

Una sola salud

HUMBERTO BAHENA

Estromatolito de la laguna de Bacalar.



Conversación con Teresa Álvarez Legorreta

Laura López Argoitia

La salud humana y la de los ecosistemas está ligada estrechamente, por eso los impactos de la contaminación nos afectan más de lo que imaginamos, y es necesario aprovechar las herramientas científicas para prevenir lo irreversible. Teresa Álvarez Legorreta nos lo explica en esta entrevista mediante un relato general de su trayectoria de investigación en las costas de Quintana Roo. Ella es bióloga y doctora en Ciencias Marinas, e investigadora de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal.

¿Cómo transcurrieron tu infancia y tus estudios?

Creí en el sur de la Ciudad de México, hacia el rumbo de Xochimilco, en Villa Coapa. Ahora es un lugar urbanizado, pero entonces había campo y se cultivaba maíz, incluso íbamos a comprar leche a un establo. Aquella cercanía con la naturaleza despertó mi interés por los temas ambientales e influyó en que decidiera estudiar biología. En realidad estuve muy cerca de escoger medicina, pero me di cuenta que me importaba no solo la salud humana, sino la salud en general, es decir, cómo las actividades humanas repercuten en otros organismos o cómo las condiciones ambientales perjudican a las personas.

Estudí la licenciatura en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, que tenía un sistema modular al estilo de la multidisciplinaria o transdisciplinaria. Trabajábamos sobre un proyecto abordado desde varias materias, por ejemplo, las plagas en los recursos naturales renovables, y hacíamos trabajo de campo. Así obtuve un panorama general de los ambientes naturales del país; estuvimos en zonas costeras, semidesérticas, en áreas agrícolas con impacto en espacios rurales y urbanos. Además, teníamos contacto directo con las comunidades y sus problemáticas. Luego estudié la maestría en el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), en Mérida, en un programa de Ciencias Marinas; para entonces el agua ya era el tema que más me interesaba. Mi tesis trataba sobre los efectos de los hidrocarburos en una población de almejas de importancia comercial, pues Pemex transportaba gas licuado en la zona. Durante la investigación encontramos que los daños por la contaminación con hidrocarburos estaban asociados a la sobrepesca; cada vez había más cooperativas pesqueras que no solo extraían más almejas, sino que regresaban al mar las conchas vacías y eso alteraba la reproducción normal de varias especies.

¿Cómo llegaste al ámbito de la investigación?

Después de la maestría, trabajé como responsable del Laboratorio de Calidad del Agua de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en Chiapas, y seguí preparándome en temas de contaminación. La tendencia general era no solo evaluar los contaminantes en los cuerpos de agua, sedimentos y organismos, sino también sus afectaciones. Se empezaba a trabajar en los llamados biomarcadores bioquímicos, fisiológicos y moleculares, que son indicadores de aviso temprano para detectar el impacto de la contaminación en los organismos. Esto significa que puede haber contaminantes en bajas concentraciones que no se perciben en el ambiente con los métodos analíticos tradicionales, pero que se van acumulando en plantas y animales; si bien los seres vivos cuentan con mecanismos para "limpiarse", al rebasarse ciertos límites se presentan los riesgos de intoxicación. Entonces, conocido el tema de la contaminación, yo quería explicar también sus efectos en los seres vivos y cómo estos se defienden de ella. Con esa perspectiva me incorporé a ECOSUR, Unidad Chetumal, en proyectos en los que se medían los indicadores de contaminación en organismos acuáticos de la costa sur de Quintana Roo. Más adelante realicé mi doctorado nuevamente en el CINVESTAV para estudiar los biomarcadores con pastos marinos y sus sistemas de desintoxicación frente a diversos contaminantes.

Con el tema de los biomarcadores de aviso temprano abrimos en ECOSUR otra línea de investigación, además de la ya existente sobre contaminación en los cuerpos de agua de Quintana Roo. Con varios estudiantes de posgrado hemos trabajado con cocodrilos, medusas, esponjas, tortugas marinas y recientemente en población humana, con cortadores de caña. Y ya hay una línea más que aborda la salud del acuífero, porque en la península de Yucatán dependemos de las aguas subterráneas como fuente de agua dulce; con excepción de Campeche que cuenta con varios ríos, en Yucatán y en

Quintana Roo los cuerpos de agua superficiales están alimentados de agua subterránea, como es el caso de los cenotes, la laguna de Bacalar y el río Hondo. Este último se encuentra en una cuenca transfronteriza (México, Guatemala y Belice), lo cual nos permite establecer proyectos de colaboración y vinculación muy provechosos.

Detállanos un ejemplo de los biomarcadores

Los estudios con cocodrilos en el río Hondo están muy avanzados y ejemplifican lo que puede estar ocurriendo con otras especies, incluidos los seres humanos. En las investigaciones hemos utilizado las crestas de la cola que se cortan para marcar animales censados en estudios de sus poblaciones, así como muestras de sangre. En estos tejidos detectamos metales junto con un polipéptido llamado metalotioneína, el cual es un biomarcador que forma parte de un mecanismo de desintoxicación. ¿Qué significa esto? En los organismos hay metales que cumplen funciones fisiológicas necesarias, como el hierro o el zinc, que al exceder ciertos niveles podrían causar resultados negativos, por lo que el cuerpo cuenta con mecanismos para desechar el exceso. La metalotioneína ayuda a transportar los excedentes a donde son excretados en la orina y las heces fecales, y otra estrategia es que los metales pueden ser almacenados donde no provocan efectos tóxicos, como en las uñas y las capas de piel superficiales que se van desgastando y desechando; o en el pelo y las plumas, en el caso de mamíferos y aves. La importancia de los biomarcadores radica en que permiten identificar los impactos de la contaminación en los primeros niveles de organización biológica, en donde pueden ser reversibles si se eliminan las fuentes de los contaminantes.

Un ejemplo claro sobre cómo los metales se acumulan en los cocodrilos del río Hondo, lo observamos con las investigaciones de dos estudiantes del posgrado. En época de lluvias, los escurrimientos

desde la zona agrícola arrastran plaguicidas y fertilizantes con bases metálicas hasta el río, y quedan expuestos a ellos tanto los cocodrilos como las especies de las que se alimentan. También son determinantes los llamados contaminantes emergentes, como bloqueadores solares y medicamentos; por su uso y descarga continua a las aguas residuales, constituyen un problema de contaminación crónica que afecta el sistema endócrino de las especies acuáticas y ocasiona la feminización o masculinización de peces y caracoles, lo que pone en riesgo su permanencia a largo plazo. Por eso son vitales estos estudios, pues permiten identificar la contaminación crónica antes de que se produzcan daños irreversibles a las poblaciones.

Háblanos del estudio con cortadores de caña

Hemos realizado dos estudios, el primero fue una tesis en colaboración con Martha García, investigadora que ha trabajado mucho con poblaciones cañeras. En él se evaluó la exposición ocupacional y no ocupacional a plaguicidas por parte de mujeres cortadoras de caña de una comunidad de Campeche. Si bien ellas no los aplican directamente, tienen contacto a través de su trabajo en el campo, de sus compañeros que sí los administran, o por lavar su ropa o vivir en espacios donde se almacena el producto. En el segundo, se revisó la exposición de los cortadores de caña del Río Hondo a los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) que se generan durante la quema de la caña para su cosecha, y que son potencialmente carcinogénicos. Para la investigación brindamos información y obtuvimos permisos, realizamos encuestas y tomas de sangre para detectar hidrocarburos y biomarcadores en cortadores de caña, así como en un grupo control de habitantes de una comunidad cercana. Se detectó la presencia en sangre de HAPs potencialmente carcinogénicos, así como de biomarcadores que se activan como parte de un mecanismo de desintoxicación.

¿Qué tanto repercuten estas investigaciones en políticas públicas?

Un valor fundamental de ECOSUR es su vinculación con diversos sectores e instituciones. En mi caso, desde 2004 he participado en el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, que atiende situaciones relacionadas con el agua; lo coordina la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y participan instituciones de los tres órdenes de gobierno junto con universidades, centros de investigación, organizaciones no gubernamentales y todos los sectores usuarios, entre los que se encuentran ganaderos, agricultores y empresarios turísticos. El sector académico desempeña un papel fundamental, pues comparte información científica que en ocasiones contribuye a orientar los recursos para reducir o eliminar problemáticas ambientales específicas. Por ejemplo, la canalización de recursos para infraestructura de captación y tratamiento de aguas residuales por parte de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Quintana Roo. O bien, la insistencia en documentar que la Norma Oficial Mexicana que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores, no era aplicable a los sistemas cársticos de la península que son naturalmente bajos en nutrientes, por lo que los niveles permitidos podrían tener efectos negativos en plantas y animales acuáticos; se logró que una organización encamina-

ra recursos para coordinar actividades que resultaron en una actualización de la NOM-001-SEMARNAT-2021, recientemente publicada.

Otro ejemplo: cuando el pez diablo (familia Loricariidae) causaba estragos entre los peces nativos del río Hondo,¹ se organizó una sesión extraordinaria del Comité de Cuenca del Río Hondo para que Juan Jacobo Schmitter, investigador de ECOSUR especialista en el tema, alertara sobre esta problemática ambiental. Después se realizaron otras reuniones con especialistas nacionales e internacionales, así como talleres en las comunidades, lo que llevó a impulsar desde el poder legislativo la prohibición de la venta de tales peces en los acuarios. Esto debido a que el pez diablo es una especie invasora; proviene de otras áreas geográficas y su introducción a cuerpos de agua que no son su hábitat se debe, en gran parte, a que la gente los compra como limpiapeces, y al crecer los liberan en los cuerpos de agua.

¿Cuál es la situación de los estromatolitos en Bacalar?

Los estromatolitos son comunidades de microorganismos que a partir de la interacción con carbonatos forman estructuras semejantes a rocas en aguas poco profundas. Brindan refugio a diversas especies gene-

¹ Véase "Pez diablo en el sureste mexicano", *Ecofronteras* 47, <https://bit.ly/3vD9JRL>



Entrenamiento de personal en un proyecto México-Belice.

ALEJANDRO ORTIZ ARANA



TERESA ALVAREZ

Río Hondo.



HUMBERTO BAHENA

Estromatolitos en laguna Bacalar.



TERESA ALVAREZ

Experimento con pastos marinos y biomarcadores de aviso temprano.

rando vida a su alrededor, algo parecido a lo que ocurre en los arrecifes de coral. En la laguna de Bacalar se encuentra el arrecife de estromatolitos de agua dulce más grande del mundo, los cuales brindan valiosos servicios ecosistémicos; destacan el reciclamiento de nutrientes, la producción de oxígeno y la captura de carbono. Y algo significativo es que son la evidencia de vida más antigua en el planeta, así que constituyen laboratorios vivos que nos permiten revisar los procesos y condiciones que facilitaron la existencia en la Tierra tal como la conocemos.

No obstante la importancia de los estromatolitos, el desarrollo de la zona los está poniendo en riesgo. Y no solo a ellos, sino a todo el sistema lagunar. El turismo de Quintana Roo ya se ha extendido a Bacalar con todas sus consecuencias. También hay perturbaciones por prácticas que vienen desde más lejos, como la deforestación, que fomenta el crecimiento de asentamientos humanos, y la actividad agropecuaria, que genera aguas residuales y uso de plaguicidas cuyo destino

termina siendo la laguna y el acuífero. Todo esto, aunado a megaproyectos como el Tren Maya, no solo seguirá repercutiendo en la calidad de agua, sino en su cantidad, pues con una extracción que supera la recarga por lluvias, se alcanzarán las capas de agua salina de mayor profundidad; la CONAGUA tiene identificados, en el norte de Quintana Roo, algunos pozos donde el acuífero ya está salinizado por su extracción intensiva. En ese contexto, integrantes del personal académico de varias instituciones elaboramos el documento "Tarjeta de reporte de la laguna Bacalar" (<https://bit.ly/3EHxiwG>), para comunicar el estado general del sistema y aportar información a la sociedad y a los tomadores de decisiones. Un aporte valioso del documento es la semaforización de indicadores. Por ejemplo, se reporta que el centro-oeste de la laguna se encuentra en rojo en los indicadores de calidad de hábitat (humedales-manglares y expansión física-desarrollo turístico), calidad del agua (nutrientes y *Escherichia coli*), y con riesgos para la biodiversidad, principalmente respec-

to al caracol chivita y los estromatolitos. Debido a que los indicadores evolucionan junto con las fuentes de los impactos, es indispensable evaluarlos de forma constante para alertar y orientar las acciones necesarias.

Ante este panorama, ¿hay esperanza?

Yo creo que sí. Los investigadores tenemos la obligación de compartir la información que se genera para que se pueda utilizar, y generalmente hay personas dispuestas a escuchar. Enfocar las investigaciones para producir información útil y comunicarla por todas las vías posibles es una contribución para prevenir desastres. Es fundamental involucrarnos con las comunidades afectadas, que pueden entender mejor las cuestiones que se deben atender. Los cambios no ocurren con la velocidad necesaria, pero no hay que desistir. Nuestra supervivencia como especie depende de la salud del planeta; hay una interconexión entre agua, suelo, seres vivos y todos los elementos de la Tierra, así que si asumimos que existe una sola salud que integra todo, será más fácil actuar en consecuencia. }

Visita la fotogalería de la versión digital de *Ecofronteras* 75 para apreciar imágenes relacionadas con este texto, <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras>

Laura López Argoytia es responsable de Publicaciones Científicas y Fomento Editorial en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal (México) | llopez@ecosur.mx | <https://orcid.org/0000-0002-3314-1112>