

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LOS CENOTES DE YUCATÁN.

**Roger M. Medina-González
UADY-FMVZ-Biología,
Departamento de Ecología**

Además de su importancia sociocultural, los cenotes constituyen un recurso conocido sólo parcialmente. Sus aguas, expuestas en mayor o menor grado a las condiciones ambientales imperantes en la península proporcionan un ambiente peculiar en el cual se han desarrollado formas de vida únicas.

Sus características físicas, resultado de los rasgos geográficos prevalecientes en la región y la historia geológica de los sustratos que lo constituyen, tienen una influencia decisiva en el funcionamiento de estos ecosistemas.

Las formas de los cenotes no solamente afectan las condiciones del cuerpo de agua sino también el ambiente circundante, del cual depende, en gran medida, el ecosistema en su conjunto.

Además, las propiedades físicas de la roca caliza (porosidad, permeabilidad y solubilidad) que permiten la formación de los cenotes, determinan la existencia de un acuífero no confinado, que prácticamente intercomunica todos los cuerpos de agua existentes en la zona.

Uno de los aspectos más relevantes de la forma de los cenotes con relación a su funcionamiento es su influencia en la cantidad de luz que incide sobre el cuerpo de agua. Así, los cenotes pueden ser abiertos, semicerrados o cerrados cuando el espejo de agua queda expuesto totalmente, parcialmente o completamente aislado de la luz solar, respectivamente. En estos cenotes, la posibilidad de desarrollo de organismos foto sintetizadores y con ello el establecimiento de una comunidad acuática basada en la vía de pastoreo se encuentra progresivamente limitada hacia los cerrados.

Otro aspecto importante es la profundidad del espejo de agua con relación al nivel del suelo, que se incrementa hacia el interior de la península y por tanto está relacionada con la cercanía a la costa, esto tiene implicaciones interesantes al considerar la profundidad de las capas de agua salada que se encuentran en las partes más profundas de algunos cenotes, ya sea como efecto de la porosidad de la roca caliza, que alcanza algunos kilómetros tierra adentro, observándose inclusive el efecto de las mareas, o como evidencia de las sucesivas inmersiones y emersiones de la península durante su historia geológica. Esto reviste de especial interés ya que puede considerarse que las especies que actualmente habitan los cenotes tienen ancestros marinos, por lo que el estudio de la interfase entre el agua salada y dulce (haloclina) y de la fauna en ella puede ayudar a comprender mecanismos de especiación y colonización de estos ecosistemas.

La flora de los cenotes puede visualizarse a través de un gradiente de humedad, desde el ambiente circundante hasta la columna de agua, en donde predomina el fitoplancton,

pasando por vegetación emergente, flotante y/o sumergida, cuando las condiciones lo permiten.

Desde un punto de vista ecológico, la vegetación y el fitoplancton representan el nivel productor, esto es los organismos que fijan la energía solar y la hacen disponible para los organismos consumidores (heterótrofos) que no tienen la posibilidad de sintetizar sus propios alimentos. Desde este punto de vista (de la producción) los cenotes exhiben diversas condiciones, desde los oligotróficos (aguas transparentes, con poco alimento y poco productivos) hasta los eutróficos (aguas verdes, con mucho alimento y alta producción) y los distróficos (cuerpos de agua con color café por la gran cantidad de materiales disueltos).

La vegetación circundante, que depende de la topografía del terreno aledaño al cuerpo de agua y del tipo de suelo y clima del lugar, está conformada por especies de la zona externa pero que presentan mayor perennifoliedad, se distribuye principalmente en la dirección donde más sopla el viento y poseen característicamente muchas epífitas, principalmente bromelias. Cuando las paredes forman riscos, las condiciones micro climáticas de sombra y alta humedad permiten el establecimiento de especies de las familias Araceae, Gutiferae y Crassulaceae (Flores y Espejel 1994).

Entre la vegetación emergente es posible encontrar ***Typha angustifolia*** y ***Phragmites australis***; las especies flotantes más comunes son: ***Lemna minor***, ***Eichornia crassipes***, ***Pistia stratioides*** y ***Nymphaea ampla***; y entre las sumergidas tenemos: ***Egeria densa*** y ***Vallisneria americana*** (Flores y Espejel 1994).

La flora microscópica (algas del fitoplancton, del bentos y del perifiton) de los cenotes exhibe una gran diversidad, habiéndose encontrado hasta 80 especies, en unos cuantos cenotes estudiados, los cuales exhiben una coloración azul-verdosa en el agua, cuando están dominados por microalgas clorofíceas y cianofíceas; y lucen transparentes o ligeramente amarillentas cuando predominan bacilariofitas y criptofíceas. La dominancia de pirrofitas (dinoflagelados) producen una coloración café. Su ocurrencia y distribución está determinada por la disponibilidad de luz y nutrientes; los cenotes semicerrados o cerrados serán más transparentes por la baja densidad de éstas; al igual que los cenotes que reciben poco aporte de materiales nutritivos del exterior.

Las especies que habitan en la columna de agua (fitoplancton) varían estacionalmente respondiendo a las estaciones lluviosas o secas, como consecuencia del arrastre de nutrientes de las zonas aledañas al cenote, esto produce que las aguas de los cenotes puedan observarse verdes, azules, cafés o transparentes dependiendo de la época del año.

Las especies que viven asociadas a plantas sumergidas (perifiton) y las que viven en el fondo (fitobentos) son especialmente abundantes debido a la transparencia de la mayoría de los cuerpos de agua, y contribuyen de manera importante en el mantenimiento del ecosistema, ya que su producción puede exceder la de las algas flotantes (fitoplancton).

La fauna constituye el componente consumidor de estos ecosistemas, entre ella podemos encontrar especies que no habitan permanentemente el cuerpo de agua, pero que viven asociados a él como algunos insectos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos que

requieren del sistema acuático ya sea como fuente del vital líquido y/o como hábitat en alguna parte de su ciclo vital.

Además del papel que cumplen estos organismos en la dinámica del ecosistema como parte de la trama trófica, algunas de las especies contribuyen de manera importante en la dispersión de algunas de las especies acuáticas (plancton, por ejemplo) y de las circundantes (principalmente como semillas). Asimismo, otras especies, como los murciélagos que viven en el interior de las cavernas o en la oquedades de las paredes y techos de los cenotes, constituyen en muchos casos, la principal fuente de energía en los cenotes semicerrados o cerrados, mediante su aporte de materia orgánica a través de sus excretas.

La fauna acuática incluye invertebrados microscópicos, entre los que destacan los rotíferos, los cladóceros y los copépodos. Entre los invertebrados macroscópicos son notables los crustáceos, de los cuales los dulceacuícolas (***Creaseria morleyi***, ***Typhlatya mitchelli***, ***T. campechae***, ***T. pearsei***, ***Antromysis cenotensis***, ***Creaseriella anops***, ***Mayaweckelia cenotícola*** y ***M. yucatanensis***) y los que habitan en los cenotes costeros (***Speleonectes tulumensis***, ***Danielopolina mexicana***, ***Tulumella unidens***, ***Bahadzia bozanici***, ***B. Setodactylus***, ***Tuluweckelia cernua***, ***Bahalana mayana***, ***Procaris*** sp., ***Agostocaris bozanici*** y ***Yagerocaris cozumel***) con características anquihalinas (mezcla de agua salada y dulce) y que están estrechamente relacionadas con especies marinas, son todos endémicos para la península de Yucatán, incluyendo Cozumel y Belice (Ilfie, 1993).

También se han reportado esponjas, bivalvos y gasterópodos.

Entre los vertebrados son de especial interés los peces ciegos (***Ogilbia pearsei*** y ***Ophisternon infernale***), que se encuentran en peligro de extinción, y los de los géneros ***Rhamdia***, ***Cichlasoma***, ***Astyanax***, ***Gambusia*** y ***Poecilia***, entre otros. En los cenotes costeros, especialmente en la zona del Caribe además de su fauna típica, no es extraño hallar en la capa de agua salada algunos ejemplares juveniles de peces marinos como pargos y mojarras. Las características de la costa caribeña propicia que en los cenotes de esta región la fauna de peces sea más diversa (40 especies) (Schmitter-Soto y Gamboa-Pérez 1996).

La fauna acuática es un buen indicador de las condiciones ambientales del cenote ya que por sus características de aislamiento las especies, particularmente las habitantes de las cavernas, han desarrollado adaptaciones específicas para las condiciones en las que viven, pudiendo ser sensibles al deterioro del ecosistema.

Las características del sustrato geológico que permiten la existencia de los cenotes determinan asimismo la vulnerabilidad del acuífero al deterioro ambiental resultado de las actividades antropogénicas en la superficie. Así, el impacto potencial va desde los vertimientos de sustancias contaminantes, directa o indirectamente al cuerpo de agua (desechos domésticos, hospitalarios, agropecuarios o industriales) hasta las modificaciones directas del ecosistema o su entorno (adaptaciones para facilitar el acceso al espejo de agua, remoción de la vegetación circundante, adaptaciones para impedir que organismos

indeseables entren al cenote o las cuevas, instalación de luces, etc.) y el impacto del uso frecuente y continuo del cuerpo de agua con fines extractivos o de recreo.

Por todo ello, es necesario un conocimiento más profundo del funcionamiento de este ecosistema de manera que mediante el monitoreo permanente de las condiciones fisicoquímicas y biológicas del mismo puedan tomarse medidas correctivas ante las modificaciones ocasionadas por la actividad humana.

Aunque los estudios relacionados con la biología de estos sistemas datan del siglo pasado (Cope 1865; Baker 1895) es hasta 1932 cuando se realiza un estudio más extenso de las condiciones fisicoquímicas de los cenotes y se describen más formalmente las especies que los habitan (Pearse, Creaser y Hall 1936).

Posteriormente a éstas publicaciones se realizaron estudios específicos de la fauna de los cenotes y cavernas de la península (Holthuis 1952; Reddell 1977, 1981, 1982; Hobbs III y Hobbs Jr 1976, 1977; Holsinger 1977).

En la década de los 80, la Universidad Autónoma de Yucatán inicia estudios biológicos de los cenotes realizándose redescrpciones de los peces y crustáceos (Chumba-Segura 1983, 1983a, 1984, 1984a; Pérez-Aranda 1983, 1984, 1985) y descripción de algunos grupos del fitoplancton (Sánchez-Molina 1985); y el CIQRO realiza un estudio sistemático de la fauna dulceacuícola de la región (Navarro-Mendoza 1991).

Simultáneamente, investigadores de universidades extranjeras realizan estudios de peces y crustáceos, incluyendo los sistemas anquihalinos (Wilkins 1982; Kornicker e Iliffe 1989).

En la década siguiente se observa un creciente interés por el estudio de los cenotes; diferentes grupos de investigación, tanto nacionales como extranjeros continúan o inician investigaciones en estos ecosistemas. Entre los grupos nacionales se encuentran: UNAM, campus Iztacala y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología; ECOSUR, Chetumal; Cinvestav, Unidad Mérida y la Universidad Autónoma de Yucatán, FMVZ-Biología.

Independientemente o en coordinación con las instituciones nacionales, realizan investigaciones sobre los cenotes, investigadores de las siguientes instituciones extranjeras: Universidad de Texas A&M, Galveston; Universidad de Florida, Gainesville; Universidad de Barcelona y la Universidad de Alabama, entre otras.

En un acto sin precedente, la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado en coordinación con investigadores de la Universidad Autónoma de Yucatán y de la Universidad de Texas A&M en Galveston, con el apoyo de la Asociación Yucateca de Espeleobuceo y con la anuencia del INAH, realizaron en junio de 1998 y marzo de 1999 la exploración e investigación del cenote Xlakah en el sitio arqueológico de Dzibilchaltún, en la cual utilizando técnicas de buceo especializado, se logró descubrir, a una profundidad de 60 m aproximadamente, un pasaje subterráneo de 1300 m de longitud, 10 m de altura y 30 m de ancho, que presumiblemente conduce agua en dirección a la costa; asimismo, las mediciones de las condiciones fisicoquímicas de la columna de agua permitieron determinar 3 masas de

agua con características más o menos homogéneas que refuerzan la idea de que la forma de los cenotes tiene un efecto en la heterogeneidad del ambiente, lo que se traduce en el incremento de la diversidad biológica.

Los hallazgos en la exploración realizada sugieren una investigación más detallada de las relaciones de los aspectos fisicoquímicos y biológicos en los cenotes y alientan la investigación multidisciplinaria ya que el entendimiento del funcionamiento de estos ecosistemas tiene que ser visto desde una óptica integral que finalmente involucre no solamente los aspectos ecológicos fundamentales sino también las implicaciones que en el aspecto sociocultural conlleva su manejo y conservación.

LITERATURA CITADA

Baker, F. C. 1895. A naturalist in Mexico doing a visit to Cuba, northern Yucatan and Mexico. David Oliphant, Chicago. 145 p.

Cope, E. D. 1865. Third contribution to the herpetology of tropical America. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia. pp. 185-198

Chumba-Segura, L. 1983. CHARACIDAE: *Astyanax fasciatus altior*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 2, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP. 11 p.

_____. 1983a. BROTULIDAE: *Typhliasina pearsei*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 4, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP. 11 p.

_____. 1984. SYNBRACHIDAE: *Ophisternon infernale*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 6, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP.

_____. 1984a. POECILIDAE: *Poecilia velifera*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 8, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP.

_____. 1985. POECILIDAE: *Belonesox belizanus*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 10, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP.

Flores G., J. S. e I. Espejel C. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 3. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán-Sostenibilidad Maya. 135 p.

Holthuis, L. B. 1952. The subfamily Palaemonidae. Part II. In: A general revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapoda Natantia) of the Americas. Allan Hancock Foundations. Occasional papers. 12:1-396.

Illife, T.M. 1993. Fauna troglobia acuática de la Península de Yucatán, en Biodiversidad marina y costera de México, S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (eds.), CONABIO y CIQRO. pp 673-686.

Pearse, A.S., E. P. Creaser y F. G. Hall (eds.). 1936. The Cenotes of Yucatan: A zoological and hydrographic survey, Carnegie Institution of Washington.

Pérez Aranda, L. 1983. PALAEMONIDAE: *Creaseria Morleyi*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 1, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP.

_____. 1983a. ATYIDAE: *Typhlatya pearsei*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 3, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP.

_____. 1984. ATYIDAE: *Typhlatya mitchelli*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 5, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP.

_____. 1984a. CIROLANIDAE: *Cirolana anops*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 7, Ediciones de la Universidad de Yucatán/SEP.

_____. 1985. MYSIDAE: *Antromysis cenotensis*. Serie Fauna de los cenotes de Yucatán, Núm. 9, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán/SEP.

Sánchez-Molina, I. 1985. BACILLARIOPHYTA. Flora planctónica de los cenotes de Yucatán, Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán/SEP.

Schmitter-Soto, J. J. y H. C. Gamboa-Pérez. 1996. Composición y distribución de peces continentales en el sur de Quintana Roo, Península de Yucatán, México. Rev. Biol. Trop., 44(1):199-212.