

 Ciencia más tecnología

Los peces cambian su comportamiento a causa de los agroquímicos

Nematicida utilizado en el cultivo de banano altera el sistema nervioso de los peces, según un estudio sobre ecotoxicología

10 SEPT 2019 Ciencia y Tecnología



La especie *Astyanax aeneus* fue seleccionada para la realización de este estudio porque es muy común en lagos, ríos y estuarios. Foto: Natalia Sandoval Herrera.

Cuando Natalia Sandoval Herrera decidió investigar sobre el efecto de los plaguicidas organofosforados en los peces, ya sospechaba que algo fuera de lo común estaba pasando.

Tiempo atrás, mientras estudiaba las concentraciones de mercurio en los tiburones se dio cuenta de la falta de datos sobre los efectos de los plaguicidas en dichos organismos.

Esto la motivó a iniciar un novedoso estudio para su tesis de Posgrado en Biología en la Universidad de Costa Rica (UCR) con el fin de determinar las repercusiones, en las poblaciones de peces, de un nematocida que se utiliza en el cultivo del banano. La investigación arrojó resultados relevantes para la ciencia, ya que se demostraron cambios en el comportamiento de estos animales.

“En Costa Rica, existen algunos estudios en ecotoxicología, pero por lo general se realizan en organismos modelo (crustáceos, camarones y dafnias) y solamente miden los efectos de las sustancias en un nivel. Lo novedoso de mi estudio es que combiné diferentes respuestas a diferentes niveles. Por esto, creo que no hay uno igual en el país”, afirmó la bióloga.

Para realizar el análisis, Sandoval contó con la colaboración del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET-UNA).

El camino a seguir

La especie seleccionada para la investigación fue *Astyanax aeneus* (conocida popularmente como sardinita de río), debido a que es un pez nativo que está presente en la mayoría de ambientes de agua dulce y estuarios. Además, es fácil de mantener en el laboratorio, tiene un tamaño adecuado (mide entre seis y ocho centímetros) y hay bastante información base sobre la especie.

Las muestras fueron capturadas en Sarapiquí y, luego, llevadas al Laboratorio Húmedo de la Escuela de Ciencias Biológicas de la UNA. Ahí, estuvieron entre dos y tres semanas aclimatándose a las mismas condiciones de temperatura y salinidad del lugar de donde las extrajeron.

Posteriormente, los organismos se dividieron en dos grupos: los que se mantuvieron en condiciones regulares y los que fueron expuestos en peceras individuales a la concentración mínima del plaguicida en la que había un indicador de neurotoxicidad (0,014 mg/L) durante 48 horas. Luego, ambos grupos se transfirieron a los tanques en los que se realizaron los experimentos.

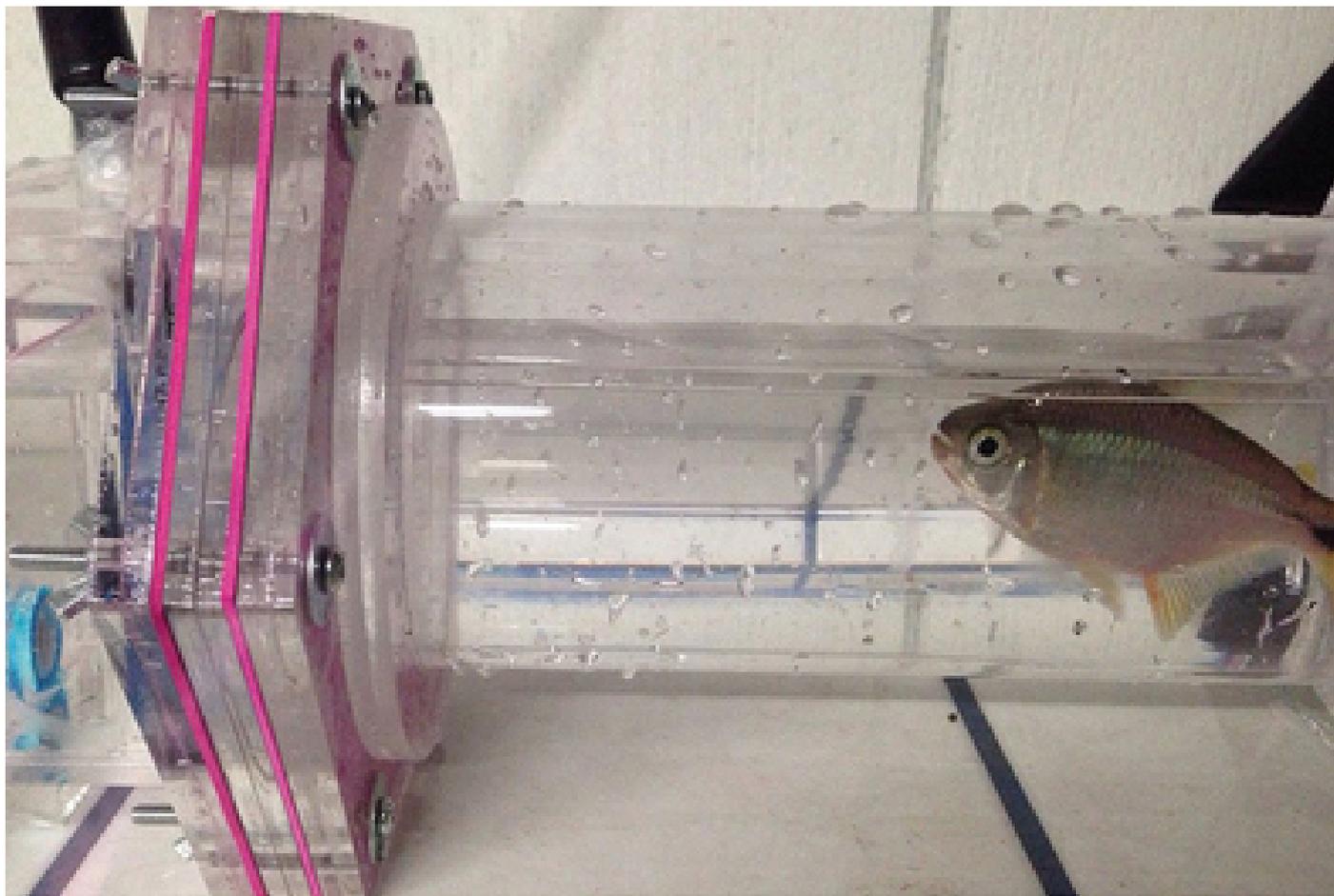
El primero consistió en colocar al pez en un recipiente cerrado y registrar su tasa metabólica. Se midieron las cantidades de oxígeno y de dióxido de carbono que producía el individuo, para determinar si la exposición al plaguicida producía un coste energético adicional.

Los otros dos experimentos tenían como objetivo ver si el comportamiento de los organismos mostraba alguna variación por su exposición al plaguicida.

En el segundo experimento, se evaluó la capacidad de los peces para explorar un ambiente nuevo. Por lo tanto, se colocaron en medio de una pecera con una mitad clara y con otra oscura, y se dejó que los individuos nadaran libremente. La especie *A. aeneus* tiene un comportamiento llamado escototaxia, lo cual quiere decir que prefieren las zonas oscuras por encima de las claras. Se midió el tiempo que estuvo en la zona clara, el tiempo que pasó en la zona oscura y la cantidad de veces que el pez cruzaba de un lado al otro.

La última prueba imitó el ataque de un depredador con la ayuda de un modelo impreso en 3D dentro de una pecera. La copia se colocaba detrás del individuo para simular una situación de peligro y medir el tiempo que se demoraba el pez en reaccionar ante este

tipo de estímulo. De esta manera, se determinaba si la exposición al plaguicida afectaba su tiempo de respuesta en situaciones de riesgo.



Los experimentos se enfocaron en determinar posibles cambios metabólicos, celulares y de comportamiento en los organismos. Foto: Natalia Sandoval Herrera.

Resultados extraordinarios

Pese a que a nivel metabólico quedó claro que el plaguicida no significaba ningún coste energético extra para el pez, los biomarcadores con los que se midieron los efectos celulares y de comportamiento proporcionaron nueva información.

Sandoval logró demostrar en sus experimentos que el nematicida utilizado causa la inhibición de hasta un 54 % de una enzima llamada colinesterasa –encargada de recoger el neurotransmisor que está en la sinapsis de las neuronas–. Esto ocurre porque la molécula de la sustancia se une a esta enzima y genera una ruptura del neurotransmisor en las neuronas, lo que causa una sobreestimulación nerviosa que provoca cambios en el comportamiento.

Es por esto que después de la exposición al agroquímico –y pese a su preferencia usual por entornos oscuros–, los peces empezaron a explorar más las zonas claras de la pecera, acto que va en contra de su mecanismo natural de defensa.

En el caso del estímulo como respuesta al ataque de un depredador, los organismos expuestos a la sustancia química reaccionaron más lento (3,43 milisegundos) en comparación con los que no lo estuvieron (1,49 milisegundos). Según la investigadora, esto

se da como resultado de la sobreestimulación nerviosa que provoca una respuesta más lenta de los peces.

En el caso del estímulo como respuesta al depredador, los organismos expuestos a la sustancia química reaccionaron más lento (3.43 milisegundos) en comparación con los que no lo estuvieron (1.49 milisegundos).

Estudio pionero

De acuerdo con Sandoval, lo novedoso del estudio estriba en que con “diferentes métodos y distintas ramas de la biología se puede demostrar cómo una amenaza ambiental es capaz de generar grandes consecuencias en los ecosistemas naturales”.

La investigadora realiza su doctorado en la Universidad de Toronto, en Canadá, donde efectúa un estudio sobre efectos de los plaguicidas en murciélagos en tres países: Costa Rica, México y Belice.

Para Freylan Mena Torres, biólogo e investigador del IRET, el estudio de Sandoval es muy novedoso, ya que aborda distintos niveles de la organización biológica.

Según el especialista, quien colaboró en la investigación y es coautor de la publicación en la revista *Scientific Reports*, en julio pasado, el principal aporte del trabajo son las mediciones del comportamiento de los peces expuestos a los efectos del nematicida.

“Los resultados obtenidos –destacó– brindan información sobre lo que está pasando, sobre todo porque se utilizaron concentraciones relativamente bajas de la sustancia”.

En el artículo científico, participaron además los profesores de la Escuela de Biología de la UCR, Mario Espinoza Mendiola y Adarli RomeroVásquez.

El IRET facilitó para el estudio la realización de las pruebas bioquímicas, ya que cuenta con los métodos y equipos para efectuarlas. Además, tiene caracterizado el uso de sustancias en los monocultivos, de allí que ayudó a definir el plaguicida empleado en el trabajo y a conseguir las muestras de los peces.

En los experimentos se utilizó solo una parte de la concentración letal de etoprofos, la sustancia activa del nematicida con el que se trabajó. Ya en estudios anteriores, el IRET había determinado la concentración letal media de esta sustancia; es decir, la cantidad que podría matar a la mitad de una población de peces utilizados en un experimento.

“La fracción utilizada en el estudio se acerca a lo que se está nombrando actualmente en ecotoxicología como ‘concentraciones ambientalmente relevantes’, o sea, concentraciones que se miden en el ambiente”, detalló.

Estas concentraciones, que se obtienen mediante el monitoreo químico del agua, normalmente son muy bajas. En su trabajo, Sandoval quiso acercarse a esos rangos a sabiendas de que no iban a matar al pez.

En la investigación se realizó un análisis bioquímico con la enzima colinesterasa, presente en las sinapsis (conexiones) nerviosas de los organismos, para determinar posibles efectos neurotóxicos. Asimismo, se hicieron otras mediciones fisiológicas y bioquímicas con las que se podía observar si el pez dedicaba energía a la eliminación de la sustancia tóxica.

Cuando se revisaron los resultados sobre el comportamiento del pez, con las pruebas de búsqueda de refugio y de escape al depredador, se encontró que sí hay un efecto significativo. Estos ensayos tienen que ver con el “blanco” de la molécula del nematicida, que es afectar el sistema nervioso de organismos vivos.

Si bien el resultado fue negativo en las mediciones fisiológicas para examinar posibles efectos metabólicos, es muy importante contar con esta información para caracterizar las repercusiones de la exposición del pez a la sustancia química en concentraciones bajas y durante un período corto, explicó Mena.



En el país ocurren a menudo muertes masivas de peces en ríos y quebradas cercanos a áreas de monocultivos. Fotografía tomada del Facebook de Julio Knight.

Los resultados del estudio, detalló el biólogo, son necesarios para las acciones de incidencia política de las autoridades y los entes reguladores del uso de los plaguicidas en la agricultura, ya que en este caso se logró asociar de forma directa un nematicida con efectos claros que pueden significar un peligro para la supervivencia de una población de peces.

“Muchas veces es difícil convencerlas con solo datos bioquímicos, pero cuando se logran ligar los efectos de una sustancia con respuestas muy evidentes que pueden significar un peligro para un organismo (como es el caso de la inhibición de la colinesterasa que lo

vuelve más lento para escapar del depredador), estos son más convincentes para alguien que tenga que tomar una decisión”, expresó el investigador del IRET.

Las regulaciones actuales están basadas en concentraciones letales, aunque cada vez más se promueve el uso de información como la obtenida por el estudio de Sandoval. Desde el punto de vista ecológico, es mucho más relevante el hecho de probar que la concentración no solamente inhibe una enzima, sino que también genera un retardo en la capacidad del pez de escapar a un depredador, lo cual puede reducir una población de determinada especie.

Por eso, se requieren más investigaciones para conocer qué pasaría si la especie analizada es expuesta durante más tiempo a dichas sustancias, así como realizar estudios con depredadores reales y en condiciones naturales.

En la vida real, estos animales están expuestos a los efectos de un “coctel” de sustancias químicas que se utilizan constantemente en los monocultivos, como fungicidas, nematocidas, herbicidas e insecticidas, entre otros.

Causas y efectos

En la Universidad Nacional, el IRET ha efectuado diversos estudios de campo para evaluar las repercusiones de los plaguicidas en distintas especies de peces. Sin embargo, la mayor dificultad ha sido encontrar correlaciones claras y directas entre las moléculas de los productos químicos y los efectos en estos animales.

De acuerdo con Mena, el problema es que “hay muestras de agua que tienen la presencia de hasta diez sustancias en concentraciones diferentes y bajas. Por esta razón, los resultados de los estudios no han sido tan claros”.

Asimismo, dicho Instituto se ha limitado a efectuar mediciones bioquímicas y, hasta el momento, no han incorporado análisis de comportamiento. “Hasta ahora lo vamos a empezar a hacer”, añadió.

Otros trabajos efectuados tienen que ver con los eventos de envenenamiento masivo de peces en lagunas, ríos y quebradas en zonas del Pacífico y el Caribe, donde existen monocultivos y ocurren con frecuencia este tipo de situaciones. En un estudio reciente, se revisaron eventos de mortandad durante cinco años y se lograron identificar las especies y las sustancias que aparecieron en las muestras de agua.

“La evidencia cuesta mucho levantarla. Se necesitan mejores métodos para el monitoreo químico que permitan relacionar la causa y el efecto. Sabemos que los organismos están sufriendo estrés por estas condiciones”, explicó el investigador.

El especialista recordó la importancia de que las compañías productoras cumplan la ley y mejoren sus prácticas agrícolas para evitar el escape de los agroquímicos a las fuentes de agua. “El banano y la piña son los cultivos en los que mayor cantidad de sustancias químicas se utilizan. Las empresas tienen que ver cómo evitan que estas se les escapen al ambiente”, aseveró.

El mantenimiento de la cobertura vegetal en las riberas es indispensable. Todo cuerpo de agua natural debe tener esa protección. Esto generaría un amortiguamiento entre la finca y el cauce, y que podría evitar la contaminación del agua con estas sustancias químicas, arguyó el biólogo.

Es bien sabido que hay un gran uso de plaguicidas en el país y a medida de que aumenta la agricultura extensiva también se incrementa el consumo de estas sustancias y su impacto en la vida silvestre.

Frente a este panorama, para Sandoval, el estudio es importante porque “demuestra que hay cosas que están pasando en poblaciones que no están visibilizadas y que pueden quedar afectadas a mediano y largo plazo”.

[David Esteban Chacón León](#)

Asistente de Prensa, Oficina de Divulgación e Información

david.chaconleon@ucr.ac.cr

[Patricia Blanco Picado](#)

Periodista, Oficina de Divulgación e Información

Área de cobertura: ciencias básicas

patricia.blancopicado@ucr.ac.cr

Etiquetas: [peces](#), [plaguicidas](#), [estudio](#), [neurotoxicidad](#), [#c+t](#), .