

¿Lo que hay en el agua puede determinar el sexo de los peces?

Por investigadores del CIAD

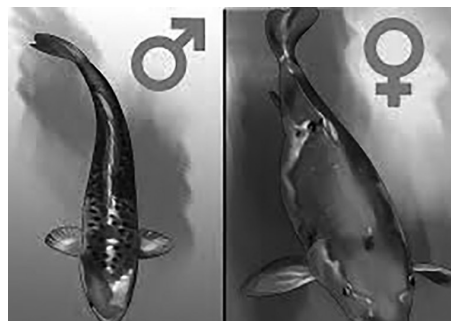
El uso de plaguicidas en la agricultura ha sido fundamental para aumentar la producción de alimentos. Sin embargo, estas sustancias no siempre permanecen donde se aplican. A través de la lluvia, la escorrentía y los sistemas de drenaje, plaguicidas como glifosato y clorpirifos pueden llegar a ríos, lagunas y otros cuerpos de agua, donde entran en contacto con los organismos que habitan en ellos. A diferencia de la contaminación visible, como la basura o los cambios evidentes en el color del agua, los efectos de los plaguicidas suelen pasar desapercibidos. No se detectan a simple vista, y en muchos casos, ocurren a nivel molecular. Estos impactos pueden ser graves cuando la exposición ocurre durante las primeras etapas del desarrollo, fase en la que los organismos son particularmente vulnerables. Entre los grupos más afectados se encuentran los peces, ya que atraviesan todas las etapas de su vida en contacto directo con los contaminantes presentes en el agua. Comprender cómo los plaguicidas influyen en su desarrollo es importante para evaluar los riesgos ambientales asociados a su uso. Para estudiar estos efectos, una investigación realizada en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) utilizó el pez cebra (*Danio rerio*), una especie de agua dulce ampliamente utilizada en la investigación. Este pez es de crecimiento rápido, permite observar su desarrollo con facilidad



y comparte muchos procesos biológicos con otros vertebrados, lo que lo convierte en un modelo para evaluar los efectos de contaminantes ambientales.

En el estudio, los peces fueron expuestos desde la etapa embrionaria hasta la adultez a glifosato, clorpirifos y una combinación de ambos, utilizando concentraciones similares a las que pueden encontrarse en el ambiente. Se evaluaron aspectos como la supervivencia, el crecimiento, y en particular, los procesos de determinación sexual, es decir, cómo se determina si un pez se desarrollará como macho o hembra. Además, se evaluó el denominado estrés oxidativo, un desequilibrio que ocurre cuando el organismo produce más sustancias dañinas de las que puede neutralizar. Este proceso puede afectar a las células y comprometer el desarrollo normal a largo plazo.

Los resultados mostraron que la exposición a plaguicidas como glifosato y clorpirifos, así como a su mezcla, aumentó el estrés oxidativo



en el pez cebra, específicamente la peroxidación de lípidos, un proceso que daña las membranas celulares, y afecta el funcionamiento celular. Este tipo de daño estuvo asociado con alteraciones del crecimiento y cambios en los mecanismos que regulan el desarrollo sexual. De manera específica, el estudio reveló efectos según el plaguicida evaluado:

La exposición a glifosato provocó alteraciones en las primeras etapas del desarrollo, reflejadas en un mayor número de peces cuyo sexo no estaba claramente definido. Esto sugiere un retraso en la determinación sexual y en la diferenciación normal de la gónada. Por otro lado, el clorpirifos fue el compuesto que generó los niveles más altos de daño celular. Sus efectos estuvieron asociados con cambios biológicos que favorecieron el desarrollo masculino y alteraron significativamente la proporción entre machos y hembras. En el caso de la exposición combinada a ambos plaguicidas, se observaron efectos acumulativos. Aunque la toxicidad no superó la del clorpirifos por sí solo, sí

se registró una menor supervivencia y una alteración más profunda de los procesos evaluados, lo que intensificó la masculinización de los peces.

Estos resultados evidencian que la exposición a plaguicidas puede alterar señales internas clave para el desarrollo de los peces, promoviendo procesos relacionados con el crecimiento masculino y bloqueando los del desarrollo femenino. Es importante destacar que estos efectos se presentan a concentraciones que no causan una mortalidad inmediata significativa, lo que implica que los daños podrían pasar desapercibidos durante mucho tiempo. Desde un enfoque ambiental, estos cambios pueden suponer un riesgo para las poblaciones de peces y los ecosistemas acuáticos. Alteraciones en la supervivencia, el crecimiento y la proporción sexual podrían afectar la reproducción y la estabilidad a largo plazo de las especies, impactando no sólo a las poblaciones en los ecosistemas acuáticos, sino también a las terrestres y a las comunidades humanas que dependen de estos ecosistemas.

*** Autoras(es): Daniela Arias Camacho, estudiante del Doctorado en Ciencias del CIAD; Samuel Calderón Liévanos, investigador de Estancias Posdoctorales por México (Secihti), y Silvia Alejandra García Gasca, investigadora de la subsección Mazatlán del CIAD.**