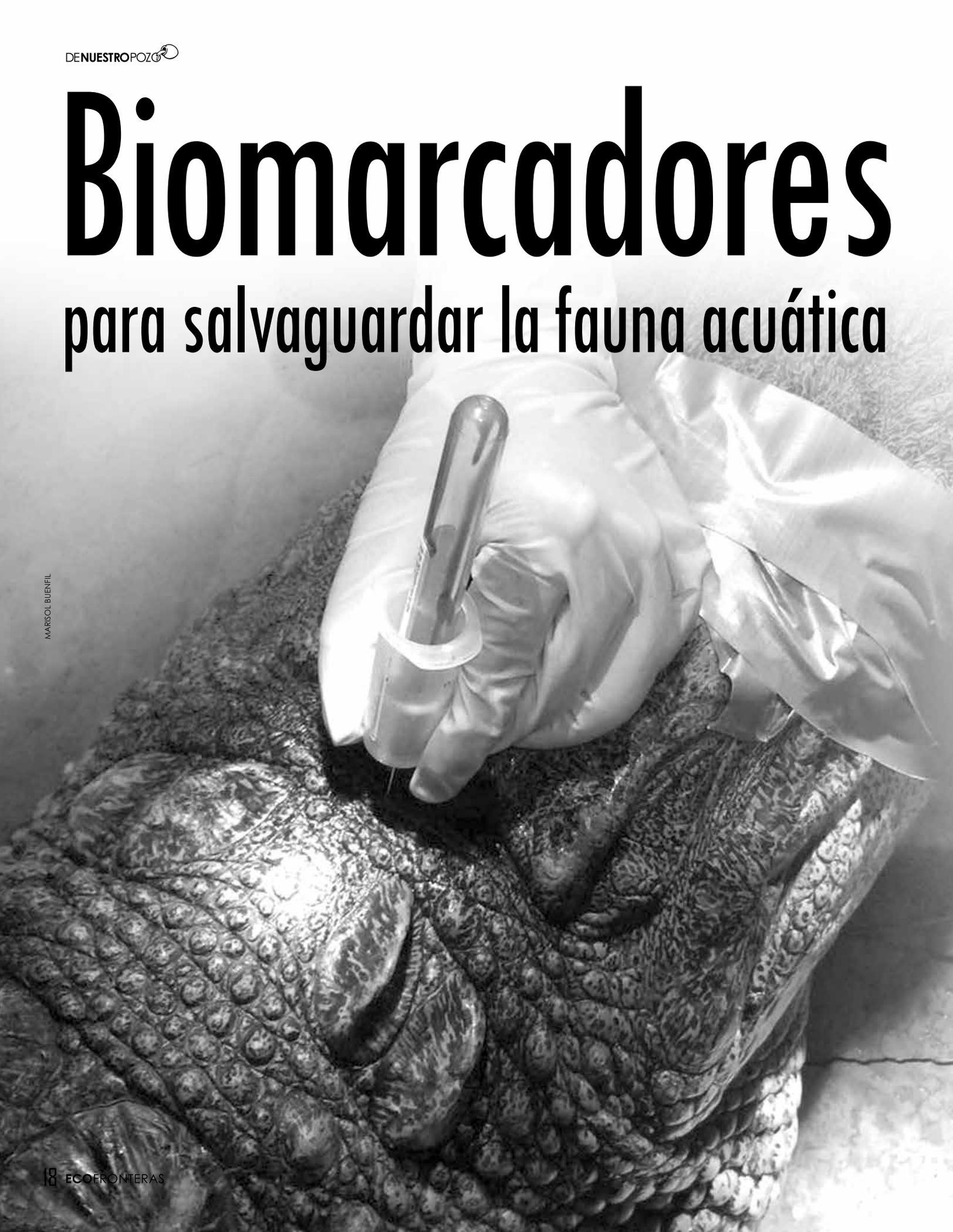


Biomarcadores

para salvaguardar la fauna acuática

MARISOL BUENFIL



Diariamente utilizamos cremas, detergentes y muchos productos más, y aunque lo hacemos por protección, higiene y otras razones, los desechos de nuestro consumo llegan a los cuerpos de agua y son un gran peligro para los ecosistemas. En ese desastre hay oportunidad de detectar tempranamente los indicadores de contaminación en organismos —cocodrilos, medusas y tortugas marinas, como ejemplo— y buscar soluciones.

Invisibles amenazas tóxicas

Teresa Álvarez Legorreta

Es común que experimentemos algún sentimiento perturbador cuando en los medios de comunicación o redes sociales circulan imágenes de focas y aves acuáticas cubiertas de petróleo a causa de derrames en plataformas marinas o por accidentes de algún buque-tanque cerca de las costas. Sucede lo mismo con las noticias sobre desbordamientos de lagunas con desechos mineros y la consecuente contaminación de ríos enteros con metales pesados.

Estos eventos pueden ser tan impresionantes, que llegamos a pensar que son la principal fuente de afectación para los organismos marinos o dulceacuícolas. Aunque son situaciones bastante graves, el verdadero desastre proviene de contaminantes que no se ven a simple vista y los generamos en nuestras actividades cotidianas al usar gasolina, insecticidas, artículos de limpieza (detergentes, desinfectantes y otros) y de cuidado personal (perfumes, cremas o bloqueadores solares), además de una gran diversidad de medicamentos que eliminamos de nuestro cuerpo en la orina. Todas las aguas residuales, con y sin tratamiento, son descargadas en los cuerpos de agua; entonces, aunque los desechos vayan a dar a plantas de tratamiento, hay impactos negativos, pues sus procesos están diseñados para erradicar materia suspendida, materia orgánica, microorganismos patógenos y nutrientes, pero no las sustancias químicas antes mencionadas.

Cuando los contaminantes llegan al agua, entran en contacto con peces, tortugas, cocodrilos, algas, pastos marinos y otros organismos. Sus concentraciones son tan bajas que no podemos medirlos fácilmente ni con sofisticados equipos científicos; aun así causan efectos tóxicos en

todos los seres vivos, incluidos los humanos, ya que generan cambios en estructuras tan pequeñas como las células, así como en la actividad de proteínas y de enzimas, gracias a las cuales los individuos se reproducen, crecen, se alimentan y respiran, entre otras funciones vitales. Un caso ilustrativo es que cuando una persona consume peces contaminados con mercurio, este metal puede atravesar la pared de las células del sistema nervioso y dañar la actividad enzimática; exposiciones elevadas llegan a causar ceguera, parálisis o incluso la muerte.

Indicadores de contaminación

Algunos daños derivados de los contaminantes pueden revertirse si se elimina la fuente. Por esta razón, la biotecnología desempeña un papel importante, pues gracias a ella se han desarrollado metodologías y equipos para la detección y medición de "indicadores de alerta temprana o biomarcadores" de contaminantes en los seres vivos.

Los biomarcadores son variaciones bioquímicas, celulares, fisiológicas o conductuales, que se miden en tejidos, fluidos o en organismos completos, y proporcionan evidencia de las afectaciones o modificaciones fisiológicas asociadas con la exposición a uno o más contaminantes químicos. Podemos apreciar estas afectaciones con algunos plaguicidas que alteran funciones en las hormonas y provocan infertilidad o cambio de sexo en peces y moluscos.

En el uso de tan valiosa herramienta no es necesario sacrificar a la fauna para medir los contaminantes y los biomarcadores que hay en su organismo. Se utilizan muestras de sangre, uñas, escamas o grasa subcutánea, y en ocasiones especiales se tiene acceso a órganos internos, como

hígado, riñones y otros tejidos. Antes se sacrificaban animales o se usaban los ya muertos para averiguar cómo los contaminantes entraban y se transportaban en los organismos y con qué impactos, o bien, se medían en componentes ambientales, como agua y sedimentos.

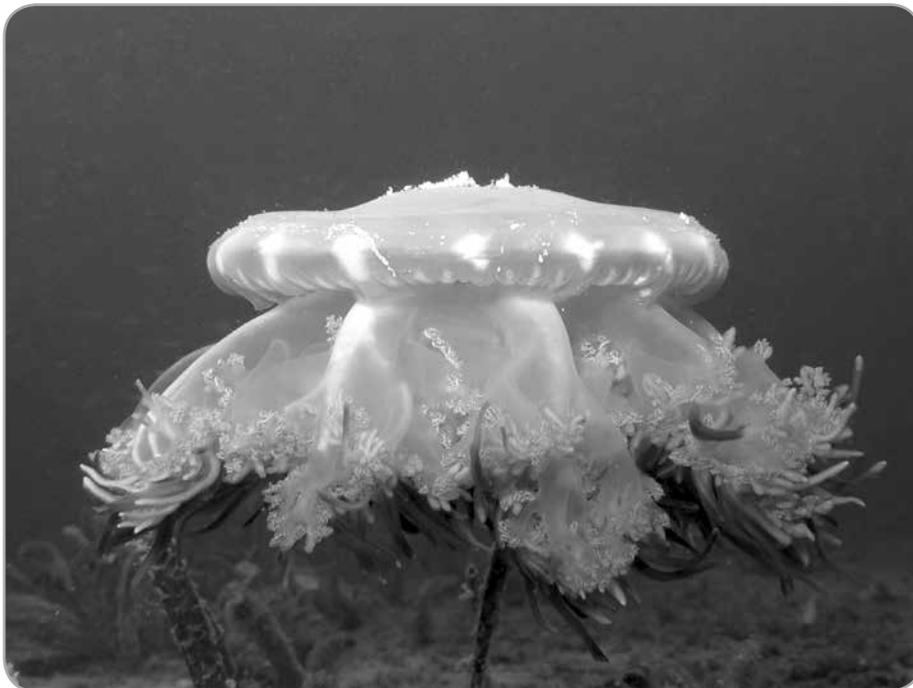
Con el avance de la ciencia, se observó que en individuos expuestos a bajas concentraciones de contaminantes, se estimula la actividad de genes, enzimas, proteínas y otras partículas, para evitar el efecto tóxico. Por eso a los biomarcadores también se les denomina *indicadores de aviso temprano*, ya que si los medimos en tejidos como sangre, piel y orina, podemos determinar si hay exposición y entonces realizar acciones para eliminar las fuentes de contaminación, antes de que causen daños irreversibles.

Los cocodrilos del Río Hondo

En el Laboratorio de Contaminación Acuática del grupo de Biotecnología Ambiental de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal, hemos realizado diversas investigaciones para entender los mecanismos que utilizan los organismos acuáticos para defenderse de la exposición a los contaminantes generados por las actividades humanas.

En Quintana Roo, la caña de azúcar es uno de los principales productos agrícolas, con una superficie cultivada de cerca de 35 mil hectáreas. Para mantener tan importante producción, se requiere el uso de grandes cantidades de agroquímicos, lo cual constituye una fuente potencial de contaminación para los suelos, las aguas superficiales y el manto freático de la cuenca, debido a su transporte a través de canales agrícolas secundarios.

Sabemos que los cocodrilos del Río Hondo están expuestos a mercurio y cad-



HUMBERTO BAHENA

mio, metales tóxicos contenidos en varios agroquímicos que penetran en los reptiles principalmente al ingerir presas contaminadas, animales que a su vez los habían bioacumulado en sus tejidos al tomarlos del agua y sedimentos (los asimilan y no los expulsan en sus procesos metabólicos). Para evitar el efecto negativo de las sustancias tóxicas, el cuerpo de los cocodrilos reacciona depositándolas en sus escamas y uñas, o bien, su hígado produce una proteína llamada metalotioneína, que enlaza al metal y lo transporta por el torrente sanguíneo hacia los riñones para ser eliminado en la orina. La metalotioneína funciona como biomarcador para saber si el cocodrilo tiene acceso a metales capaces de ocasionarle daños tan severos que podrían provocar su muerte.

Las colectas de muestras no resultan fáciles, pero son necesarias para impulsar acciones en beneficio de los ecosistemas con todos sus habitantes. Con los cocodrilos, nos trasladamos al Río Hondo en una lancha pantanera durante la noche, apoyados con lámparas, y los capturamos por el cuello, utilizando una pértiga con un lazo en el extremo. Inmovilizamos al espécimen sobre la lancha para obtener una muestra de sangre y una cresta de la cola, ade-

más de tomar medidas de longitud, peso y sexo; después lo regresamos al río.

Las medusas del Caribe

La belleza del mar Caribe ha estimulado grandes desarrollos urbanos y una intensa actividad turística, lo que ha ocasionado la descarga de diversos contaminantes al ambiente acuático, como los hidrocarburos del petróleo. Los animales los bioacumulan en sus tejidos y se provocan cambios a nivel celular, mismos que pueden llegar a ser carcinogénicos y mutagénicos.

Las medusas son un importante grupo de organismos marinos integrantes de las cadenas tróficas que mantienen la gran biodiversidad del Caribe. En nuestros estudios hemos encontrado que dichos animales se encuentran cerca de las costas y pueden acumular los hidrocarburos en los tentáculos o brazos por donde se alimentan, así como en el tejido que funciona como estómago; ahí utilizan diversas enzimas para degradar los contaminantes y desecharlos, evitando sus efectos tóxicos. Entonces, las enzimas funcionan como biomarcadores de exposición a hidrocarburos.

Tortugas marinas

Las tortugas marinas de Quintana Roo se encuentran clasificadas como especies amenazadas o en peligro de extinción, según la Convención para el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestre. Se considera que la contaminación es una de las causas del declive de sus poblaciones, debido a que su longevidad puede favorecer la acumulación de contaminantes persistentes, como los plaguicidas. En Cozumel están expuestas a los productos que se utilizan en campos de golf y para control de plagas en casas y áreas de recreo; circulan por su sangre hacia los diferentes órganos y dañan las membranas celulares. Para evaluar los efectos negativos, en la sangre y piel de sus aletas medimos el malondialdehído, un compuesto químico que se produce durante la degradación de los lípidos de las membranas celulares, por lo que se utiliza como un biomarcador de daño.

Con estos ejemplos podemos comprender el valor de la biotecnología ambiental para hacer visibles los efectos invisibles de la contaminación y en consecuencia, proponer acciones para la protección de los seres vivos.¹ El potencial en áreas naturales protegidas es enorme, y como muestra tenemos un buen caso en el Sistema Arrecifal Mesoamericano, en donde se utilizó un pez de arrecife como bioindicador de exposición a hidrocarburos y plaguicidas, a partir de la evaluación de algunos biomarcadores en músculo y bilis.

La protección puede incluir a la especie humana, ya que también nosotros usamos metalotioneínas y enzimas para evitar el efecto tóxico de los contaminantes a los que nos encontramos expuestos por los alimentos que consumimos o el aire que respiramos. ☺

¹ La biotecnología se refiere al conjunto de técnicas que involucran la manipulación de organismos vivos o sus componentes celulares, para producir sustancias, desarrollar procesos o proporcionar servicios.

Teresa Álvarez Legorreta es investigadora del Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad en ECOSUR Chetumal (teral@ecosur.mx).