



## Cenotes vemos, estigobiontes no sabemos

Jazmín Deneb Ortigosa Gutiérrez

### Resumen

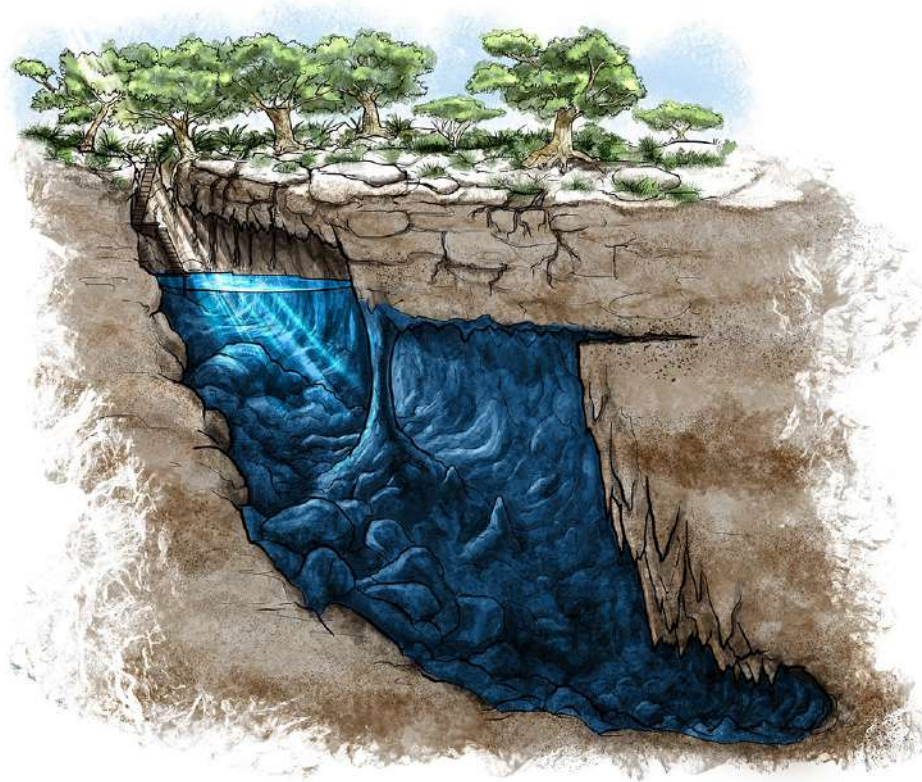
Los sistemas anquihalinos son cuevas inundadas parcial o totalmente. En el continente americano reciben diferentes nombres: en Bahamas y Belice se conocen como *blue holes*, en Cuba como casimbas y en México como cenotes, ya que su nombre proviene del maya Tsonot (figura 1) Ver en *Cienciorama* “[¿Sólo hay cenotes en la Península de Yucatán?](#)”.

### La península de Yucatán

Hace poco más de 6 millones de años, la península de Yucatán era una plataforma arrecifal gigantesca que fue elevándose por el movimiento de las placas tectónicas. Desde que esta plataforma salió a la superficie, las rocas carbonatadas que la componen comenzaron a disolverse por la lluvia y poco

a poco se hicieron túneles tan grandes que el techo de estas cuevas finalmente alcanzó el suelo, se colapsó y se generaron los cenotes. También el mar contribuye a la formación de estas cuevas. Los cambios en el nivel del mar ocasionados por las glaciaciones durante los últimos 2 millones de años –periodo Cuaternario–, han dado lugar a la profundidad de estas cuevas. La geología de la península, las glaciaciones y la capacidad de adaptación de las especies han determinado la diversidad biológica actual en la península de Yucatán.

El término anquihalino fue propuesto por Holthius en la década de 1970 para denominar a los estanques de agua salada o salobre que no tenían una conexión superficial con el mar pero cuyas aguas fluctuaban con las mareas.



*Figura 1. Cenote. Imagen cortesía de Alberto Guerra, en el marco del proyecto “Biodiversidad y Ecología de las fauna de cenotes de Yucatán”, UMDI-Sisal, UNAM.*

La columna de agua en las cuevas inundadas puede estar estratificada en dos o más secciones con diferentes características también conocidas de manera general como clinas, por ejemplo capas de agua dulce o salada – haloclinas– , diferencias drásticas de temperatura –termoclinas– o cambios en los compuestos disueltos en el agua, como capas de sulfuro de hidrógeno – quimioclinas–.

A pesar de que las cuevas, cavernas y sistemas de agua subterránea parecen ambientes inhabitables, albergan especies con adaptaciones especiales. Los organismos que encontramos en las cuevas inundadas de la Península de Yucatán tienen una historia íntimamente ligada con su geología. La formación de las cuevas ha determinado la dirección de la selección natural en los procesos de especiación. La biota se puede dividir en tres dependiendo de en qué parte de la cueva vivan: 1) estigófilos si viven tanto en ambientes acuáticos superficiales como subterráneos; 2) estigógenos si realizan la mayor parte de su vida en ambientes acuáticos superficiales pero pueden encontrarse ocasionalmente en aguas subterráneas y 3) estigobiontes si pasan toda su vida bajo el agua. La raíz estigo tiene sus orígenes en la mitología griega, y hace referencia al río subterráneo del inframundo, el río Estigia.

Los estigobiontes son animales invertebrados como los crustáceos (anfípodos, copépodos, decápodos e isópodos), pero también se han encontrado y descrito entre ellos esponjas, equinodermos, gasterópodos, gusanos y vertebrados como los peces. Al estar confinados a ambientes siempre inundados y muchas veces separados por **clinas**, los estigobiontes presentan adaptaciones morfológicas, fisiológicas, bioquímicas o de comportamiento más pronunciadas que los estigófilos y los estigógenos. Las principales adaptaciones pueden ser consecuencia de la ausencia de luz, de bajas cantidades de oxígeno o de poca disponibilidad de alimento. Dentro de esta estratificación las especies también se distribuyen en distintos

ambientes, unas en agua dulce, otras en agua salada, o en zonas con influencia de la luz solar y de la luna o de total oscuridad.

### **Adaptarse o morir**

Una de las adaptaciones más importantes de los sistemas anquihalinos es a la falta de luz, lo que implica que no haya fotosíntesis en la gran mayoría de las cuevas, exceptuando los cenotes que son sus entradas, y por ello una baja disponibilidad de energía. En algunos cenotes la luz del Sol alcanza el espejo de agua permitiendo la proliferación de algas y procesos fotosintéticos; además la lluvia acarrea hasta el acuífero materiales orgánicos y contaminantes de la superficie, generando un oasis energético en un ecosistema prácticamente desprovisto de energía.

La falta de luz y la escasez de alimento son las características que han impulsado a las especies a modificar sus capacidades fisiológicas, metabólicas, morfológicas y conductuales. En general las especies que habitan dentro de las cuevas presentan adaptaciones morfológicas como la elongación de extremidades, falta de ojos y pigmentos, a diferencia de las especies similares que viven fuera de estos sistemas. Algunos organismos como las salamandras ciegas *Proteus anguinus* de la región de la ex Yugoslavia, han logrado reducir su metabolismo al grado de poder sobrevivir casi 10 años sin alimento. Otros depredadores han adoptado una flexibilidad en la que son carnívoros por elección pero omnívoros o incluso saprófitos por necesidad. Otras especies han optado por estrategias más ordenadas como la alimentación con microalgas y bacterias o tener actividad únicamente de noche.

### **Hecho en México**

Desde hace varias décadas en la Unidad de Docencia en Investigación (UMDI) Sisal de la UNAM se llevan a cabo estudios para conocer las características fisiológicas de organismos de importancia comercial como el

mero, el camarón o el pulpo. El biólogo de formación y Maestro en Ciencias Efraín Chávez comenzó a bucear en cenotes y cuevas inundadas de diferentes dimensiones y configuraciones desde 2005. Durante todas sus horas de buceo vio que los organismos sí están distribuidos por zonas en estos ambientes (figura 2). Actualmente realiza sus estudios de doctorado con camarones ciegos del género *Typhlatya*, que se han apropiado de la totalidad del ambiente inundado subterráneo. Estos camarones han logrado proliferar en ambientes de mínimo oxígeno, atravesar haloclinas y otros incluso subsisten en ambientes sulfurosos en los que sus depredadores no pueden respirar o no los pueden seguir. El género tiene una distribución muy amplia, se han registrado en cuevas de Francia y España, en la Isla Ascensión, ubicada en el océano Atlántico, en la región del Caribe –que incluye las Antillas, Bahamas y Yucatán– y en las Islas Galápagos, en el océano Pacífico, aunque la distribución por especie es más restringida.

La investigación de Efraín intenta resolver en primera instancia si estos camarones viven en el agua dulce porque no pueden pasar a la salada o porque no quieren, y si pueden hacerlo ¿cómo lo hacen? A partir de estos resultados él y sus colegas tratarán de relacionar sus distintos hábitats con sus características fisiológicas y su historia adaptativa como parte de los sistemas anquihalinos, considerando la historia geológica de la península, la formación de las cuevas y las evidencias de dispersión y colonización de todo el género en áreas geográficas tan lejanas.

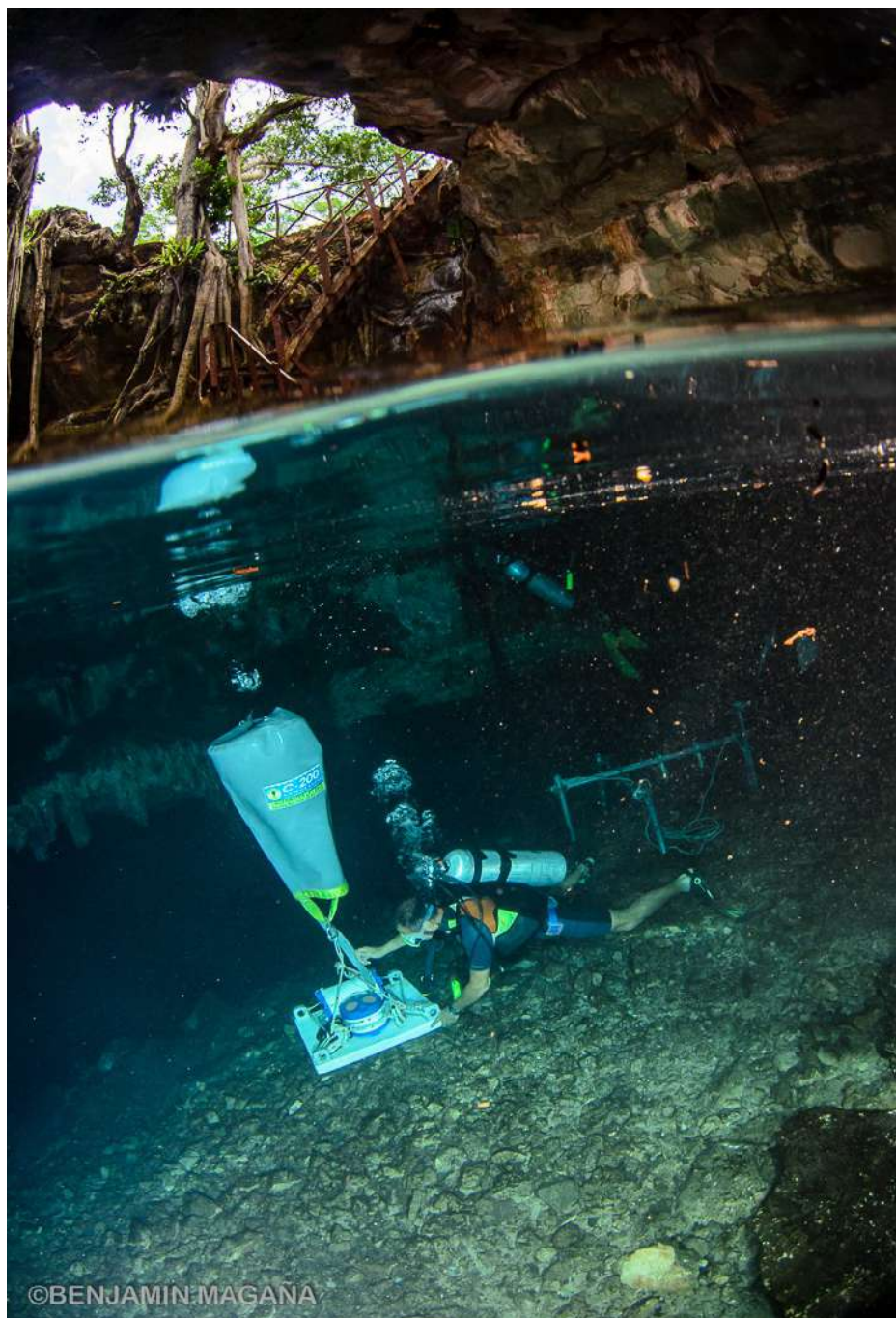


Figura 2. Muestreo en el cenote de Kankirixche, Península de Yucatán. Imagen cortesía de Benjamín Magaña, en el marco del proyecto “Biodiversidad y Ecología de las faunas de cenotes de Yucatán”, UMDI-Sisal, UNAM.

## **El buceo en cuevas no es para cualquier buzo**

Para explorar ambientes anquihalinos no se necesita solamente saber bucear, es necesario tomar cursos especializados de buceo en cuevas y contar con equipo adecuado. Hay muchas cosas que se deben de considerar durante todo el buceo: profundidad, tiempo de descompresión, flotabilidad, tiempo de batería de las lámparas, línea guía (figura 3) y una de las más importantes, la cantidad de gas (aire o alguna mezcla). A diferencia del buceo en aguas abiertas, se debe salir por el mismo lugar por el que se entró, para ello se considera  $1/3$  del gas para entrar,  $1/3$  para salir y  $1/3$  para cubrir cualquier emergencia, tanto de uno como de un compañero.

Gracias a los avances tecnológicos en los equipos de buceo, cada vez se puede ir más lejos y más profundo en la exploración de los ambientes anquihalinos. Uno de los avances más importantes ha sido la implementación de los recirculadores. Los modelos convencionales de tanques de aire o circuito abierto tienen la desventaja de que son finitos y que al exhalar se generan burbujas de dióxido de carbono que pueden causar variaciones en la composición química del agua, así como vibraciones en el techo de las cavernas. En los modelos de circuito cerrado todo el gas exhalado es reciclado, el dióxido de carbono se elimina mediante un depurador químico y se agrega oxígeno. Aunque este reciclaje no es finito puede multiplicar el tiempo y la profundidad máxima de los buceos.



*Figura 3. Buzo colocando la línea guía. Imagen cortesía de Benjamín Magaña, en el marco del proyecto “Biodiversidad y Ecología de las fauna de cenotes de Yucatán”, UMDI-Sisal, UNAM.*

### **Muy lejos del hombre pero muy cerca de la extinción**

Algunas perturbaciones de origen antropogénico a este tipo de ambientes es el vertimiento de residuos sólidos. Incluso los rellenan con basura o escombros para poder construir sobre ellos sin tener el temor de que puedan colapsar. Si esto no fuera suficiente, que las rocas porosas de la Península de Yucatán hayan promovido la infiltración de agua y con ello la formación de los cenotes, también hace posible que éstos se contaminen muy rápido al ser infiltrados por aguas negras, insecticidas y pesticidas.



A pesar de que muchos cenotes se comunican a través de los sistemas subterráneos, es muy común encontrar especies endémicas, en especial estigobiontes, pues las clinas funcionan como barreras para muchas especies. Por ello no es de sorprender que en los cenotes de la Península de Yucatán haya fauna endémica. Por ejemplo hay camarones, anfípodos e isópodos –parientes de las cochinillas de tierra– como *Mayaweckelia cenotícola*, *Typhlatya dzilamensis* y *Yucatalana robustispina*, que están restringidos a una sola cueva o a una pequeña parte de la Península. ¿Te imaginas que la desaparición de un solo cenote conlleve a la extinción de una o más especies? (figura 4).



Figura 4. Camarón de coral yucateco, *Craseraia morleyi*. Fuente: <https://www.naturalista.mx/projects/fauna-cenotes-yucatan>

Debido a la fragilidad de su hábitat y a lo restringido de sus distribuciones, algunas especies que habitan los cenotes de la Península de Yucatán están dentro de la lista de especies protegidas por la NOM-059 bajo alguna de las

cuatro categorías posibles, por ejemplo *Antromysis cenotensis* está bajo la categoría de especie amenazada y el pez *Typhliasina pearsei*, conocido como “la dama blanca ciega” (figura 5) y la anguila *Ophisternon infernale* (figura 6) están considerados en peligro de extinción.



Figura 5. Dama blanca ciega, *Typhliasina pearsei*. Fuente: <https://www.naturalista.mx/projects/fauna-cenotes-yucatan>



*Figura 6. Anguila Ophisternon infernale Imagen cortesía de Efraín Chávez.*

Como muchos otros temas, mientras más se conoce menos se sabe. Desde la experiencia del Maestro Efraín se reconoce que falta información sobre la biología, ecología y demografía de la mayoría de las especies estigobiontes, “a la mitad del proyecto de doctorado me doy cuenta que en realidad no sabemos casi nada de lo que ocurre bajo nuestros pies”. Los resultados de los estudios para conocer las relaciones de estos camarones con otras especies del grupo han sido impresionantes, ya que mucha de la fauna estigobionte se encuentra relacionada con especies consideradas como relictas, es decir que el ambiente que habitan es el último reducto en el que sobreviven, y el estudio de estas especies podría brindar pistas sobre la evolución de algunos grupos. “Para muchos, la vida en las cuevas puede parecer algo extremo, pero para los estigobios, es cosa de todos los días”, comenta Efraín.

## **Fuentes:**

- Chávez Solís E., Magaña B. y Angyal D. (2017). Guía de campo fauna de cenotes, Publicación particular, Ciudad de México.
- Iliffe T. M. (2018). Collecting and processing crustaceans from anchialine and marine caves, *Journal of Crustacean Biology*, 38(3), 374-379.
- Iliffe T. M., Bishop R. E. y Safran P. (2007). Adaptations to life in marine caves. *Encyclopedia of Life Support*. <http://www.eolss.net>
- Comunicación personal con el M. en C. Efraín Chávez Solís.

## **Enlaces interesantes:**

- <http://www.marinespecies.org/worcs/>
- <https://www.naturalista.mx/projects/fauna-cenotes-yucatan>
- [www.cenoteando.org](http://www.cenoteando.org)