



# La contaminación del agua en Quintana Roo: los microorganismos acuáticos en problemas

**Jesús Alvarado-Flores**

El mundo como lo imaginamos hoy solo es una apreciación inexacta si no entendemos a todo el ecosistema en conjunto. Nuestro mundo terrestre está interrelacionado con el medio acuático y allí existe una diversidad inmensa de microorganismos que deben ser conocidos: ellos son el soporte y sustento de otras especies, y hacernos conscientes de su existencia, imperceptible para el ser humano, es vital para la subsistencia de nuestro planeta. Como dijo Antoine de Saint-Exupéry (1943), “lo esencial es invisible para los ojos”. Si bien la naturaleza microscópica de estas criaturas las deja fuera de nuestro campo visual, estas nos superan en abundancia y variedad. Estos microorganismos en conjunto con el agua forma nichos, los moldean, los delimitan y transforman. Los microorganismos acuáticos sobreviven en diversos ecosistemas y allí evolucionan, cambian, y responden al cambio global, se reproducen y aparecen nuevas generaciones que invaden otros ecosistemas, se desplazan y en consecuencia sobreviven.

En Quintana Roo existen diversos ecosistemas acuáticos, uno de ellos es el manglar que se conecta y comunica entre sí y entre el mar y la tierra, en él se mantiene el flujo genético y la interrelación entre las especies (Hernández-Arana y cols., 2015). Los manglares, además de

"Antes de nuestra existencia en el planeta solo estaban el mar en calma y el cielo, no había nada junto, que hiciera ruido, ni cosa alguna que se moviera, ni se agitara, no había nada que estuviera en pie; solo el agua en reposo, el mar apacible, solo y tranquilo. No había nada dotado de existencia" (Popol Vuh las antiguas historias del Quiché, 2009).



**Figura 1.** Composición fotográfica que figura una interpretación del pasado y el presente en el estado de Quintana Roo, realizada por el autor del manuscrito. Dreamstime.com: ID 51918522 © Makar, ID 107144411 © SaveJungle, ID 110222127 © Panamae, ID 21907825 © Maria Egupova.

ser sitios de una extraordinaria belleza escénica, son también ecosistemas de una alta complejidad estructural y funcional. Debido a su ubicación entre la zona continental y el mar son considerados como ecosistemas de transición, característica que les confiere diversas propiedades ambientales. Por un lado, con su vegetación espesa constituyen una zona de amortiguamiento contra el oleaje, lo que brinda protección a las comunidades costeras. Por otro lado, reciben el agua que fluye desde el continente y al remover los nutrientes y sedimentos impiden que estos lleguen al mar. Así previenen el deterioro de ecosistemas más frágiles como los pastos marinos y los arrecifes.

Hacia el interior del continente, no muy lejos del mar y del manglar se encuentran los ancestrales cenotes de la península de Yucatán, oasis en la selva que se interconectan y comunican por conductos o por difusión; en ellos se hospeda una gran diversidad de microorganismos como las microalgas, seres fotosintéticos (fitoplancton) y base de la cadena trófica en los cuerpos de agua (Figuras 2 y 3). También allí habita el zooplancton

que conforma la parte animal, que se subdivide en tres grandes grupos: rotífera, cladótera y cópoda. El zooplancton y el fitoplancton no son exclusivos de los cenotes, también los encontramos en lagunas costeras, en el manglar, el océano, la hojarasca y prácticamente en cualquier recoveco donde se acumule agua. Existen diversas especies con características y cualidades muy variadas: libres, inmóviles, en colonias, solitarias, o dominantes, que se adaptan, cambian su cuerpo y desarrollan estructuras que los protegen de los depredadores rápidos, voraces y especializados.

El zooplancton y el fitoplancton se reproducen y aseguran su permanencia en el ecosistema acuático al dejar descendencia fértil: bancos de quistes que esperan el tiempo exacto para renacer y continuar su existencia. La microbiota sobrevive, cohabita en perfecta armonía, sin embargo, agoniza por el hombre y los efectos catastróficos inevitables de la contaminación ambiental, en particular el incremento de las descargas de tóxicos como metales, bloqueadores solares, medicamentos, plaguicidas y microplásticos en los ecosistemas acuáticos, principalmente por las actividades antropogénicas (Medina-González y cols., 2004; Rodríguez-Fuentes y cols., 2010; Polanco-Rodríguez y cols., 2015; Wang y cols., 2015).

Desafortunadamente, para los microorganismos y su hábitat acuático, el desarrollo de la zona costera de Quintana Roo, desde Cancún hasta Tulum, ha traído como consecuencia la fragmentación del manglar, la selva y los cenotes. Esta desintegración ecológica puede ocasionar la pérdida de los servicios ambientales que estos proveen y, además, con base en reportes de la literatura científica existe una disminución en la calidad del agua, ocasionando, por lo tanto, una baja en la calidad de vida.

En el sureste mexicano existe un paraíso tropical localizado en Quintana Roo, México: se trata de un lugar hermoso y tranquilo con una enorme diversidad de colores y sonidos. Es un edén donde la playa, el manglar, la selva, las lagunas y los cenotes conforman la piedra filosofal de México. Sin embargo, hay un elemento que influye en

la naturaleza del lugar: el hombre, quien ha sabido encontrarle un provecho económico a través del turismo. Por ejemplo, en el año 2016 arribaron 15 millones de turistas a Quintana Roo, con una ocupación hotelera del 77.95 % ([www.datatur.sectur.gob.mx](http://www.datatur.sectur.gob.mx)). Y por mencionar un ejemplo, en relación a lo anterior, se realizará una inversión de 40 mil millones de pesos para el diseño, construcción, equipamiento, operación y mantenimiento de un tren de pasajeros Cancún-Tulum (<http://www.livingterra.mx>).

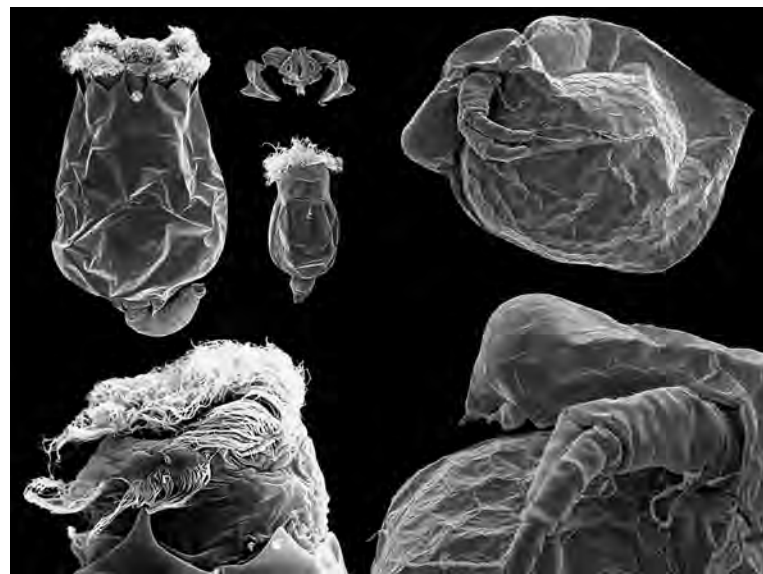
En este sentido, cada vez más se edifican aplastantes estructuras de concreto y hierro que ejercen una presión avasalladora sobre la cobertura vegetal del manglar, los cenotes y la selva (Murray, 2007). Entonces ¿es verdaderamente Quintana Roo, como lo dice su himno, “selva, mar, historia y juventud, pueblo libre y justo bajo el sol”? Sí, en cierta medida Quintana Roo es un paraíso lo suficiente abundante como para proveer las necesidades de todos, pero, a la vez, no lo es tanto como para satisfacer la avaricia de todos (paráfrasis de las palabras de Mahatma Gandhi; Lucena-Molero, 2010). Es por esto que nosotros, los *Homo sapiens*, debemos entender que “el amor por todas las criaturas es el más noble atributo del hombre” (Charles Darwin, 1859).

Lamentablemente, los intereses por conservar y mantener un desarrollo sustentable en Quintana Roo están divididos y no existe articulación entre el sector privado, público, la ciencia y la tecnología; la mayoría de la sociedad quintanarroense, tristemente, es indiferente. Y todo esto conlleva un riesgo que identifico como contaminación ambiental (en todos los aspectos), principalmente de los ecosistemas acuáticos de Quintana Roo, y por lo tanto, pérdida de microorganismos esenciales. Mientras no haya ninguna restricción o control de la contaminación de los sistemas acuáticos se seguirá alterando nuestro edén, tal vez de manera definitiva.

¿Cómo solucionar la contaminación ambiental y por consecuencia el deterioro de la calidad del agua en Quintana Roo? Primero, debemos entender que todo el tiempo se disuelven sustancias por la

interacción del agua con la roca, y esto ocurre de forma natural en todo el sistema kárstico de Quintana Roo. Segundo, que la contaminación química de los ecosistemas acuáticos son todas esas sustancias que se disuelven y afectan el cuerpo de agua, pero que normalmente provienen de algún vector humano, es decir, que estas son producidas o generadas por nosotros. Este es el caso de los champús, bloqueadores solares, lociones o hidrocarburos y, por lo tanto, todos llegan a los ecosistemas acuáticos de forma directa o indirecta, es decir, a través de los efluentes de plantas de tratamiento, las fosas sépticas en mal estado y los lixiviados.

Todos somos responsables, por lo tanto, del recurso hídrico y biológico de Quintana Roo. Es decir, no es responsabilidad de un solo grupo o de una sola entidad, sino que es de todos los que vivimos y visitamos el edén turístico más importante de Latinoamérica, el corredor turístico Cancún-Tulum. Y el agua y los microorganismos que allí están son una sinfonía imperceptible para todos, pero sin ellos no existirían nuestros ecosistemas acuáticos, nuestro paraíso quintanarroense,



**Figura 2.** Fotografías al microscopio electrónico de barrido de zooplancton: Rotíferos (lado izquierdo) y un cladóceros (lado derecho).



**Figura 3.** Grupo de trabajo del laboratorio de Eco toxicología de la Unidad de Ciencias, del Agua, del CICY A.C., realizando una recolecta de zooplancton en un sistema acuático de Quintana Roo.

sería silencioso, estéril y sin vida. Termino el escrito con lo siguiente: la velocidad con la que contaminamos el agua es más rápida que el tiempo que se lleva en publicar un artículo de investigación con la descripción o las estrategias de mitigación de la contaminación ambiental, lamentablemente el que la evidencia sea considerada en la legislación y normatividad regional y nacional es un proceso lento. Nosotros como sociedad debemos ser activos desde nuestro hogar, en nuestra comunidad y con acciones conjuntas, con nuestros representantes legales, para proteger nuestros recursos naturales.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución para el desarrollo del proyecto Cátedras CONACYT No. 2944. Agradezco el apoyo de todos los participantes del proyecto Talento CICY-2016, al grupo de ecología y dinámica de ecosistemas acuáticos e hidrogeología de la Unidad de Ciencias del Agua del CICY A.C.

#### REFERENCIAS

Hernández-Arana HA, Vega-Zepeda A, Ruíz-Zárate MA, Falcón-Álvarez LI, López-Adame H, Herrera-Silveira J, Kaster J (2015). Transverse coastal corridor: from freshwater lakes to coral reefs ecosystems. In: *Biodiversity and Conservation of the Yucatan Peninsula*. Editors. Eslebe G, Calm S, Len-Cortes JL, Schmook B. Springer Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06529-8>.

Lucena-Molero H (2010). *Simón Bolívar y Mahatma Gandhi: Paradigmas liberadores*. Universidad de Los Andes. Consejo de Estudios de Postgrado. Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Centro de Estudios de África y Asia "José, Manuel Briceño Monzillo". Cátedra Libre "India Siglo XXI".

Medina-Gonzalez R, Zetina-Moguel C, Comas-Bolio M, Pat-Canul R (2004). Concentración de Cd, Cr, Cu y Pb en sedimentos y en tres especies de pepino de mar (clase holothuroidea) de las costas del Estado de Yucatán, México. *Ingeniería* 8:7-19.

Murray G (2007). Constructing Paradise: The Impacts of Big Tourism in the Mexican Coastal Zone. *Coastal Management* 35:339-355.

Polanco-Rodríguez AG, Navarro-Alberto JA, Solorio-Sánchez J, Mena-Rejón GJ, Marrufo-Gómez J, Del Valls-Casillas TA (2015). Contamination by Organochlorine Pesticides in the Aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatán, Mexico. *Water and Environment Journal* 29:140-150.

Popol Vuh las antiguas historias del Quiche (2009). *Ciencias* 92/93:14-17.

Wang J, Tan Z, Peng J, Qiu Q, Li M (2015). The behaviors of Microplastics in the Marine Environment. *Marine Environmental Research* 113:7-17.

Rodríguez-Fuentes G, Luna-Ramírez K, Soto M (2010). Sunscreen use behaviour and most frequently used active ingredients among beachgoers on Cancun, Mexico. *WebmedCentral Dermatology* 1 (12):WMC001364.

**Jesús Alvarado-Flores**  
**Unidad de Ciencias del Agua**  
**Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C.**  
**Cancún, Quintana Roo, México**  
[jesus.alvarado@cicy.mx](mailto:jesus.alvarado@cicy.mx)