del lindano en México. *Gaceta Ecológica*, 69, 93-100.

167 Instituto Nacional de Ecología. (2004). *El lindano en México*, p. 47.

168 Loomis, D., Guyton, K., Grosse, Y. et. al. (2015). Carcinogenicity of lindane, DDT, and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *The Lancet Oncology*. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00081-9](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00081-9)

169 Ecologistas en Acción. (2021). Lindano presente de un legado tóxico, una plaga para la salud de nuestros ríos, el medioambiente y las personas. Recuperado de <https://www.ecologistasenaccion.org/175455/>

170 Chi Novelo, C., Cobos, V., Barrientos, R., Navarro, J. y Rendón von Osten, J. (2011). Disrupción Endocrina en Gambusia yucatanana por Plaguicidas Orgánicos Persistentes en el Anillo de Cenotes. *Mesoamericana*, 15(2), 255; Cobos Gasca, V., Barrientos Medina, R. y Chi Novelo, C. (2011). Los plaguicidas y su impacto sobre la fauna silvestre de la Península de Yucatán. *Bioagrociencias*, 4(2), 4-9; Cobos Gasca, V. et al. (2014). Plaguicidas organoclorados: contaminantes persistentes en cenotes de Yucatán. *Bioagrociencias*, 7(1), 24-27; Polanco Rodríguez, A. et al. (2015). Contamination by organochlorine pesticides in the aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatán, México. *Water and Environment Journal*, 29(1), 140-150; Rendón von Osten, J. (2016). Contaminación con plaguicidas en cenotes de la Península de Yucatán. *Greenpeace*; Giacomán Vallejos, G. et al. (2018). Presence of DDT and Lindane in a Karstic Groundwater Aquifer in Yucatan, Mexico. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 38(2), 68-78; Polanco Rodríguez, A. et al. (2022). Organochlorine pesticides in the drinking water of Merida and its Metropolitan Zone, a Karst Region. *Urban Water Journal*, 19(1), 40-50.



expresó que los químicos no contaminan el agua subterránea, “que no alcanza el agua subterránea”, “que se desintegran en el camino” o que “permanecen en el suelo o se los lleva el aire”¹⁷¹.

En entrevistas realizadas para este informe pudimos apreciar la prevalencia de la percepción documentada por Polanco y sus colaboradores. Así, por ejemplo, en el municipio de Tecoh, uno de los más contaminados por plaguicidas organoclorados de acuerdo con los estudios de Polanco, personas dedicadas al cuidado del agua nos comentaron que un cenote ubicado en el centro del pueblo de Telchaquillo, de uso turístico, está limpio. “Tratamos de poner letreros que nos ayuden a no ensuciarla [el agua del cenote], no tirar la basura ahí, para que no tenga mala imagen y nos ayude a conservar”. No obstante, también observan que hay animales de la zona que ya se han extinguido y que hay aves que ya no se ven. Una ciudadana del pueblo de Chinkilá, también en el municipio de Tecoh, confirma que el cenote abierto al turismo de su comunidad está limpio y que “no quemamos basura, no lo fumigamos. Tratamos que no perjudique el lugar ni la basura que generan los visitantes”.

Aunque son los productores quienes aplican sin mayores cuidados los plaguicidas anteriormente señalados, no se les puede responsabilizar del todo sobre esta acción. Por el contrario, en condiciones de pobreza y marginación, estos agroquímicos son los más accesibles y son promovidos por el gobierno y por las empresas, en el marco más amplio de un modelo de desarrollo agroindustrial basado en monocultivos y paquetes tecnológicos que incluyen dichos plaguicidas. Como han documentado diversos estudios, la información sobre la toxicidad de los plaguicidas presente en las etiquetas de los envases no siempre es clara para las personas que los aplican. En su informe presentado ante la Asamblea General de las Naciones Unidas en julio de 2015, el Relator Especial sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos, Baskut Tuncack, explica que la información sobre sustancias tóxicas como los plaguicidas no solo debe estar disponible, sino que también debe ser accesible, funcional y acorde a los principios de no discriminación e igualdad. Aunque son los productores quienes aplican los plaguicidas, los Estados están “obligados a tomar todas las medidas necesarias para garantizar el derecho a la información sobre los efectos negativos de las sustancias y los desechos peligrosos”¹⁷².

No obstante el uso intensivo de agroquímicos en la región, en el estado también existen alternativas agroecológicas, como la Escuela de Agricultura Ecológica U Yits Ka’an, los Guardianes de las Semillas del Sur de Yucatán, Zutut’ha, Cultiva: Alternativas de regeneración, entre otras. Estas organizaciones están trabajando para preservar los saberes campesinos sobre la milpa maya, un sistema de policultivo que, ante las particularidades kársticas del suelo de la región, se basa en la roza, tumba y quema, esto es, en una práctica itinerante de cultivo que derriba una parte de la selva, seca y quema la madera y leña y después deja descansar el suelo para su recuperación. También se dedican a la preservación e intercambio de semillas de variedades criollas de maíz. Asimismo, están incorporando conocimientos y técnicas contemporáneas de producción agroecológica y agroforestal. Estas experiencias nos recuerdan que el modelo de desarrollo agroindustrial hegemónico, basado en grandes extensiones de monocultivos y en el uso intensivo de agroquímicos, no es el único posible.

171 Polanco Rodríguez, A. et al. (2015). Risk perception and chronic exposure to organochlorine pesticides in Maya communities of Mexico. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(7), 1960-1979.

172 Naciones Unidas. Informe del Relator Especial sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos, Baskut. Tuncak. A/HRC/30/40, 8 de julio de 2015, párr. 48.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

2.3.2 Granjas

Si el permiso de siembra comercial de soya genéticamente modificada fue el caso que detonó la atención en torno al impacto de los plaguicidas en la salud y el medio ambiente en la península de Yucatán (particularmente en el municipio de Hopelchén, en Campeche), el caso de la granja porcícola de Homún hizo lo propio para esta industria a partir de 2017. No obstante, como ya hemos señalado, el problema de la contaminación del agua por las granjas porcinas ha sido documentado por diversos estudios básicamente desde que esta actividad económica comenzó a ser impulsada por el Gobierno de Yucatán como una alternativa frente a la crisis de la industria del henequén. Veamos un poco de historia.

La expansión del Puerto de Altura de Progreso en 1989 permitió un notable incremento en la capacidad de recibir toneladas de carga de los barcos en la costa yucateca: mientras que el muelle original de 1943 permitía recibir un máximo de 5,000 toneladas, el nuevo puerto podía albergar 22 mil toneladas. El Puerto no detonó el turismo de cruceros, como originalmente se pretendía, sino la avicultura y la porcicultura comercial, gracias a la capacidad de recibir una mayor carga de granos¹⁷³. Para Benjamín Paredes Góngora, Presidente del Consejo de administración de Canteras Peninsulares (empresa a cargo de la construcción del Puerto de Altura), esta obra “creó la industria avícola” en Yucatán¹⁷⁴.

El renovado Puerto de Altura de Progreso también posibilitó el despegue de la industria porcícola en el estado. Mientras que en el período de 1984 a 1992 la medida anual de producción de carne en el estado era de 16,667.2 toneladas, en 1993 aumentó más del doble, a 38,278.6 toneladas¹⁷⁵. Este incremento fue posible, de acuerdo con Adam Drucker y sus colegas, debido a la participación de grandes empresas productivas y al establecimiento de nuevos esquemas asociativos entre particulares y ejidatarios¹⁷⁶. Este es el caso particular de Kekén, empresa fundada en 1993 y considerada “única en el estado”, pues consiste en una “fusión de intereses y capital entre el sector privado y 400 ejidatarios”, según Raúl Casares G. Cantón, uno de los creadores de la empresa¹⁷⁷. De acuerdo con Claudio Freixes, Director general de Kekén, la empresa tramita créditos

para generar nuevas fuentes de riqueza entre campesinos que anteriormente se dedicaban al cultivo del henequén (...) Kekén tiene un tesoro muy grande: en las áreas rurales donde hay poca inversión porque no hay buenos suelos para la agricultura, somos la única empresa que invierte de la mano de los campesinos, permitiendo que se vuelvan dueños de sus empresas¹⁷⁸.

Durante el gobierno del presidente Ernesto Zedillo (1994-2000), las políticas industriales federales se centraron en la creación de agrupamientos industriales o *clusters* para las diversas entidades federativas de

173 Riacho, R. citada en Triay, M. & Lámbarry, G. (2012). *Historias del poder en Yucatán (1967-2007)*. Mérida: CEPESA, pp. 433-434.

174 Góngora, P. citada en Triay, M. & Lámbarry, G. (2012). *Historias del poder en Yucatán (1967-2007)*. Mérida: CEPESA, p. 365.

175 Drucker, A. et al. (2003). La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 34(135), 105-124, p. 108.

176 Drucker, A. et al. (2003). La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 34(135), 105-124, p. 107.

177 En Triay, M. & Lámbarry, G. (2012). *Historias del poder en Yucatán (1967-2007)*. Mérida: CEPESA, pp. 317-318.

178 Máynez Gil, G. (Sin fecha). El Grupo Kekén y su actividad exportadora. Entrevista con Claudio Freixes. *Revista Comercio Exterior*. Recuperado de <https://www.revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=762&t=el-grupo-keken-y-su-actividad-exportadora>



la república. En el caso de Yucatán, estas políticas privilegiaron la producción de carne de cerdo, res y pollo¹⁷⁹. Desde entonces, la porcicultura ha sido una de las actividades promovidas por las autoridades de Yucatán en las últimas décadas. En el Plan Estatal de Desarrollo 2012-2018, el gobernador en turno, Rolando Zapata, propuso “impulsar la producción porcícola y avícola local incentivando la inversión en centros de reproducción, crianza y engorda”, al mismo tiempo que, inmediatamente después, establecía como propósito “reducir la contaminación del manto freático mediante el uso generalizado de biodigestores en granjas pecuarias del estado”. Por otra parte, en el Plan Estatal de Desarrollo 2018-2022 se señala que “en el tema pecuario el estado tiene un gran potencial ya que en los últimos años la carne de ave y de cerdo ha sido referente a nivel nacional, y su consumo a nivel internacional es muy alto” y se informa que, “de 2008 a 2017, los principales productos de la actividad pecuaria en Yucatán fueron la carne de cerdo, carne de ave y el huevo, juntos suman 84.3% del valor de la producción pecuaria en el estado” y que, “de manera particular, la producción de carne de cerdo en Yucatán de 2008 a 2017 presentó una tasa de crecimiento de 3.6% y en su valor de producción un crecimiento de 9.6% al año”, cifras superiores a los niveles nacionales, que son 2.4% y 7.6% respectivamente.

Actualmente, Kekén exporta carne de cerdo a Estados Unidos, Canadá, Chile, Japón, Corea del Sur, Hong Kong y a China, mercados con una clase media en crecimiento que demanda comer más carne de cerdo. Desde luego, los cerdos necesitan comer granos, y más cerdos necesitan más granos. Freixes, el Director general de Kekén, reconoce que tienen “poco acceso a la producción nacional de maíz y soya”¹⁸⁰. Precisamente, los granos de soya han vivido una enorme expansión en las últimas décadas. Entre 1991 y 2014, la producción de soya casi se triplicó de 108 a 308 millones de toneladas en el mundo. La mayor parte de los granos, 75 por ciento, se utiliza para forraje animal¹⁸¹.

En este contexto, diversos estudios han documentado la contaminación del agua provocada por las granjas porcinas. Por ejemplo, Julia Pacheco y Armando Cabrera, en un artículo publicado en 1997, reconocen que, con el rápido declive del henequén, “la producción concentrada de pollos y cerdos está creciendo rápidamente y puede ser un potencial de contaminación en pequeñas comunidades”¹⁸². Para Pacheco y Cabrera, el crecimiento de la producción de cerdos y de pollos en la región es una de las razones por las que se encuentran concentraciones de nitratos en el agua del Anillo de Cenotes por encima de los límites máximos permitidos por las autoridades.

En un trabajo publicado en 1999, Javier Alcocer y sus colegas escribieron que, “principalmente en la ciudad de Mérida, en los últimos años, se ha impulsado el establecimiento de granjas porcícolas, a causa del decaimiento en la industria henequenera”¹⁸³. Al respecto, plantean que

179 Canto, R. (2001). *Del henequén a las maquiladoras: la política industrial en Yucatán, 1984-2001*. Mérida: Instituto Nacional de Administración Pública/Universidad Autónoma de Yucatán, p. xxi.

180 Máñez Gil, G. (Sin fecha). El Grupo Kekén y su actividad exportadora. Entrevista con Claudio Freixes. *Revista Comercio Exterior*. Recuperado de <https://www.revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=762&t=el-grupo-keken-y-su-actividad-exportadora>.

181 Echanove Huacuja, F. (2016). La expansión del cultivo de la soja en Campeche, México: Problemáticas y perspectivas. *Anales De Geografía De La Universidad Complutense*, 36(1), 49-70, p. 50.

182 Pacheco, J. & Cabrera, A. (1997). Groundwater Contamination by Nitrates in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 5(2), 47-53, p. 49.

183 Pacheco, J. & Cabrera, A. (1997). Groundwater Contamination by Nitrates in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Hydrogeology Journal*, 5(2), 47-53, p. 47.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

La porcicultura es una actividad que se ha incrementado altamente en los últimos años, sobre todo en la zona noreste del estado de Yucatán, por lo que han surgido algunos focos de contaminación originados por el manejo inadecuado de los desechos de las granjas porcícolas. La calidad bacteriológica del agua subterránea está deteriorada representando un riesgo para la población humana que la consume. Es común encontrar cuentas de coliformes fecales de varios miles por 100 ml e incluso, se han llegado a registrar también en algunos pozos profundos¹⁸⁴.

Asimismo, advierten que,

en la mayor parte de las granjas porcícolas, el agua utilizada en las casas tanto para consumo humano como para regar cultivos y otros usos domésticos, proviene de pozos cercanos y, muchas veces, se consume sin tratamiento previo. Por lo anterior, el riesgo de adquirir enfermedades gastrointestinales es importante¹⁸⁵.

Cabe destacar una de las conclusiones de los autores. Para ellos, “en realidad no hay forma de evitarla [la contaminación generada por las explotaciones porcícolas], principalmente la derivada de los nitratos debido a que el espesor del suelo en Yucatán varía desde cero hasta varios centímetros”¹⁸⁶. De acuerdo con los autores,

la única opción viable es reubicar las granjas porcícolas. De preferencia, se deben poner fuera del ‘anillo de cenotes’, el cual ofrece una barrera natural [aunque, como ya se ha señalado anteriormente, es extremadamente vulnerable a la contaminación] Como esto realmente no es posible, la otra alternativa es reubicar estas granjas para localizarlas al norte de Mérida. De esta forma sólo se afecta a poblaciones pequeñas, pero protegería a la mayor concentración de gente de la península¹⁸⁷.

Hay que aclarar que, para los autores del artículo, esto “no es posible” debido a los intereses económicos y políticos asociados con la industria porcina en Yucatán, que encuentran en el Anillo de Cenotes una región en la que resulta más barato extraer agua del acuífero subterráneo, así como una mayor cercanía al Puerto de Altura de Progreso para exportar la carne de cerdo al extranjero. Pero, como veremos más adelante, la sugerencia de reubicar las granjas porcinas en regiones menos vulnerables a la contaminación ha sido retomada en años más recientes.

Uno de los estudios más citados sobre el tema es el de Adam Drucker y sus colaboradores, publicado en 2003. En este trabajo plantean que

La Península de Yucatán es una de las regiones más vulnerables a la contaminación del agua subterránea, de la cual se abastece casi toda la población. Esta condición se explica por la estructura geológica fracturada y permeable del subsuelo y por la superficialidad del manto freático. Tales características

184 Alcocer Durand, J. et al. (1999). Contaminación del agua subterránea en la península de Yucatán, México. *Imagen Veterinaria*, 1(1), 41-50, p. 45.

185 Alcocer Durand, J. et al. (1999). Contaminación del agua subterránea en la península de Yucatán, México. *Imagen Veterinaria*, 1(1), 41-50, pp. 45 y 47.

186 Alcocer Durand, J. et al. (1999). Contaminación del agua subterránea en la península de Yucatán, México. *Imagen Veterinaria*, 1(1), 41-50, pp. 49-50.

187 Alcocer Durand, J. et al. (1999). Contaminación del agua subterránea en la península de Yucatán, México. *Imagen Veterinaria*, 1(1), 41-50, p. 50.



naturales, junto con el incremento en la importancia de la porcicultura como una de las actividades económicas de mayor relevancia en el estado y el desecho de las aguas residuales de manera indiscriminada conllevan a una fuerte contaminación ambiental¹⁸⁸.

De acuerdo con Drucker y sus colegas, los problemas más graves provocados por las granjas porcinas son la “transmisión de gérmenes patógenos que contaminan las aguas subterráneas y superficiales”, la “intoxicación del suelo superficial”, la contaminación del “aire por olores” y la “atracción de especies ajenas e indeseables que pueden alejar a especies de la región de explotación”¹⁸⁹.

En su estudio, Drucker y sus colegas tomaron muestras de catorce granjas porcinas de Yucatán de diferentes tamaños: siete pequeñas (menores de 651 unidades de peso animal, UPA [100 kilogramos]), dos medianas (entre 651 y 2,000 UPA), cuatro grandes (entre 2001 y 6,000 UPA) y una mega (mayor a 6,000 UPA). Entre sus hallazgos se encuentra el hecho de que la mega granja “no tiene rejillas ni charcas y tampoco recicla su agua”¹⁹⁰. Asimismo, estiman que “por lo menos 6 100 m³ de aguas residuales (36.52% del total) se arrojan sin tratamiento cada día”¹⁹¹. Estos datos son confirmados por el Decreto de la Reserva Geohidrológica, el cual reconoce que “la actividad porcícola en Yucatán genera 2.98 hm³ por año de aguas residuales porcinas, de los cuales el 63% recibe parcialmente algún tratamiento, principalmente conformado por granjas grandes y 37% no recibe ningún tratamiento”¹⁹².

Como expusimos en la primera parte de este informe, la aplicación del índice DRASTIC para medir la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación arrojó que la región del Anillo de Cenotes es en extremo vulnerable a la contaminación de nitratos. Rosela Pérez Ceballos y Julia Pacheco Ávila, las investigadoras que aplicaron el índice, informan que “el consumo de agua con un alto contenido de nitratos puede causar metahemoglobinemia y contribuir a la formación de cáncer”¹⁹³. Asimismo, documentaron que “los municipios de Kinchil y Tetiz son los más vulnerables con un índice de 217”¹⁹⁴. Precisamente, como veremos más adelante, el caso de Kinchil es uno de los que más visibilidad han cobrado en los últimos años.

En un artículo publicado en 2009, R. Méndez Novelo y sus colegas identificaron 470 granjas porcinas y 185 granjas avícolas, de las cuales 304 porcinas y 76 avícolas no estaban registradas en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. La mayor parte de estas granjas se concentra en la región del Anillo de Cenotes (ver imagen).

188 Drucker, A. et al. (2003). La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 34(135), 105-124, p. 107.

189 Drucker, A. et al. (2003). La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 34(135), 105-124, pp. 110-111.

190 Drucker, A. et al. (2003). La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 34(135), 105-124, p. 113.

191 Drucker, A. et al. (2003). La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 34(135), 105-124, p. 117.

192 Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*, lunes 28 de octubre de 2013, p. 8.

193 Pérez Ceballos, R. & Pacheco Ávila, J. (2004). Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. *Ingeniería*, 8(1), 33-42, p. 34.

194 Pérez Ceballos, R. & Pacheco Ávila, J. (2004). Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. *Ingeniería*, 8(1), 33-42, p. 36.

AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

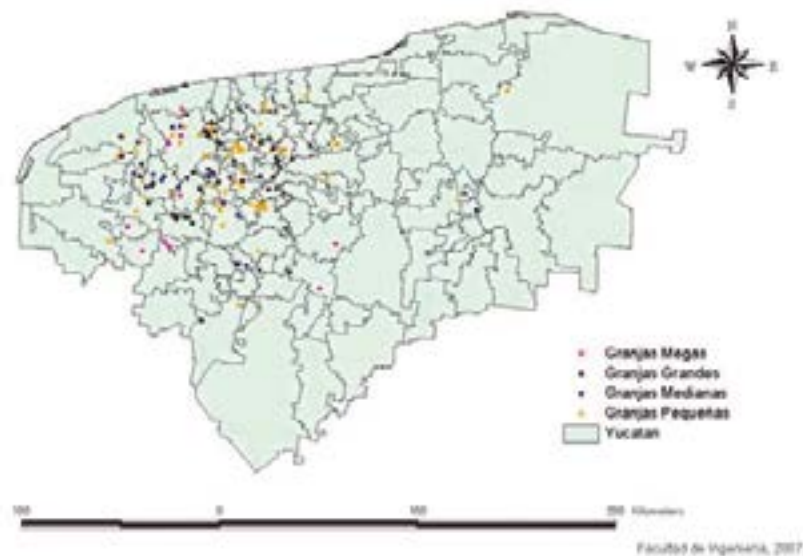


Ilustración 8. Fuente: Méndez Novelo, R. et al. (2009). Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 13(2), 13-21.

50

A partir de estas cifras, estiman un total de 9,428.37m³ de aguas residuales altamente contaminadas, una carga orgánica similar a la que produciría con las descargas de aguas residuales de 4,431,334 personas. De acuerdo con los autores, “las granjas porcícolas y avícolas pueden representar una importante fuente de contaminación del agua porque las excretas de los cerdos y las aves se descargan sin ningún tratamiento al manto freático”¹⁹⁵. Uno de sus hallazgos es que “Conkal, Tekantó, Abalá, Muxupib, Cacalchen y Kanasín, son los municipios en donde se generan las mayores concentraciones (kg de desechos generados en granjas porcinas por km² de superficie) de desechos porcinos. Todos ellos cercanos a la ciudad de Mérida”¹⁹⁶. Las aguas residuales no solo son dañinas para seres humanos. Los autores nos informan que el amonio presente en ellas es particularmente tóxico para los peces y los invertebrados acuáticos¹⁹⁷.

Junto a la movilización en contra de la mega granja porcina de Homún, uno de los textos que ha contribuido a la visibilización del problema de la contaminación provocada por esta industria es el informe elaborado por la organización ambientalista Greenpeace, titulado *La carne que está consumiendo al planeta. ¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la península de Yucatán?*¹⁹⁸ En este trabajo informan que en Yucatán

195 Méndez Novelo, R. et al. (2009). Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 13(2), 13-21, p. 14.

196 Méndez Novelo, R. et al. (2009). Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 13(2), 13-21, p. 20.

197 Méndez Novelo, R. et al. (2009). Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 13(2), 13-21, p. 15.

198 Greenpeace. (2020). *La carne que está consumiendo al planeta. ¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la península de Yucatán?* México: Greenpeace.



se localizan 222 granjas porcícolas, en su gran mayoría ubicadas en el Anillo de Cenotes. No obstante, el representante de la Secretaría de Agricultura en Yucatán, Juan Carlos Gamboa Bustamante, ha informado que en la entidad existen 410 granjas porcícolas, que en 2019 produjeron 2,200,000 cerdos¹⁹⁹. En cualquier caso, uno de los datos que destacan del informe de Greenpeace es que solo 18 granjas porcinas en Yucatán cuentan con Manifestación de Impacto Ambiental, solo 84 disponen de información sobre agua, y 143 de información pecuaria²⁰⁰.

Para Greenpeace, las granjas porcinas constituyen una amenaza a la biodiversidad de la región, incluyendo diversas especies en peligro de extinción, como el mono araña y el jaguar, así como el pez ciego que habita en los cenotes. El informe explica por qué el excremento de los cerdos resulta muy contaminante:

De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Domínguez et al., 2014), los cerdos no absorben la totalidad de los nutrientes que consumen y excretan de 45 a 60% de nitrógeno (N), de 50 a 80% de calcio (Ca) y fósforo (P), y de 70 a 95% de potasio (K), sodio (Na), magnesio (Mg), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y hierro (Fe). Por ende, la ausencia de manejo de estos residuos es altamente contaminante para los cuerpos receptores (agua, aire y suelo)²⁰¹.

Así, según datos oficiales de 2010, “la zona porcícola presentaba una contaminación por desechos pecuarios seis veces mayor que la originada por la población humana asentada en ese lugar”²⁰². Uno de los datos importantes que presenta el informe de Greenpeace es el estimado de emisiones de las granjas porcícolas en Yucatán: 12 464 611 toneladas de dióxido de carbono CO_2 ; 12 615.15 toneladas de metano CH_4 y 45 703.32 toneladas de NO_2 .

Asimismo, otro estudio de Greenpeace, realizado en colaboración con investigadores de la Universidad Autónoma de Campeche, registró que en cinco pozos y un cenote cercanos a granjas industriales porcícolas se rebasa la NOM-001-SEMARNAT-1996 para la protección de la vida acuática. Particularmente, todas las muestras tomadas exceden los límites recomendados de amonio (NH_4), nitritos (NO_2) y nitratos (NO_3) para garantizar la salud de las personas en México, según lo estipulado en la NOM-127-SSA1²⁰³.

Además de la contaminación del agua, otro problema de las granjas porcinas de Yucatán que ha provocado preocupación es el de las condiciones sanitarias de las mismas. En un estudio publicado en 2004, Mario Álvarez Fleites y sus colegas tomaron muestras de 25 granjas porcinas de ciclo completo en Yucatán y encontraron el siguiente escenario:

199 Medina Carrillo, L., Fernández Mendiburu, J. & Montiel Cortés, J.O. (2021). *Contaminación del acuífero maya. Responsabilidad gubernamental y empresarial*. Mérida: Fundación para el Debido Proceso/Equipo Indignación, p. 29.

200 Greenpeace. (2020). *La carne que está consumiendo al planeta. ¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la península de Yucatán?* México: Greenpeace, p. 9.

201 Greenpeace. (2020). *La carne que está consumiendo al planeta. ¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la península de Yucatán?* México: Greenpeace, p. 19.

202 Greenpeace. (2020). *La carne que está consumiendo al planeta. ¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la península de Yucatán?* México: Greenpeace, p. 22.

203 Medina Carrillo, L., Fernández Mendiburu, J. & Montiel Cortés, J.O. (2021). *Contaminación del acuífero maya. Responsabilidad gubernamental y empresarial*. Mérida: Fundación para el Debido Proceso/Equipo Indignación, p. 31.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

En las granjas la bioseguridad era mínima: la limpieza y desinfección de jaulas y edificios era parcial; las medidas de higiene del personal eran de bajo nivel sanitario, no se realizaban muestreos serológicos a los animales de remplazo ni se les ponía en cuarentena antes de su ingreso a la granja; tampoco se vacunaba contra ninguno de los agentes aquí estudiados²⁰⁴.

En estas condiciones, los autores documentaron que existe una alta seroprevalencia de granjas y cerdos con el virus de influenza porcina, *M. hyopneumoniae* y *A. pleuropneumoniae* en Yucatán.

Cabe destacar que las granjas porcinas representan un alto riesgo de infecciones por la influenza porcina AH1N1. En 2009 México fue el epicentro de la pandemia de dicho virus. Asimismo, la contaminación del aire empeoraría la prevalencia de asma en niños. A partir de la pandemia de Covid-19, las preocupaciones en torno a la emergencia de enfermedades zoonóticas, como las transmitidas de cerdos a seres humanos y otras especies, ha aumentado en la región²⁰⁵.

Una de las respuestas que suelen ofrecer las empresas porcinas y las autoridades del estado es que las granjas cuentan con biodigestores que dan tratamiento a las aguas residuales. No obstante, la investigación realizada por Rosario Pérez-Espejo y Gretel Cervantes-Hernández documenta que, “salvo casos excepcionales, los biodigestores no están bien manejados”²⁰⁶. Además, su trabajo registra que “la gran mayoría de las unidades grandes, medianas, pequeñas y de traspatio rural y periurbano, no trataban las AR [aguas residuales]”²⁰⁷. Así, las autoras concluyen que “el problema de contaminación del agua persiste porque el efluente no recibe ningún tratamiento”²⁰⁸.

Otro argumento en defensa de las granjas porcinas es que los desechos orgánicos de los cerdos se utilizan para la fertilización de cultivos. No obstante, Julia Pacheco y sus colegas realizaron una investigación a partir de tomas de agua de nueve pozos cercanos a una granja porcina en el municipio de Conkal, en la que encontraron concentraciones de nitratos en dichos pozos con “valores cercanos a 45 mg/l, que es el valor límite establecido por la Norma Mexicana, aunque ocasionalmente dichas concentraciones excedieron ese valor”. Así, sin una observación constante del uso de la excreta porcina como fertilizante, se pueden estar aplicando “cantidades mayores que las necesarias para la asimilación por el cultivo agrícola”²⁰⁹.

Por todas estas razones, en un estudio publicado en 2021, Francisco Bautista y Yameli Aguilar evaluaron la aptitud de las tierras de Yucatán para el desarrollo de la porcicultura a escala regional. Para hacer esta pon-

204 Álvarez Fleites, M. et al. (2004). Perfil serológico del virus de influenza porcina, *Mycoplasma hyopneumoniae* y *Actinobacillus pleuropneumoniae*, en granjas de Yucatán, México. *Veterinaria México*, 35(4), 295-305, p. 297.

205 Equipo Indignación. (2020, 5 de noviembre). Organizaciones, académicos y defensores de derechos humanos se solidarizan con Homún. Recuperado de <http://indignacion.org.mx/organizaciones-academicos-y-defensores-de-derechos-humanos-se-solidarizan-con-homun/>

206 Pérez-Espejo, R. & Cervantes-Hernández, G.I. (2018). Estrategias de mitigación. El programa de biodigestores en Yucatán, México. *Península*, 13(2), 235-262, p. 256.

207 Pérez-Espejo, R. & Cervantes-Hernández, G.I. (2018). Estrategias de mitigación. El programa de biodigestores en Yucatán, México. *Península*, 13(2), 235-262, p. 242.

208 Pérez-Espejo, R. & Cervantes-Hernández, G.I. (2018). Estrategias de mitigación. El programa de biodigestores en Yucatán, México. *Península*, 13(2), 235-262, p. 257.

209 Pacheco, J. et al. (2002). Efecto de la aplicación agrícola de la excreta porcina en la calidad del agua subterránea. *Ingeniería*, 6(3), 7-17, p. 16.



deración, tomaron en cuenta cuatro variables principales: la altitud, las depresiones kársticas (densidad y tipo), los paisajes edáficos y la duración del periodo de lluvias. Bautista y Aguilar llegaron a la conclusión de que el 21% de la superficie de Yucatán (819,458 hectáreas) constituye una zona de “aptitud muy baja” para el establecimiento de granjas porcinas. En esta zona se encuentra la Reserva Geohidrológica Anillo de Cenotes. Al respecto, escriben que “debido a la cantidad y densidad alta de cuerpos de agua, se recomienda que sea una zona con estricta protección, pues representa un área importante de recarga directa de agua que alimenta a los acuíferos”²¹⁰. Asimismo, argumentan que la mitad de la superficie de la entidad puede categorizarse como una zona de “aptitud baja” para la porcicultura. Para los autores, solo el catorce por ciento del territorio es apto para la porcicultura. Particularmente, la zona de “aptitud muy alta”, que representa el ocho por ciento del territorio, se ubica al sur de la entidad, una región con mayor altitud, un subsuelo con mayor espesor y menor densidad de cenotes²¹¹. Así, concluyen que

Los resultados de este trabajo sugieren que el desarrollo de la porcicultura debe darse en el sur del estado de Yucatán debido a que es allí donde se tienen las mejores condiciones ambientales para la conservación del agua subterránea y del ambiente en general. Sin embargo, se deben tomar en cuenta la cercanía de las granjas porcinas a las localidades ya que, si la población es de tipo indígena, la instalación de las granjas debe pasar por una consulta pública según la ley. El sur del estado reúne las condiciones físicas (...) y sociales (...) para el establecimiento de las granjas porcinas²¹².

Los casos más conocidos de afectaciones actuales y posibles por contaminación de granjas porcícolas son los de Kinchil y Homún. Un poblador de Celestún narra cómo se dieron cuenta del problema de la granja porcina en el municipio:

hace tres años se hizo un descubrimiento de la granja Kekén, la que se encuentra entre Kinchil y Celestún, donde nacen los cerditos. Se descubrieron unas mangueras que arrojaban aguas presuntamente contaminadas. Los ejidatarios lo descubrieron porque se les extravió su ganado. Descubrieron varias lagunas, no era solo una²¹³.

Asimismo, expresa las siguientes afectaciones debido a la contaminación del agua:

en la región del poniente se produce la mejor miel de Yucatán. Se produce una variedad de 18 tipos de miel, por el tipo de suelo, de agua, la vegetación, la floración de bejucos, el palo de tinte, todo ello da una miel exquisita. Pero es justo donde están las mangueras de Kekén (...) y ya se están perdiendo abejas²¹⁴.

También le preocupa la afectación del turismo en Celestún, un lugar que, por sus manantiales y población de flamencos rosas, es promocionado por el Gobierno de Yucatán como un “paraíso eco-turístico” y que

210 Bautista-Zúñiga, F. & Aguilar-Duarte, Y. (2021). Evaluación de la aptitud de tierras para el desarrollo de la porcicultura a escala regional en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, p. 5.

211 Bautista-Zúñiga, F. & Aguilar-Duarte, Y. (2021). Evaluación de la aptitud de tierras para el desarrollo de la porcicultura a escala regional en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, p. 8.

212 Bautista-Zúñiga, F. & Aguilar-Duarte, Y. (2021). Evaluación de la aptitud de tierras para el desarrollo de la porcicultura a escala regional en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, p. 9.

213 Entrevista a ciudadano de Celestún.

214 Entrevista a ciudadano de Celestún.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

forma parte del patrimonio mundial de la Reserva especial de la biósfera de Celestún. “Toda la contaminación se está yendo al manglar”, expresa.

De acuerdo con el doctor Jorge Herrera Silveira, “las localidades como Celestún están incluidas en el llamado anillo de cenotes, en la zona de descarga, y tienen una influencia importante en la hidroquímica a lo largo de la costa”. Como informa el periódico *El País*, el doctor Herra ha documentado cómo “las actividades humanas han alterado el equilibrio de los ecosistemas, y ya en febrero de 2010 señalaba a las actividades de la industria porcina como principal aportador de nitratos al agua”²¹⁵.

Por otra parte, en octubre de 2016, el presidente municipal de Homún autorizó la construcción de una mega granja porcina de 49,000 cerdos a la empresa Producción Alimentaria Porcícola. Este permiso generó gran preocupación entre habitantes del municipio, ya que se encuentra en la zona de recarga de la Reserva geohidrológica del Anillo de Cenotes y representa una amenaza al ecoturismo de cenotes, del cual dependen económicamente numerosas familias de la localidad. Así, se conformó el colectivo Kanan Ts’ono’ot, los Guardianes de los cenotes, el cual, con el acompañamiento de la organización Equipo Indignación, ha iniciado juicios en contra de la Manifestación de Impacto Ambiental de la granja y en defensa de los derechos de la infancia de Homún. Este último juicio se encuentra actualmente en la Primera Sala de la Suprema Corte de Justicia de la Nación. Se trata de un juicio innovador que aborda el principio precautorio y los derechos de las niñas y niños a un medio ambiente sano. Cabe destacar la observación del Relator especial sobre derechos humanos y sustancias tóxicas relativo a que la Convención sobre los Derechos del Niño “es el tratado sobre el medio ambiente más infrautilizado hasta la fecha”²¹⁶.

Una de las innovaciones de los casos de Homún y Kinchil en la defensa de los cenotes es la organización de autoconsultas. Estos ejercicios se fundamentan en el derecho de los pueblos indígenas a la libre determinación reconocido en la constitución yucateca, federal y en la Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas. Ante el incumplimiento del Estado de su obligación de consultar a los pueblos de Homún y Kinchil sobre las granjas porcícolas, estas comunidades organizaron sus propias consultas, basándose en los estándares internacionales sobre la materia. En 2017 se celebró la autoconsulta en Homún, en la que 772 habitantes votaron en contra de la granja y 52 votaron a favor de ella. En 2021, los pueblos de Celestún, Kinchil y San Fernando hicieron lo propio: 1,583 participantes expresaron que no quieren la granja, mientras que 641 votaron a favor de ella.

Además de los casos de Homún y Kinchil, decenas de habitantes de los municipios del Anillo de Cenotes han denunciado las afectaciones por estas granjas. Por ejemplo, en 2019, integrantes de la Comisión Vecinal de fraccionamientos en Conkal expresaron que “a veces parece que estuviéramos dentro del chiquero [la granja], es irrespirable”. Una nota periodística reportó sobre este caso que “los vecinos manifestaron que el olor es absolutamente nauseabundo, que les provoca náuseas, ardor de garganta y problemas gastrointestinales” y que “los desechos de los cerdos son arrojados a los terrenos sin ningún tipo de tratamiento, pasando directamente al manto freático”²¹⁷.

215 López Díaz, A. (2022, 16 de enero). El pueblo dividido por una macrogranja de cerdos. *El País*. Recuperado de <https://elpais.com/planeta-futuro/2022-01-17/el-pueblo-dividido-por-una-macrogranja-de-cerdos.html>

216 Naciones Unidas. Informe del Relator Especial sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ambientalmente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos. A/75/290, 5 de agosto de 2020, p. 13.

217 Ortiz, G.H. (2019, 8 de diciembre). Granjas porcícolas contaminan suelo, agua y medioambiente en Conkal. *La Jornada Maya*. Recuperado de <https://www.lajornadamaya.mx/yucatan/111923/Granjas-porcicolas-contaminan-suelo--agua-y-medioambiente-en-Conkal>



2.3.3 Otras amenazas

Los plaguicidas y los residuos de las granjas porcícolas han sido los contaminantes del agua en Yucatán que más han llamado la atención pública en los últimos años, pero no son los únicos. Otras fuentes de contaminación documentadas y que representan una amenaza al acuífero del Anillo de Cenotes lo evidencian. En un estudio publicado en 2004, Julia Pacheco, Armando Cabrera y Rosela Pérez tomaron muestras de los sistemas de agua potable de las 106 cabeceras municipales de Yucatán. Los resultados de su estudio mostraron que, si bien la calidad química del agua subterránea con fines de abastecimiento es aceptable para la mayoría de los 106 sistemas estudiados, la calidad bacteriológica del agua no es aceptable.

La calidad microbiológica de las muestras de agua subterránea puede clasificarse como aceptables en un 45%; contaminadas en un 23%; peligrosas en un 18% y muy contaminadas en un 14%. Esta contaminación se puede deber a la disposición inadecuada de los desechos domésticos, las prácticas de saneamiento en el lugar, la disposición inadecuada de los desechos de granjas, entre otras²¹⁸.

No obstante, en lo relativo a la calidad química del agua, cinco de 22 parámetros estudiados sí excedieron la Norma Oficial Mexicana: nitratos, cloruros, sodio, dureza total y cadmio. Particularmente, las cabeceras municipales que presentaron mayores niveles de cloruros —por encima de la norma oficial— fueron Chocholá, Maxcanú, Muna y San Felipe. Para los autores, “esta distribución, puede estar asociada con la presencia de rocas evaporitas en el subsuelo, por el uso de fertilizantes clorurados (como el cloruro de amonio) y con el efecto de la intrusión marina”²¹⁹. Marín y sus colegas también documentaron la presencia de plomo, cadmio, cromo, níquel y arsénico en el sistema de agua potable de la ciudad de Mérida por encima de la Norma de Agua Potable Mexicana²²⁰. Asimismo, la doctora Flor Árcega Cabrera, investigadora de la Unidad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México en Sisal, ha confirmado que en el agua de algunos sitios del Anillo de Cenotes hay presencia de metales como plomo, cadmio y cobre. Estos provienen de productos de la vida diaria, como alimentos con conservadores, colorantes o aditivos, pilas, medicinas, lámparas, contenedores, entre otros²²¹. Como alerta el arqueólogo Sergio Grosjean, la contaminación por metales pasados “sí deben provocar mucha intranquilidad”, ya que en casos como el cenote Chen há, en Kopomá se han encontrado estos componentes altamente contaminantes y sus “efectos se han reflejado con [sic] la muerte de peces y cocodrilos”²²².

En un estudio realizado en 2018 por investigadores de la Universidad Estatal de Michigan y de la Universidad Autónoma de Yucatán, encabezado por Dave Long y Ángel Polanco, se analizaron 21 pozos de abastecimiento de agua potable en la zona agrícola, ganadera y urbana del estado. Se estudiaron con

218 Pacheco Ávila, J., Cabrera Sansores, A. & Pérez Ceballos, R. (2004). Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México. *Ingeniería*, 8(2), 165-179, p. 171.

219 Pacheco Ávila, J., Cabrera Sansores, A. & Pérez Ceballos, R. (2004). Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el Estado de Yucatán, México. *Ingeniería*, 8(2), 165-179, p. 171.

220 Marín, L. et al. (2000). Hydrogeology of a contaminated sole-source karst aquifer, Mérida, Yucatán, Mexico. *Geofísica Internacional*, 39(4), 359-365.

221 Leisa. (2015, 9 de diciembre). Leche materna de mujeres mayas, con plaguicidas. *Leisa, Revista de Agroecología*. Recuperado de <https://www.leisa-al.org/web/index.php/lasnoticias/alimentacion-saludable/1254-leche-materna-de-mujeres-mayas-con-plaguicidas>

222 Pech Sánchez, L.M. (2022, 16 de febrero). 83% de los cenotes en Yucatán, contaminados por granjas porcícolas: Arqueólogo. *Por Esto!*. Recuperado de <https://www.poresto.net/yucatan/2022/2/16/83-de-los-cenotes-en-yucatan-contaminados-por-granjas-porcicolas-arqueologo-316866.html>



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

fisicoquímicos de pH, temperatura, conductancia específica, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , alcalinidad, NO_3^- , y coliformes fecales. Los resultados mostraron que la calidad del agua potable de Yucatán no es apta para consumo humano por las altas concentraciones de nitratos, coliformes fecales y la alta dureza del agua²²³.

Asimismo, en relación a las altas concentraciones de nitratos debido al alto uso de fertilizantes en Yucatán, Ángel Polanco y Kata Beilin, investigadora de la Universidad de Wisconsin, referenciaron resultados en un estudio sobre las altas concentraciones de nitratos en agua de pozo en la zona agrícola de Yucatán, que están muy por encima de los niveles permitidos por las normas nacionales e internacionales. Las concentraciones encontradas por Long y Polanco fueron de 112 ppm en Tzucacab, 79.3 ppm en Peto, 58.9 ppm en Tekax, en época de lluvias; 141.3 ppm en Peto, 125.2 ppm en Tzucacab, 72.5 ppm en Tekax, en época de secas. El límite máximo permitido es de 10 ppm en la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Las altas concentraciones de nitratos en el agua causan metahemoglobinemia, la cual es una enfermedad en los niños, también conocida como el “síndrome del niño azul”. Este padecimiento consiste en la falta de la capacidad de los glóbulos rojos para transportar oxígeno a los tejidos del cuerpo humano, por lo que los niveles normales de hemoglobina se reducen. La causa más común es la contaminación de niveles de nitratos en el agua subterránea y en el agua potable²²⁴.

2.3.4 Contaminación fecal

Las investigaciones también han documentado la contaminación fecal de los cenotes de la región. Almira Hoogesteijn Reul y sus colegas tomaron muestras de agua en 48 cenotes con potencial turístico. Todos presentaron contaminación fecal. Como advierten los autores,

existe en la literatura suficiente evidencia epidemiológica que sugiere que el contacto con agua para uso recreacional contaminada es un factor de riesgo para el desarrollo de infecciones oculares, de oído, nariz y garganta, irritaciones cutáneas, enfermedades, respiratorias y enfermedades gastrointestinales²²⁵.

Particularmente, el grupo de mayor riesgo son los niños, aunque también los turistas son un grupo vulnerable, ya que carecen de inmunidad ante los patógenos endémicos de la localidad.

Asimismo, un estudio de Flor Árcega y sus colegas documentó concentraciones altas de esteroides y de esteroides fecales en cenotes del área de Dzilam de Bravo, una de las zonas de descarga del Anillo de Cenotes²²⁶. Por otra parte, en un análisis de la calidad del agua de 55 cenotes, el arqueólogo Sergio Grosjean informa que más del 80% presentan coliformes fecales.

223 Long, D.T. et al. (2018). Influence of rainy season and land use on drinking water quality in a karst landscape, State of Yucatán, Mexico. *Applied Geochemistry*, 98, 265-277.

224 Polanco, A. & Beilin, K. (2019). Water Quality and Rural Lives. *Nelson Issue Brief*, 1(1).

225 Hoogesteijn Reul, A. et al. (2015). La contaminación fecal en cenotes de interés turístico y recreacional del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 19(3), 169-175, p. 170.

226 Arcega-Cabrera, F. et al. (2014). Fecal sterols, seasonal variability, and probable sources along the ring of cenotes, Yucatan, Mexico. *Journal of Contaminant Hydrology*, 168, 41-49.



Esto se debe, entre otras cosas, a que las empresas no cuentan con plantas de tratamientos de aguas residuales eficientes, aunado al crecimiento de la población y que no se le da mantenimiento a las fosas sépticas en los hogares, y todo esto se filtra hasta el manto freático y contamina el agua²²⁷.

La cafeína y los Productos de Cuidado Personal y Farmacéuticos (PPCPs por su sigla en inglés)²²⁸, así como los microplásticos, también constituyen amenazas de contaminación del acuífero que merecen ser más estudiadas.

2.3.5 Extracción del agua

El notable crecimiento de la población, la rápida y descontrolada urbanización de la región y la llegada de más industrias en la zona ha implicado una extracción de mayores volúmenes de agua del subsuelo. Tan solo en diez años, la población de Mérida aumentó en un 19.8%, pasando de 830,732 habitantes en 2010, a 995,129 en 2020. Si consideramos la Zona Metropolitana de Mérida (ZMM), que también incluye los municipios de Progreso, Umán, Kanasín y Ucú, la población se eleva a más de 1,300,000 habitantes.

En la década de 1990, la ZMM atravesó por un acelerado proceso de crecimiento urbano, “en consonancia con un dinámico mercado inmobiliario favorecido por reformas de corte neoliberal al marco jurídico e institucional, mismas que favorecieron el paso de extensas superficies ejidales periurbanas a manos privadas”. Entre 1980 y 2010, la superficie conurbada de Mérida aumentó a un ritmo anual promedio de 4.4%. De acuerdo con información oficial del Ayuntamiento de Mérida, entre 1985 y 2012 se autorizaron cerca de 8,000 hectáreas para desarrollos inmobiliarios en el municipio. Este crecimiento urbano e inmobiliario se ha realizado sin una planificación adecuada, además de que, como ha señalado el urbanista Jorge Bolio Osés, ha provocado una “devastación ambiental” en la zona.

Se estima que cada año se deforestan alrededor de 2,025 hectáreas de selva baja en la ZMM, situación que se refleja en el aumento alarmante de las temperaturas promedio, en la falta de lluvias y en la escasez de vegetación. Los daños a la fauna no han sido menos graves²³².

227 Bote, A. (2020, 3 de febrero). Cenotes de Yucatán presentan coliformes fecales: Sergio Grosjean”. *La Jornada Maya*. Recuperado de <https://www.lajornadamaya.mx/yucatan/166756/Cenotes-de-Yucatan-presentan-coliformes-fecales--Sergio-Grosjean>

228 Leal Bautista, R.M., Grimaldo Hernández, C.D. & Lenczewski, M. (2021). Diagnóstico de contaminantes emergentes como fuentes de impacto en los ecosistemas acuáticos subterráneos del acuífero de Yucatán. En Árcega, F. et al. *Los ojos de Yucatán. Una ventana al mundo subterráneo*. México: Unidad de Química Sisal de la Facultad de Química-Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Minero y Geológico de España.

229 Bolio Osés, J. (2014). Mérida metropolitana. Una evolución histórica y rasgos actuales: una perspectiva urbana. En López Santillán, R. & Ramírez Carrillo, L. (Eds), *Crecimiento urbano y cambio social. Escenarios de transformación de la zona metropolitana de Mérida*. México: Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales-Universidad. Nacional Autónoma de México, p. 22.

230 Bolio Osés, J. (2014). Mérida metropolitana. Una evolución histórica y rasgos actuales: una perspectiva urbana. En López Santillán, R. & Ramírez Carrillo, L. (Eds), *Crecimiento urbano y cambio social. Escenarios de transformación de la zona metropolitana de Mérida*. México: Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales-Universidad. Nacional Autónoma de México, p. 36.

231 Hernández y Puente, F.J. (2020, 4 de febrero). Mérida, insignia del desorden inmobiliario. Volviendo a la ciudad-marca. *La Jornada Maya*. Recuperado de <https://www.lajornadamaya.mx/2020-02-04/Merida--insignia-del-desorden-inmobiliario>

232 Bolio Osés, J. (2014). Mérida metropolitana. Una evolución histórica y rasgos actuales: una perspectiva urbana. En López Santillán, R. & Ramírez Carrillo, L. (Eds), *Crecimiento urbano y cambio social. Escenarios de transformación de la zona metropolitana de Mérida*. México: Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales-Universidad. Nacional Autónoma de México.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Por estas razones, como observa Ricardo López Santillán, sociólogo especialista en procesos de urbanización:

el crecimiento territorial a torche y moche, pretendido por poderosos grupos del ramo inmobiliario y permitido o fomentado por las autoridades estatales y municipales, puede traer consecuencias importantes, muchas indeseables porque atentan contra la buena calidad de vida de la cual aquí gozamos²³³.

Una de las amenazas a la calidad de vida de Mérida es, apunta López Santillán, la contaminación de los acuíferos y el gasto de agua “que puede llegar al punto de generar estrés hídrico”²³⁴.

En relación a la zona metropolitana de Mérida, recientemente un estudio para determinar plaguicidas organoclorados y parámetros fisicoquímicos en agua potable intradomiciliar en Mérida y municipios de su Zona Metropolitana detectó niveles de plaguicidas cancerígenos por encima de los estándares internacionales, así como parámetros fisicoquímicos de dureza, determinándose una dureza total de 405–646 mg/L, de alto impacto para la salud pública. Recordemos que los plaguicidas organoclorados son cancerígenos, causan malformaciones congénitas, retraso cognitivo, entre otros padecimientos. La dureza del agua por carbonatos de calcio y magnesio ocasionan enfermedades renales²³⁵.

De acuerdo con el Decreto de la Reserva Geohidrológica, el volumen que se extrae para los diversos usos en el Anillo de Cenotes es de 495 hm³, que corresponde al 42% del volumen que se aprovecha en el estado de Yucatán; principalmente para uso agrícola, sector público urbano, industrial, servicios y pecuario.

Según Héctor Estrada Medina y sus colegas, hasta ahora, la cantidad de agua que se extrae del acuífero kárstico de Yucatán no sobrepasa la recarga natural, ya que “el único balance hidrológico realizado a nivel estatal reporta 44 877 Mm³ de precipitación total anual, 35 902 Mm³ de evapotranspiración, recarga neta de 8975 Mm³, extracción de 547.01 Mm³ y una disponibilidad de 8427.99 Mm³ anuales”²³⁶. No obstante, como reconocen los autores, estos datos no consideran “la descarga natural comprometida, para la cual no se cuenta con un registro oficial”.

En un estudio realizado por Jonathan Ríos, Gilberto Acosta y Eduardo Cejudo, se documenta que, hasta 2018, Yucatán era el estado de la península con mayor registro de concesiones y volumen de extracción de agua. De acuerdo con estos investigadores, el número de concesiones es mayor en la cota de precipitación de 800 a 1,000 mm por año. También destacan 18,356 concesiones en zonas con 1,000 a 1,200 mm de lluvia. Los autores reconocen que no se puede saber con certeza si la actual condición de concesiones afectará en un futuro cercano la disponibilidad de agua renovable.

233 López Santillán, R. (2020, 4 de febrero). Especulación inmobiliaria ‘ad nauseam’. En el norte de Mérida es común observar grandes proyectos en construcción. *La Jornada Maya*. Recuperado de <https://www.lajornadamaya.mx/2020-02-04/Especulacion-inmobiliaria--ad-nauseam->

234 López Santillán, R. (2020, 4 de febrero). Especulación inmobiliaria ‘ad nauseam’. En el norte de Mérida es común observar grandes proyectos en construcción. *La Jornada Maya*. Recuperado de <https://www.lajornadamaya.mx/2020-02-04/Especulacion-inmobiliaria--ad-nauseam->

235 Polanco Rodríguez, A. et al. (2022). Organochlorine pesticides in the drinking water of Merida and its Metropolitan Zone, a Karst Region. *Urban Water Journal*, 19(1), 40-50.

236 Estrada Medina, H. et al. (2019). El karst de Yucatán: su origen, morfología y biología. *Acta Universitaria*, 29, e2292, 1-18, p. 9.



Particularmente, observan que

En Yucatán se presenta un fenómeno llamativo, ya que una parte de las concesiones que existen en el estado se encuentran en las zonas de menor precipitación (600 a 800 mm de precipitación) y 18356 concesiones en zonas con 1000 a 1200 mm de precipitación anual (...) y concesiones autorizadas para grandes volúmenes (hasta 2,868 millones de m³ anuales), sin que esté claro si esto representa menor disponibilidad. Es decir, la disponibilidad de agua subterránea en determinado lugar no siempre está relacionada a la mayor cantidad de precipitación, es posible que la recuperación del nivel freático sea de escala local y regional, y no se tiene certeza del riesgo por desabasto, salinización del acuífero, y sequías agronómicas²³⁷.

Asimismo, los autores cuestionan un estudio realizado por la CONAGUA en 2015, en el que se concluye que se puede extraer más agua de la ya concesionada, ya que son debatibles los supuestos de que “no existen escurrimientos superficiales y que no existen variaciones importantes en el cambio del almacenamiento del acuífero”²³⁸.

Igualmente, en el informe sobre la *Contaminación del acuífero maya*, Medina, Fernández y Montiel plantean que “el acaparamiento del agua por un sector predominantemente empresarial ha llevado a reducir la disponibilidad media anual del acuífero de la península de Yucatán en un 38.5%”²³⁹. De acuerdo con la doctora Yameli Aguilar:

las instituciones también se han visto involucradas en la corrupción, al entrar en discusiones acaparan tierras y compran concesiones, compran el agua pasada, compran los derechos a extraer. Y no son 100 litros, a veces son hasta millones Y claro, como cuesta poco, entonces es fácil hacerse rico. Y el problema es que no solamente extraen tanta agua, sino que regresan agua muy contaminada. Y te van a decir que es por la generación de empleo. Pero los sueldos y todos los índices de la pobreza son de los más bajos. Entonces ahí está la injusticia, porque están extrayendo grandes cantidades de agua a precios de centavos para engordar, engordar, engordar y todo²⁴⁰.

Por su parte, el presbítero Augusto Romero Sabido declaró que, en lugares donde hay grandes fábricas, “la sobreexplotación de los acuíferos está dejando sin agua a las comunidades de los alrededores. Por lo menos 20 pequeñas poblaciones de la zona de Hunucmá, por ejemplo, han reportado este problema”²⁴¹. En Hunucmá se estableció la Cervecería Yucateca de Grupo Modelo, uno de los proyectos prioritarios del gobierno de Rolando Zapata Bello (2012-2018). De acuerdo con la empresa, la planta tiene una capacidad para producir 1,900 millones de botellas de 355 mililitros de cerveza al año. La empresa también asevera

237 Ríos Ponce, J.D., Acosta-González, G. & Cehudo, E. (2020). La precipitación histórica y la extracción del agua subterránea en la península de Yucatán: una reflexión. *Desde el Herbario CICY*, 12, 110-118, pp. 113 y 117.

238 Ríos Ponce, J.D., Acosta-González, G. & Cehudo, E. (2020). La precipitación histórica y la extracción del agua subterránea en la península de Yucatán: una reflexión. *Desde el Herbario CICY*, 12, 110-118, p.117.

239 Medina Carrillo, L., Fernández Mendiburu, J. & Montiel Cortés, J.O. (2021). *Contaminación del acuífero maya. Responsabilidad gubernamental y empresarial*. Mérida: Fundación para el Debido Proceso/Equipo Indignación, p. 61.

240 Entrevista a la doctora Yameli Aguilar.

241 Durán Yabur, M. (2018, 18 de octubre). El don sagrado del agua. *Diario de Yucatán*. Recuperado de <https://www.yucatan.com.mx/merida/2018/10/18/el-don-sagrado-del-agua-72275.html>



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

que cuenta con tecnología para hacer un uso eficiente del agua, reducir el consumo eléctrico y reciclar todos los residuos generados por sus operaciones²⁴².

Cabe observar que, según Grupo Modelo, la planta utiliza 3.5 litros de agua por cada litro de cerveza. Según algunos pobladores de Hunucmá entrevistados para este informe, a partir de la llegada de la Cervecería comenzaron a tener problemas de acceso al agua potable entubada. También han descrito el agua potable con un olor y sabor a cloro y que, en ocasiones, su color es opaco. La empresa ha negado que las operaciones de su planta sean las causantes de la escasez de agua en el municipio. De acuerdo con el arqueólogo Grosjean, la extracción del agua ya ha impactado en la intrusión salina proveniente de la costa en pozos de Hunucmá²⁴³. Este desequilibrio hídrico y de intrusión salina fue pronosticado antes de que se instalara la cervecera por un investigador, pero el pronóstico fue ignorado por las autoridades²⁴⁴.

En junio de 2022 fue publicado el *Programa Hídrico Regional 2020-2024* de la CONAGUA. En este documento se informa que

para el acuífero 3105 denominado Península de Yucatán se tenía una disponibilidad de 5,759.22 Hm³/año de acuerdo con la publicación de 2003 y para la última publicación de 2020 una disponibilidad de 2,386.92 Hm³/año, 59% menos en 17 años, lo que, aritméticamente, daría una situación alarmante en 15 años²⁴⁵.

Particularmente, observamos que ha aumentado notablemente el volumen de extracción de aguas subterráneas: mientras que en 1995 se extrajeron 1023.61 Mm³/año, entre 2004 y 2008 fue 2368.00, de 2013 a 2018 1343.50 cada año y en 2020 fueron 4965.25 Mm³/año²⁴⁶. El Programa también registra que la extracción concesionada en 2011 fue de 2120.30 Mm³/año y en 2020 aumentó a 4965.25 Mm³/año. Asimismo, informa que “en un periodo de 12 años, se han concesionado más del doble de agua consumida en el 2008 y más de 20 mil pozos de explotación”²⁴⁷. Al respecto de dicha publicación, el periódico *Diario de Yucatán* entrevistó al doctor Francisco Bautista, especialista en suelos kársticos, quien advirtió que en Yucatán “no hay mucha agua y tampoco es de buena calidad” y que hay entre 30,000 y 40,000 concesiones para extracción de agua subterránea “prácticamente gratuitas”. Para el doctor Bautista, el argumento común de que en Yucatán hay mucha agua sirve para legitimar dichas concesiones. Asimismo, señala que “el problema no es solo la gente que está llegando. Están viniendo empresas que requieren mucha agua. Lo que está pasando en Nuevo León [con respecto al desabasto de agua potable] ya está pasando en Yucatán”²⁴⁸.

242 Dificonsa. Grupo Modelo – Planta Yucatán. Recuperado de <https://www.dificonsa.com/grupo-modelo-yucatan/>

243 Pech Sánchez, L.M. (2022, 16 de febrero). 83% de los cenotes en Yucatán, contaminados por granjas porcícolas: Arqueólogo. *Por Esto!*. Recuperado de <https://www.poresto.net/yucatan/2022/2/16/83-de-los-cenotes-en-yucatan-contaminados-por-granjas-porcicolas-arqueologo-316866.html>

244 Agua. Org.mx. (2015, 6 de julio). Planta cervecera de Modelo pone en riesgo el acuífero de Yucatán. *Agua.org.mx*. Recuperado de <https://agua.org.mx/biblioteca/planta-cervecera-de-modelo-pone-en-riesgo-el-acuifero-de-yucatan-2/>

245 Comisión Nacional del Agua. (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024. Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua, p. 22.

246 Comisión Nacional del Agua. (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024. Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua, pp. 22-23.

247 Comisión Nacional del Agua. (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024. Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua, p. 30.

248 Noh Estrada, A. (2022, 26 de junio). Focos rojos en el agua de Yucatán: ni abunda ni es de buena calidad; experto. *Diario de Yucatán*. Recuperado de <https://www.yucatan.com.mx/merida/2022/6/26/focos-rojos-en-el-agua-de-yucatan-ni-abunda-ni-es-de-buena-calidad-experto-329238.html>



De este modo, aunque usualmente se afirma que el agua es “abundante” en Yucatán, la contaminación ha provocado que cada vez sea más difícil obtener agua adecuada para consumo humano. En 2014, el entonces secretario de Medio Ambiente de Yucatán, Eduardo Batllori, informó que, debido a la contaminación del acuífero, para conseguir agua limpia las personas debían obtenerla de pozos con hasta 30 metros de profundidad²⁴⁹. Miguel Moreno-Gómez y sus colegas advierten que la contaminación ha provocado que el agua a más de 20 metros del acuífero debajo de la ciudad de Mérida no sea apto para consumo humano²⁵⁰. Hay que tener en cuenta que en Yucatán tenemos un sistema kárstico en donde los sistemas de pozos profundos de distribución de agua potable también ya se encuentran contaminados, según lo confirman diversos estudios.

2.4 La contaminación sí es visible: efectos en la salud

Concluimos esta parte señalando algunas de las principales afectaciones a la salud provocadas por la exposición a la contaminación del agua de los cenotes. Los primeros estudios sobre contaminación de los cenotes advirtieron sobre el gran riesgo de la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, entre ellas las enfermedades gastrointestinales²⁵¹. Marín y Perry señalaron en su estudio de 1994 que más del 40% de muertes de niños menores a seis años son causadas por enfermedades gastrointestinales provocadas por patógenos transportados por el agua subterráneo. Por ello, subrayan los autores, la temporada de lluvias en la región también es conocida como “temporada de diarrea”²⁵².

La Organización Mundial de la Salud informa que las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte de niños menores de cinco años, y ocasionan la muerte de 525,000 niños cada año²⁵³. En el pasado, la deshidratación grave y la pérdida de líquidos eran las principales causas de muerte por diarrea. En la actualidad es probable que otras causas, como las infecciones bacterianas septicémicas, sean responsables de una proporción cada vez mayor de muertes relacionadas con la diarrea. La diarrea es un síntoma de infecciones ocasionadas por muy diversos microorganismos, la mayoría de los cuales se transmiten por agua con contaminación fecal²⁵⁴. De acuerdo con la Secretaría de Salud, “el estado de Yucatán presenta la incidencia más alta de enfermedades gastrointestinales a escala nacional; las enfermedades parasitarias son el principal problema de salud pública de origen hídrico, a causa de altos niveles de contaminación bacteriana”²⁵⁵.

-
- 249 Carrasco, A. (2014, 19 de noviembre). Baja la calidad del agua en Yucatán. *Novedades Yucatán*. Recuperado de <https://sipse.com/novedades-yucatan/calidad-agua-baja-yucatan-mantos-freaticos-contaminacion-123604.html>
- 250 Moreno-Gómez, M. et al. (2021). First application of the Integrated Karst Aquifer Vulnerability (IKAV) method -potential and actual vulnerability in Yucatán, Mexico. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22, 1591-1608, p. 1593.
- 251 Doehring, D. & Butler, J.H. (1974). Hydrogeologic Constraints on Yucatán's Development. The peninsula's water resource is threatened by man-induced contamination. *Science*, 186(4164), 591-595, p. 595.
- 252 Marín, L.E. & Perry, E.C. (1994). The Hydrogeology and contamination potential of northwestern Yucatán, Mexico. *Geofísica Internacional*, 33(4), 619-623, pp. 620, 622.
- 253 Organización Mundial de la Salud. (2015, 3 de diciembre). Informe de la OMS señala que los niños menores de 5 años representan casi un tercio de las muertes por enfermedades de transmisión alimentaria. *OMS*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news/item/03-12-2015-who-s-first-ever-global-estimates-of-foodborne-diseases-find-children-under-5-account-for-almost-one-third-of-deaths>
- 254 Organización Mundial de la Salud. (2017, 2 de mayo). Enfermedades diarreicas. *OMS*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>
- 255 Hoogesteijn Reul, A. et al. (2015). La contaminación fecal en cenotes de interés turístico y recreacional del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 19(3), 169-175, p. 170.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Las bacterias fecales y las toxigénicas son fuentes potenciales a desarrollar diarreas agudas principalmente en niñas y niños rurales. En 2019, Yucatán fue el tercer lugar de casos de diarrea en niños con una tasa de 18 casos por cada 1,000, “los menores de cinco años de edad son los más susceptibles a las diarreas y en consecuencia a sufrir deshidrataciones —pérdida excesiva de agua y sales minerales de un cuerpo— por las evacuaciones ocasionadas por esta enfermedad”²⁵⁶. Tras darse a conocer que Yucatán encabeza las cifras de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de cinco años²⁵⁷, la Secretaría de Salud recomienda “lavarse las manos con agua y jabón, y no comer en la calle”, sin hacer referencia al problema de contaminación del agua.

Asimismo, Julia Pacheco y Armando Cabrera documentaron que las elevadas concentraciones de nitratos en los pozos de agua pueden provocar metahemoglobina en los niños, padecimiento mejor conocido como “síndrome del niño azul”. Los nitratos de agua potable están relacionados con el cáncer colorrectal y de mama, defectos del tubo neural embrionario, trastornos reproductivos, malformaciones congénitas y enfermedades neurológicas.

Como hemos señalado, la presencia de plaguicidas altamente peligrosos en el agua de los cenotes de Yucatán, así como en la sangre y leche materna, está asociada con el desarrollo de cánceres, particularmente de mama y cervicouterino. De acuerdo con Polanco y sus colaboradores, hay una relación directa entre los altos niveles de bioacumulación de plaguicidas organoclorados en la sangre y leche materna y la contaminación de agua potable²⁵⁸.

Los índices de cáncer de mama en Yucatán han ido en aumento. Según el diagnóstico del Programa Regional Hídrico de CONAGUA, “actualmente Yucatán se encuentra en los primeros lugares de prevalencia a cáncer cervicouterino y cáncer de mama”. La evolución de este padecimiento ha ido de 36 muertes por 100,000 mujeres de 25 años o más en 1992, a 44 muertes en 2005 (como referencia, a nivel nacional, la cifra era de 15 muertes en esa misma fecha)²⁵⁹. Asimismo, en 2018 se registraron 283 mujeres en el Boletín Epidemiológico de la Secretaría de Salud; en 2019, la cifra aumentó a 332. En 2020, por la pandemia, todas las estadísticas se redujeron, pero se logró contabilizar a por lo menos 177 mujeres con cáncer de mama en el estado. En el primer trimestre de 2021, volvieron a aumentar los casos de cáncer de mama y cervicouterino y Yucatán se ubicó entre los diez estados con mayor incidencia del país²⁶⁰.

Cada 19 de octubre, el Día Mundial de la lucha contra el Cáncer de Mama, se realizan actividades y el Gobernador de Yucatán pronuncia mensajes oficiales en los que asegura que “la prevención y la detec-

256 Salazar, J. (2020, 13 de enero). Yucatán ocupa el tercer lugar con más casos de diarrea. *Novedades Yucatán*. Recuperado de <https://sipse.com/novedades-yucatan/yucatan-casos-diarrea-tercer-lugar-pais-353863.html>

257 Salazar, J. (2017, 4 de marzo). Yucatán, primer lugar en niños enfermos de diarrea. *Novedades Yucatán*. Recuperado de <https://sipse.com/novedades-yucatan/yucatan-primer-lugar-ninios-enfermos-diarrea-245080.html>

258 Polanco Rodríguez, A. et al. (2021). Organochlorine pesticides in the drinking water of Merida and its Metropolitan Zone, a Karst Region. *Urban Water Journal*, 19(1), 40-50.

259 Comisión Nacional del Agua. (2022). *Programa Hídrico Regional 2021-2024. Región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional del Agua, p. 151.

260 Salazar, J. (2021, 7 de abril). Aumentan los casos de cáncer de mama y cervicouterino en Yucatán. *Novedades Yucatán*. Recuperado de <https://sipse.com/novedades-yucatan/aumento-casos-yucatan-cancer-mama-cervicouterino-chequeos-mujeres-395816.html>



ción temprana del cáncer de mama son la clave para reducir la mortalidad de esta enfermedad”²⁶¹. Para combatir el cáncer de mama, las autoridades organizan carreras, torneos de ajedrez; algunas empresas regalan cilindros rosas de gas, pero no se menciona, mucho menos se regula, el uso de contaminantes que provocan cáncer a las mujeres de Yucatán.

Así, en los discursos de prevención de las enfermedades anteriores, se hace énfasis en el cambio de hábitos de las personas, como si el control de su alimentación y la calidad de la misma dependiera enteramente de ellos y ellas. Nunca se mencionan las condiciones medioambientales o sociales que también son un factor de riesgo para desarrollar cualquiera de esas enfermedades.

A todas las amenazas anteriores hay que añadir el agravante de que las comunidades mayas afectadas tampoco cuentan con servicios de salud básicos, como observa la doctora Aguilar. No siempre hay hospital o, si hay un centro de salud, no siempre dispone de personal capacitado. En la siguiente tabla podemos apreciar que, en los municipios que conforman la Reserva Geohidrológica del Anillo de Cenotes, más de la mitad de la población se encuentra en condiciones de pobreza (llegando incluso hasta más del 80% en los casos de Huhí y Tekit). Asimismo, en ninguno de los municipios encontramos un alto porcentaje de población con acceso a servicios de salud. Solo en el municipio de Seyé el 40% de la población tiene acceso a dichos servicios. En contraste, en Sanahcat, solo el seis por ciento de los habitantes cuentan con acceso a servicios de salud.

Municipio	Población en pobreza moderada	Población en pobreza extrema	Población con acceso a servicios de salud
Acanceh	41%	6.9%	21.8%
Cuzamá	51%	10.8%	22.1%
Hocabá	53.5%	13.5%	16.4%
Hoctún	50.3%	21.9%	17.5%
Homún	52.2%	16%	22%
Huhí	61.2%	20.8%	14.6%
Sanahcat	45.8%	10.4%	6.1%
Seyé	49.1%	13.3%	40.5%
Tahmek	52.6%	7.2%	10.3%
Tecoh	43.6%	11.2%	20.6%
Tekit	57.7%	24.4%	36.1%
Timucuy	51.4%	17.5%	23.6%
Xocchel	56%	21%	29.3%

Fuente: Secretaría de Bienestar. (2022). Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022. México: Secretaría de Bienestar. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/700023/_InformeYucMunicipios2022.pdf

261 Tuit. (2018, 19 de octubre). Recuperado de <https://twitter.com/MauVila/status/1053291627157041152>



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

De esta forma, la contaminación de los cenotes se hace visible particularmente entre las personas pobres de Yucatán. Para nuestro estado aplica lo escrito por el Papa Francisco en la carta encíclica *Laudato Si'*:

entre los pobres son frecuentes enfermedades relacionadas con el agua, incluidas las causadas por microorganismos y por sustancias químicas. La diarrea y el cólera, que se relacionan con servicios higiénicos y provisión de agua inadecuados, son un factor significativo de sufrimiento y de mortalidad infantil²⁶².

262 Papa Francisco. *Carta encíclica Laudato si'*, párr. 29. Recuperado de https://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html



3.

Conclusiones y agenda para la defensa de los cenotes

3.1 Conclusiones

A continuación, presentamos los principales argumentos de este informe.

- El Anillo de Cenotes no solo es importante como principal fuente de agua dulce de la región (42%). También juega un papel fundamental en la prestación de diversos servicios ambientales: alberga especies endémicas y en peligro de extinción, captura carbono. En este sentido, no solo debe defenderse en un sentido antropocéntrico (porque los seres humanos necesitamos agua), sino por el valor que tiene para el ecosistema en su conjunto.
- Es común leer y escuchar que, para las comunidades mayas, los cenotes son sagrados. Particularmente que son puntos de contacto con el inframundo. Muchas de estas aseveraciones se refieren a los mayas prehispánicos. Los estudios arqueológicos han documentado cómo los cenotes son repositorios de piezas de la memoria de la población que ha habitado esta región. Las comunidades mayas han atravesado numerosos cambios a partir de la conquista española (que, en Yucatán, ha sido considerada una conquista tardía, muy distinta a la de otras partes de México). Pero como documentan diversos estudios históricos y antropológicos, para muchas comunidades mayas, los cenotes son custodiados por dueños y/o guardianes, a los cuales hay que solicitar permiso y presentar ofrendas para hacer uso del agua. Asimismo, incluso niñas y niños de la actualidad relatan historias sobre la creación de los cenotes que apuntan hacia la importancia del equilibrio de las relaciones sociales y con el medio ambiente. Todos estos elementos apuntan hacia una forma de guardianía cultural de los cenotes, la cual debe ser reconocida como una forma de protección del acuífero subterráneo.
- Diversos índices y metodologías coinciden en que el Anillo de Cenotes es una región extremadamente vulnerable a la contaminación, debido al paisaje kárstico que caracteriza a este territorio. Factores como la alta permeabilidad de la roca caliza que conforma el suelo y la poca profundidad a la que se encuentra el agua subterránea hacen que esta sea en extremo vulnerable a la contaminación.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

- Aunque el Gobierno de Yucatán creó la Reserva Estatal Geohidrológica Anillo de Cenotes, esta existe solo en el papel, pues hasta la fecha no se ha elaborado el Programa de manejo.
- Yucatán cuenta con una infraestructura insuficiente para tratar las aguas residuales. Por esta razón, la entidad se ubica entre los últimos lugares en el manejo sustentable del medio ambiente, de acuerdo con el Subíndice de Manejo Sustentable del Medio Ambiente elaborado por el Instituto Mexicano para la Competitividad. El propio Gobierno de Yucatán reconoce que no se cuenta con un adecuado acceso al agua y que hay un “ejercicio insuficiente” del derecho al medio ambiente sano.
- A raíz de la crisis de la industria henequenera, el Gobierno de Yucatán ha intentado diversificar la economía local y ha impulsado actividades económicas no aptas para la particularidad del territorio. En muchos casos, estas actividades no toman las medidas de protección del ambiente y de la salud humana.
- En el agua del Anillo de Cenotes se ha detectado la presencia de plaguicidas altamente peligrosos por encima de los límites máximos permisibles de las normas oficiales mexicanas y los estándares internacionales. Tal es el caso del DDT, lindano, heptacloro, endosulfán, aldrín, paratión, glifosato, metoxicloro, entre otros. Por su peligrosidad por ser cancerígenos y neurotóxicos, muchos de estos plaguicidas están prohibidos en otros países (por ejemplo, el endosulfán en 75; el DDT en 71, el paratión metílico en 59, el paraquat en 38).
- Las granjas porcinas y avícolas no son aptas para establecerse en el Anillo de Cenotes, no obstante, esta es la zona en la que se han establecido la mayoría de dichas granjas. Los estudios científicos han documentado que los desechos de estas industriales contienen numerosas sustancias tóxicas, bacterias coliformes, nitratos, plaguicidas, metales pesados y amonio, que provocan daños a la salud humana, de otras especies y del ecosistema.
- Las indiscriminadas concesiones de extracción de agua para fines urbanos, industriales, entre otros, representan una amenaza para la disponibilidad de agua potable, debido a la intrusión salina del agua y el casi nulo tratamiento de las aguas residuales. Es falso que Yucatán cuente con abundante agua y de buena calidad.
- Generalmente se afirma que la contaminación del agua de los cenotes “no se ve”. Pero esta se manifiesta de diversas formas, entre ellas en enfermedades gastrointestinales, malformaciones congénitas, retraso cognitivo en niñas y niños rurales, así como en cáncer de mama y cervicouterino. Particularmente, las poblaciones más pobres son las que más sufren estos padecimientos.

66

3.2 Hacia una agenda para la defensa de los cenotes

Las conclusiones anteriores nos presentan un desolador panorama, en el que la contaminación del agua del Anillo de Cenotes representa graves amenazas para la salud humana, para la vida de otras especies, así como para actividades económicas como el ecoturismo.

No obstante, en los últimos años, diversas organizaciones y personas han emprendido acciones para proteger el agua subterránea de Yucatán. De estas experiencias retomamos una serie de elementos de una agenda para la defensa de los cenotes, con demandas dirigidas a autoridades, pero también a toda persona interesada en la defensa del agua. Aunque siempre son recomendables acciones individuales, como no tirar



basura y hacer un uso racional y cuidadoso del agua potable, las siguientes recomendaciones apuntan hacia soluciones estructurales, que implican un trabajo colectivo.

1) Al Congreso de la Unión

Que expida la nueva Ley General de Aguas con base en la Iniciativa Ciudadana de Ley General de Aguas, que tiene como objetivo garantizar el derecho humano al agua, el acceso equitativo y sustentable a través de la participación en un marco de respeto por los derechos humanos y de los pueblos indígenas.

Particularmente, que la nueva Ley General de Aguas incluya las particularidades de los acuíferos kársticos, como lo hace la Iniciativa Ciudadana. Así, este documento propone que “no se permitirán usos altamente contaminantes del agua en zonas kársticas” e incluye un capítulo (el tercero) sobre aguas subterráneas en el que se reconocen las zonas kársticas y cenotes. En esta sección se dispone que

en los acuíferos kársticos, está prohibido: I. La descarga directa de aguas residuales o la disposición de residuos sólidos en cuevas, cavernas, grutas y cenotes; II. El empleo o disposición de agroquímicos o de otras sustancias peligrosas en su superficie; III. La realización de actividades altamente contaminantes en su superficie como son las granjas industriales, la minería tóxica u otras; IV. Obras y/o actividades que expongan el nivel freático; V. El rellenado de cuevas, cavernas, grutas y cenotes. VI. La modificación de la geomorfología de cuevas, cavernas, grutas y cenotes en zonas de litoral, salvo que sea necesario para fines de protección civil, o para evitar daños a la salud pública, a los ecosistemas y a la hidrodinámica del acuífero. En las zonas de acuíferos kársticos costeros quedan prohibidas obras y/o actividades que pudieran resultar en la intrusión salina, que modifiquen la hidrodinámica y conlleve el aumento de la vulnerabilidad del acuífero ante eventos meteorológicos derivados del cambio climático.

Cabe destacar que Pedro Arrojo Agudo, actual Relator Especial sobre los derechos humanos al agua potable y al saneamiento, ha reconocido que México puede ser pionero en América Latina para la expedición de una ley integral del agua basada en derechos humanos y en un amplio proceso participativo ciudadano²⁶³.

2) Al presidente de la República

Que expida un decreto en el que reconozca a los cenotes como sujetos de derechos.

En los últimos dos años, organizaciones y especialistas en derechos humanos han solicitado a las autoridades que se reconozca a los cenotes como sujetos de derechos. En 2022 la Fundación para el Debido Proceso publicó el informe *Los cenotes de la península de Yucatán como sujetos de derecho desde la perspectiva de los derechos de la naturaleza*, elaborado por la abogada Samantha Colli Sulú²⁶⁴. Colli reconoce que la creación de la Reserva Estatal Geohidrológica y la inclusión del Anillo de Cenotes en la Lista de Humedales de la Convención de Ramsar “han sido insuficientes para efectivamente garantizar la protección, restauración y conservación” de esta área²⁶⁵.

263 Concha, M. (2022, 26 de febrero). Ley General de Aguas, ¡ya!. *La Jornada*. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/2022/02/26/opinion/015a1pol>

264 Colli Sulú, S. (2021). *Los Cenotes de la Península de Yucatán como sujetos de derecho*. Washington: Fundación para el Debido Proceso, DPLF.

265 Colli Sulú, S. (2021). *Los Cenotes de la Península de Yucatán como sujetos de derecho*. Washington: Fundación para el Debido Proceso, DPLF.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Por lo tanto, Collí hace una revisión de la denominada “jurisprudencia de la Tierra”, del movimiento de derechos de la naturaleza y de constituciones y leyes de Bolivia, Colombia y Ecuador, y propone el reconocimiento de derechos de los cenotes, lo que tendría como consecuencia que dichos derechos puedan ser defendidos en un tribunal, así como la creación de figuras de guardianía comunitaria, juntas asesoras y agencias de monitoreo de estos cuerpos de agua. Este reconocimiento se basa en el hecho de que

existen fundamentos suficientes para sostener que la zona anillo de cenotes es un sistema viviente, conformado por cenotes interconectados, con los cuales el pueblo maya peninsular sirve en estrecha relación ancestral, espiritual, cultural, económica y de guardianía de su biodiversidad²⁶⁶.

Con base en estos fundamentos, en enero de 2022, ciudadanos del municipio de Homún y representantes del Comité maya Kana’an Ts’onot (Guardianes de los Cenotes) solicitaron por escrito a autoridades federales, estatales y municipales el reconocimiento de la personalidad jurídica a los cenotes que conforman el Anillo de Cenotes. Este reconocimiento implica una transformación de la conceptualización y régimen jurídico de la naturaleza, de ser definida como una propiedad de los humanos, a una entidad con derechos. Particularmente, solicitan al presidente de la República que

lleve a cabo las gestiones necesarias a fin de impulsar una iniciativa con proyecto de decreto a través del cual se reconozcan los cenotes que conforman el Anillo de cenotes en Yucatán como sujetos de derecho, y se establezcan las obligaciones relacionadas con los derechos de la naturaleza y se dicten todas las disposiciones necesarias a fin de hacerlas efectivas.

Asimismo, exigen que la expedición de “una norma oficial mexicana que reconozca las características específicas del acuífero kárstico de la península de Yucatán, y que ordene las acciones necesarias para la restauración, mantenimiento, regeneración y protección de los cenotes”. En ejercicio de su derecho a la libre determinación reconocido en el derecho nacional e internacional, las comunidades mayas del Anillo de Cenotes tienen la potestad “para elaborar sus reglamentos comunitarios para el manejo, conservación, protección y restauración de los cenotes con la asesoría técnica de la SEMARNAT”.

Otra petición fundamental es la

conformación de un grupo, panel y/o comité de protección del anillo de los cenotes, integrado por las autoridades federales, estatales, municipales y representantes de las comunidades mayas donde está el anillo de cenotes, con acompañamiento internacional de alguna organización internacional u oficina de las Naciones Unidas, para el monitoreo de las acciones para el manejo, conservación, protección y restauración del anillo de cenotes.

Al Gobernador de Yucatán, Kana’an Ts’onot solicita que

lleve a cabo las gestiones necesarias a fin de impulsar una iniciativa de modificación de la Constitución del Estado como el firme propósito común para todas y todos los ciudadanos e instituciones públicas y privadas, se reconozca personalidad Jurídica a los Cenotes que conforman la zona denominada ‘Anillo de los Cenotes’.

266 Collí Sulú, S. (2021). *Los Cenotes de la Península de Yucatán como sujetos de derecho*. Washington: Fundación para el Debido Proceso, DPLF, p. 70.



Finalmente, también exigen a las autoridades federales y estatales en materia ambiental, así como al Ayuntamiento de Homún, que, en cumplimiento de la ley, tomen las medidas preventivas y precautorias necesarias para evitar las afectaciones de los cenotes y el desequilibrio ecológico de la zona.

Ciertamente, debemos ser cuidadosos con una visión romántica sobre las comunidades indígenas y su relación con la naturaleza, y reconocer que habitantes de las comunidades del Anillo de Cenotes —así como de otras partes del mundo— desechan basura en el acuífero y usan plaguicidas altamente peligrosos (que son a los que tienen acceso, en clara vulneración al derecho a la información y otros derechos humanos). Pero, como hemos visto, en las comunidades que integran el Anillo de Cenotes imperan prácticas culturales que pueden ser entendidas como una forma de “guardianía cultural”. Para muchas personas mayas, en los cenotes habitan dueños y guardianes, como los aluxes y la serpiente tsukán. Como explica la antropóloga Ella Fanny Quintal,

el trabajo más importante de los ‘dueños’ es lograr que los seres de la naturaleza de los que están a cargo no sean depredados o consumidos de manera irracional o ilegal, sin cumplir con las normas de reciprocidad que el ser humano debe mantener en relación con toda la vida de la Tierra²⁶⁷.

Estas prácticas culturales deben ser reconocidas para la protección de los cenotes. Por ejemplo, el reconocimiento del *toolche*, “una franja arbolada con mínimo 50 m de ancho o más que los campesinos dejaban alrededor de los cenotes y aguadas para evitar que se azolven con tierra arrastrada por las lluvias”²⁶⁸.

Estas demandas también se fundamentan en el derecho internacional y en el ordenamiento jurídico mexicano. La Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas dispone en su artículo 25 que:

Los pueblos indígenas tienen derecho a mantener y fortalecer su propia relación espiritual con las tierras, territorios, aguas, mares costeros y otros recursos que tradicionalmente han poseído u ocupado y utilizado y a asumir las responsabilidades que a ese respecto les incumben para con las generaciones venideras.

3) A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader) y la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris)

Que den cumplimiento efectivo de la Recomendación No. 82/2018 de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos y prohibición y erradicación total de plaguicidas altamente peligrosos.

A partir de la Recomendación No. 82/2018, Sobre la violación a los derechos humanos a la alimentación, al agua salubre, a un medio ambiente sano y a la salud, por el incumplimiento a la obligación general de debida diligencia para restringir el uso de plaguicidas de alta peligrosidad, en agravio de la población en general, se ha incluido la definición de “plaguicida altamente peligroso” en la legislación nacional y tam-

267 Citado en Colli Sulú, S. (2021). *Los Cenotes de la Península de Yucatán como sujetos de derecho*. Washington: Fundación para el Debido Proceso, DPLF, p. 47.

268 Aguilar-Duarte, Y. et al. (2016). Ivaky: índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(3), 913-933, p. 928.



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

bién se han tomado medidas administrativas para la prohibición gradual del herbicida glifosato (aunque, al momento de la conclusión de este informe, un Juez de Distrito de la Ciudad de México concedió a la empresa Bayer-Monsanto un amparo contra el Decreto emitido por el presidente López Obrador para eliminar gradualmente el glifosato). No obstante, esta sustancia no es el único plaguicida que puede causar daños a la salud humana y ambiental en la región.

En el caso del Anillo de Cenotes, ya se ha identificado la presencia de plaguicidas altamente peligrosos para el medio ambiente y/o para la salud. Por esta razón, debe darse prioridad a la recomendación dirigida a la SEMARNAT, la SADER y la COFEPRIS, sobre “la reducción y prohibición progresiva de plaguicidas altamente peligrosos” y que “se proporcione a esta Comisión Nacional las pruebas que acrediten su cumplimiento”. La reducción y prohibición progresiva de los plaguicidas debe ir acompañada del apoyo a iniciativas agroecológicas.

4) A la Semarnat y la Secretaría de Desarrollo Sustentable (sds) del Gobierno del Estado de Yucatán

La declaración del Anillo de Cenotes como zona libre de granjas.

Los estudios científicos documentan que las granjas porcinas no son aptas en la zona del Anillo de Cenotes, ya que, por la densidad de estos cuerpos de agua, las características del suelo, la altitud y la precipitación pluvial, esta región es extremadamente vulnerable a la contaminación.

Es un acierto que la SEMARNAT haya tomado la medida de ya no autorizar más granjas de cerdos en comunidades mayas. Pero existen razones de sobra para restringir las granjas porcinas en el Anillo de Cenotes. Además de la extrema vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea, ninguna de las granjas ha sido consultada de manera previa, libre e informada, por lo que se ha incumplido con esta obligación del Estado mexicano. Del mismo modo, un alto porcentaje de granjas carece de Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). Y, como vimos, en general, las estrategias de mitigación como los biodigestores no son correctamente utilizados. Es poco realista que el actual Gobierno de Yucatán suspenda o reubique las granjas localizadas en el Anillo de Cenotes, pero debe de instaurarse una estrategia a corto, mediano y largo plazo para que esta región sea una zona libre de granjas y se proteja la salud del acuífero, de las comunidades y diversas especies que habitan en ella.

Así, un siguiente paso para constituir el Anillo de Cenotes como zona libre de granjas debe ser la suspensión de toda granja que no cuente con MIA, en la que las autoridades hayan incumplido la obligación de consultar a las comunidades afectadas o en las que se hayan documentado daños graves al medio ambiente.

Posteriormente, las granjas que cumplan con un uso racional del agua y con medidas de protección del ambiente deberán ser reubicadas en zonas aptas para la porcicultura, según indican los estudios sobre el tema. Desde luego, cualquier estrategia de reubicación debe de cumplir con los más altos estándares en materia de derechos humanos, como obtener el consentimiento previo, libre e informado de las comunidades indígenas afectadas por las obras, así como las medidas de protección ambiental, como el uso racional del agua. Lo mismo debe aplicarse para cualquier actividad económica no apta para el territorio del Anillo de Cenotes.

Ciertamente, las granjas porcinas brindan cientos de empleos a los pobladores de la región, pero, tal como ocurrió con la liquidación de la industria henequenera, podría elaborarse un ambicioso programa de impulso de actividades económicas, esta vez con adecuación ecológica a la región. El Decreto de la Reserva



geohidrológica reconoce que “los municipios que convergen en la zona propuesta como reserva geohidrológica, cuentan con un gran potencial para el desarrollo turístico sustentable”²⁶⁹.

En este sentido, un proyecto que ha sido sugerido por especialistas del tema es la creación de un geoparque kárstico. De acuerdo con el Dr. José Luis Palacio Prieto, especialista del tema, los geoparques son territorios que cuentan entre sus atractivos “rasgos geológicos importantes para explicar la evolución de una región y del planeta”. Su principal objetivo “es crear conciencia de la importancia de la vegetación, fauna y aspectos afines”. Actualmente, hay dos geoparques en México: uno en la Mixteca Alta y otro en la Comarca Minera de Hidalgo enfocado en el patrimonio geológico-minero²⁷⁰.

Para la doctora Yameli Aguilar, la península de Yucatán cuenta con las características para convertirse en uno: tiene una relevancia histórica mundial por la presencia de la cultura maya; interés científico por el meteorito que impactó y provocó una de las extinciones más importantes en la historia del planeta; potencial para el desarrollo de turismo ecológico y comunitario; y un espacio educativo y de convivencia. Así, en lugar de crear parques de atracciones turísticos artificiales, que en muchas ocasiones destruyen el territorio, se trataría de reconocer lo propio: el suelo, las rocas, el relieve, los cenotes, las cavernas, el impacto del meteorito, la biodiversidad, la relación de las comunidades con ellas. La creación de un geoparque kárstico requeriría la participación, la consulta y consentimiento de las comunidades implicadas, ya que ellas serían las protagonistas y gestoras de este. También requerirá un trabajo multidisciplinario y capacitación técnica para fomentar el turismo sustentable en el área.

5) Al Gobierno del Estado de Yucatán y al Gobierno federal de México

Que elaboren un programa de infraestructura de agua potable y saneamiento en Yucatán.

El Gobierno federal ha declarado en numerosas ocasiones que el sur de México ha sido la región más “abandonada” en el período “neoliberal”, lo que le ha llevado a justificar el megaproyecto denominado Tren Maya. Ciertamente, uno de los ámbitos en donde Yucatán se encuentra en los últimos lugares es en el de infraestructura de saneamiento. De acuerdo con la CONAGUA, la inversión en este sector ha presentado una tendencia a la baja en los últimos años. Esta situación puede deberse, en parte, a la concepción errónea de que en Yucatán “abunda” el agua o que hay grandes cantidades disponibles del líquido. El problema es que el agua disponible no es apta para consumo humano. Es necesario que el Gobierno de Yucatán y el Gobierno federal elaboren un ambicioso programa de infraestructura de agua potable y saneamiento para hacer efectivo el derecho humano al agua en la entidad.

6) A la Secretaría de Salud de Yucatán (Servicios de Salud de Yucatán)

Que elabore campañas de información y prevención de la salud que aborden el problema de contaminación del agua.

269 Gobierno del Estado de Yucatán. Decreto número 117. Decreto que establece el área natural protegida denominada reserva estatal geohidrológica del Anillo de Cenotes. *Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán*, lunes 28 de octubre de 2013, p. 14.

270 Obras. (2015, 12 de junio). En México buscan crear geoparques con asesoría de la UNAM. *Obras*. Recuperado de <https://obras.expansion.mx/construccion/2015/06/13/en-mexico-buscan-crear-geoparques-con-asesoria-de-la-unam>



AGUA AMENAZADA

Informe sobre la grave contaminación del Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán (México)

Las campañas de información y prevención de enfermedades gastrointestinales y de cáncer de mama y cervicouterino no pueden basarse únicamente en llamados para lavarse las manos con agua y jabón — además de que, en muchas ocasiones, las personas no tienen acceso a estos bienes— y a realizar carreras y otras actividades para concientizar sobre el problema.

Existen numerosos estudios que vinculan la contaminación del agua subterránea con diversas sustancias tóxicas, desde nitratos hasta plaguicidas. Las autoridades deben informar a la población sobre los peligros de la exposición a dichas sustancias y, sobre todo, cumplir con sus facultades para contribuir a la prevención de dicha exposición. Debe de haber un cambio en los discursos médicos y de salud oficiales, que enfatizan la responsabilidad individual de los pacientes, y se debe reconocer el papel que juega el deterioro ambiental y las políticas públicas en las enfermedades.

7) A la ciudadanía

Participar colectivamente en la defensa del agua.

Si estás leyendo esto es porque estás preocupada/o por el problema de contaminación del agua de los cenotes y de otras fuentes de este líquido vital en Yucatán. En el estado existen diversas organizaciones y colectivos que se han dedicado a la defensa del agua, ya sea en la organización y participación de foros para la elaboración de la Iniciativa Ciudadana de la Ley General de Aguas, para monitoreos sobre la calidad del agua²⁷¹, para el acompañamiento en la defensa de los derechos a un medio ambiente sano, para la educación con un enfoque de sustentabilidad²⁷², entre otros.

Al respecto, vale la pena retomar las palabras de la periodista española Marta Peirano en su reciente libro sobre la resistencia ciudadana frente al cambio climático:

Podemos empezar por la gestión de los recursos más necesarios y limitados, como el agua y la energía, abriendo un cuarto para compartir la lavadora (con los vecinos de un departamento). Podemos buscar cooperativas vinculadas al contexto climático y ser parte de su red de sensores capaces de identificar, evaluar, aprender, corregir y proponer. Podemos ser el primer satélite para un observatorio colectivo del clima en nuestro edificio, coordinado a través de instituciones educativas, militares y sanitarias. Podemos convertirnos en un ejército civil contra la crisis climática, aprendiendo a ser mejores vecinos con todos nuestros vecinos, incluyendo al resto de las especies con las que compartimos el planeta. Los que se quedan sin agua cuando nos quedamos sin agua. Nuestra verdadera comunidad²⁷³.

Recordemos que los cenotes son geformas resultado de largos procesos de disolución y colapso de rocas solubles, esto es, de lentos procesos de karstificación que tomaron miles de años. La formación del Anillo de Cenotes se atribuye principalmente al impacto del meteorito que cayó en Chicxulub. Los cenotes constituyen ecosistemas únicos que son el hogar de especies como el pez ciego y la anguila ciega. Para las

271 Sobre el monitoreo de calidad del agua, se pueden retomar experiencias como la de la organización Centinelas del Agua, A.C., que ha realizado estudios sobre el tema en la laguna de Yalahau y otras áreas naturales protegidas en Quintana Roo.

272 Por ejemplo, la escuela U popop najil chac, o casa de arte para niños dios de la lluvia, en el pueblo de Telchaquillo, en el municipio de Tecoh, que se dedica a inculcar a los niños el cuidado del agua y del medioambiente.

273 Peirano, M. (2022). *Contra el futuro. Resistencia ciudadana frente al feudalismo climático*. México: Debate, p. 167.



comunidades mayas, estos cuerpos de agua también están habitados por aluxes y serpientes voladoras, celosos guardianes de estas formaciones geológicas. Su belleza maravilla a locales y foráneos.

No obstante, actividades humanas dedicadas a la erradicación de hierbas, insectos y otros organismos considerados “plagas”; a la producción masiva e industrial de carne de cerdo para exportar; así como el crecimiento descontrolado de la población, los desarrollos urbanos y el turismo, han contaminado y puesto en peligro en unos pocos años el equilibrio ecológico desarrollado en miles de años. Los orígenes de los seres vivos se encuentran en el agua y, en más de un sentido, los cuerpos humanos y los cuerpos de agua están interconectados: las sustancias tóxicas no solo fluyen por los ríos subterráneos, sino también por nuestras corrientes sanguíneas. De la leche materna pasan a las nuevas generaciones.

Los cenotes son muy vulnerables a la contaminación y, debido a esta vulnerabilidad, requieren de cuidado. Es nuestro deber prestar dicho cuidado. Las actuales y futuras generaciones tienen el derecho a acceder a agua sana, limpia, así como a maravillarse con las misteriosas profundidades de los cenotes, a disfrutar la inigualable belleza de sus aguas cristalinas adornadas con cortinas de rayos de luz.

