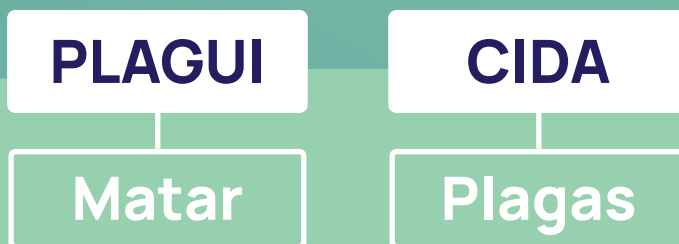


Presencia de agroquímicos y estado físicoquímico de las aguas en la Cuenca Binacional del Río Sixaola

El modelo de monocultivo de banano y plátano, y el excesivo uso de agroquímicos generan una crisis de contaminación en las aguas de esta Cuenca compartida por Costa Rica y Panamá. El **Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas OET-GEF-PNUD** trabaja por generar más datos sobre los cuerpos de agua en este territorio.

Estudiamos parámetros físicoquímicos y sobre todo buscamos el rastro de agroquímicos o plaguicidas, que según estudios previos representan la más grave contaminación en la Cuenca del Sixaola.

Un plaguicida o pesticida es cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales.



¡Veneno para matar plagas!

Aunque el sector productivo y muchas personas productoras los consideren medicamentos para plantas, ¡todo medicamento tiene efectos secundarios! Los pesticidas afectan los ecosistemas y a otros organismos incluyendo la humanidad, que no son el objetivo.

Debemos evaluar la peligrosidad, el riesgo y los impactos de los plaguicidas en el ambiente y otros organismos, así como su eficiencia en la plaga que se combate.

Entendiendo la contaminación

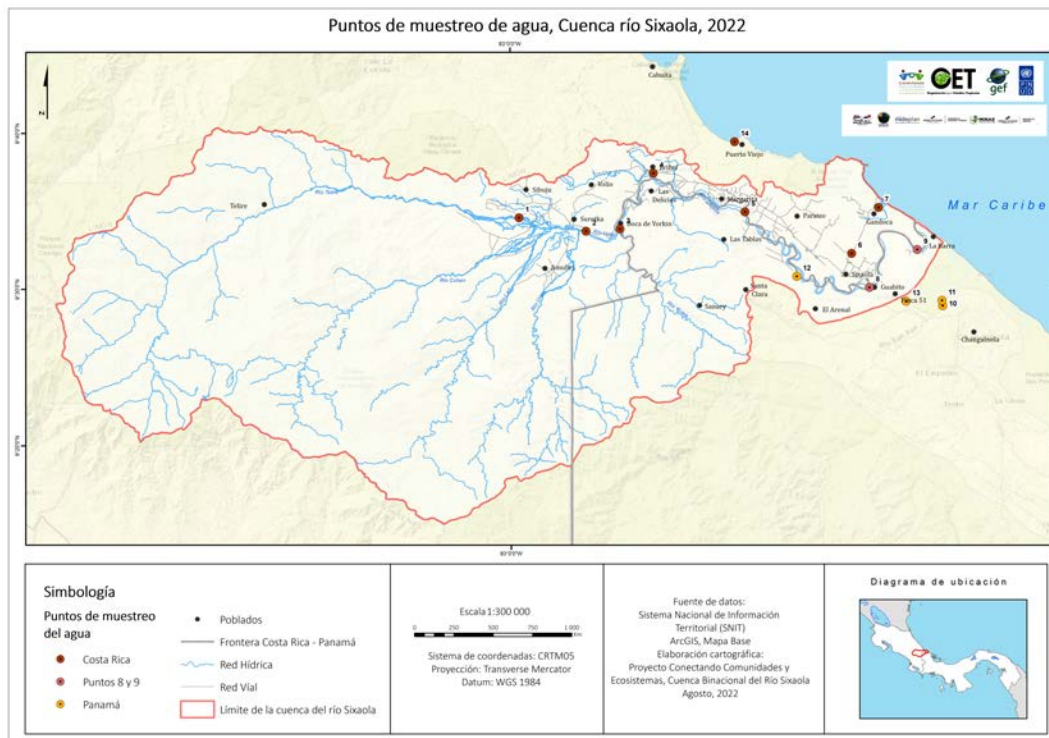
En la naturaleza no encontramos sustancias puras, ni siquiera en yacimientos de minerales. Aún ahí, para obtener oro o hierro, se realizan procesos de extracción. La mayoría de las sustancias, especialmente el agua, tienen presencia de otras sustancias y están mezcladas.

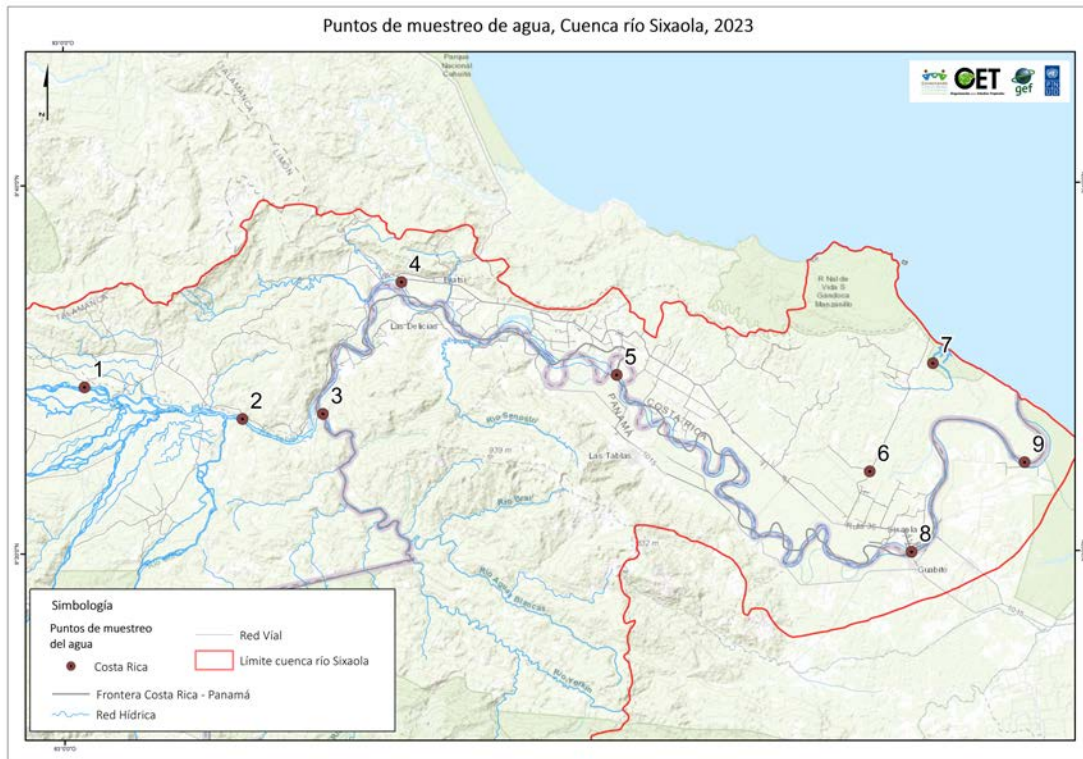
El agua es un vehículo de moléculas y otras sustancias. Se considera que un cuerpo de agua está contaminado cuando no tiene la capacidad de procesar agentes externos, y esa agua comienza a perder sus propiedades fisicoquímicas. Una de las claves para que el agua mantenga esas capacidades es que no esté estancada.

Puntos de muestreo

Realizamos 3 procesos de muestreo en 2019, 2022 y 2023 en las aguas del cauce principal del río Sixaola, iniciando en la cuenca media del río Telire y finalizando justo frente al poblado panameño denominado California, unos 5 kilómetros cauce abajo del Puente Binacional sobre el río Sixaola.

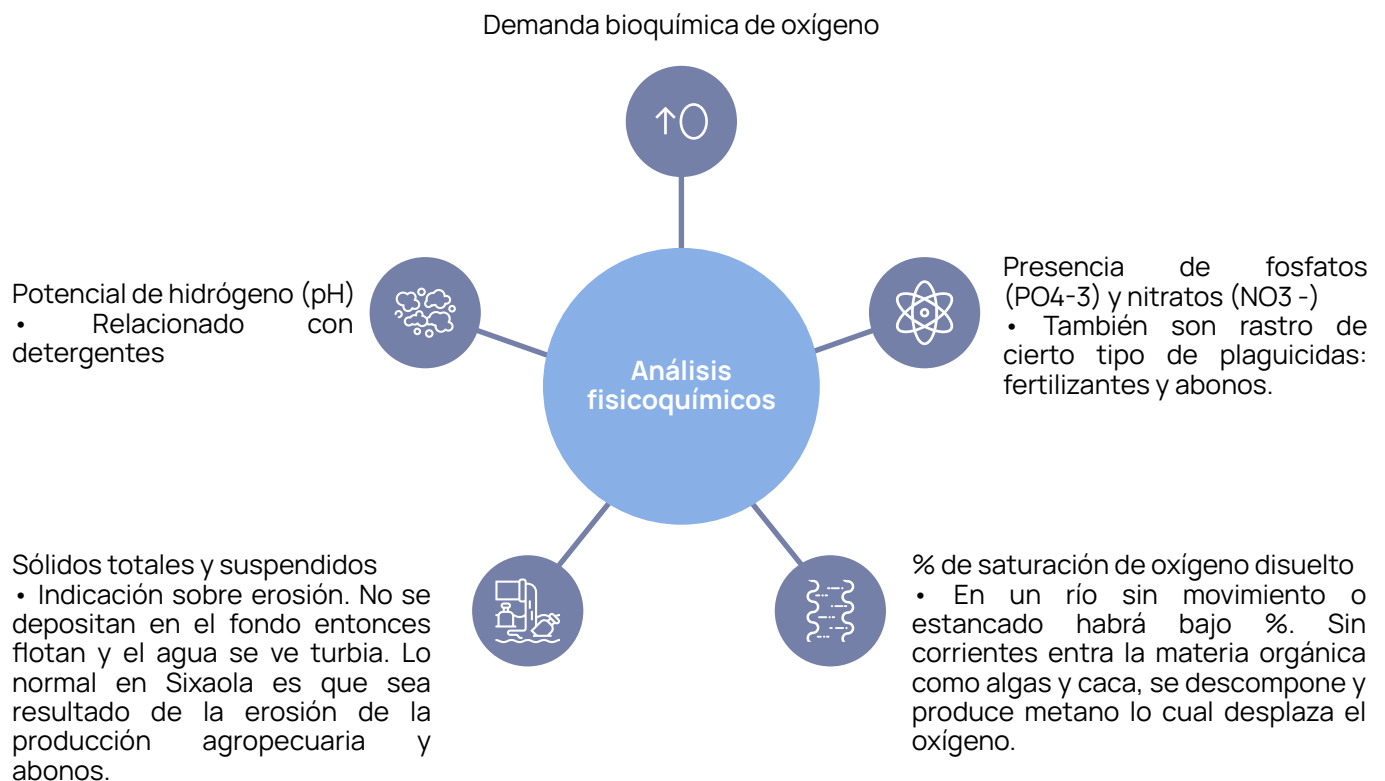
Los muestreos fueron realizados en el 2019 por un laboratorio comercial debidamente acreditado y con pruebas también acreditadas. Mientras que en el 2022 y 2023, el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET-UNA) realizó los muestreos y análisis químicos.





Análisis fisicoquímicos con la mejor ciencia

El Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET-UNA) analizó parámetros fisicoquímicos. Esta información revela el Índice de Calidad de Aguas (ICA-ICE). También fortalece las gestiones de la Dirección de Agua (DA-MINAE) que busca tener caracterizados todos los ríos en Costa Rica.





El IRET es un centro de investigación con una línea de diagnóstico permanente de la importación y uso de sustancias tóxicas con énfasis en agroquímicos. Tiene un laboratorio de investigación científica que produce conocimiento, publicado en revistas internacionales con revisión de pares. Para analizar la presencia de pesticidas utiliza los mayores niveles de sensibilidad posibles, arrojando resultados de sus mediciones en nanogramos, es decir, poder analizar un gramo dividido en un millón, una millonésima de gramo.



En los puntos en Panamá, el análisis fue realizado por el Laboratorio de Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) como entidad oficial de las autoridades panameñas y acreditado. Pero su información se presenta en microgramos, un gramo dividido en 1.000. Esto implica una menor sensibilidad que el IRET. Por esto, no se pudo realizar el mismo análisis de plaguicidas en aguas panameñas. Por esto, el análisis de plaguicidas en aguas panameñas es un pendiente en el proceso en cuanto a la sensibilidad requerida para homologar los resultados en ambos países.

¿Cómo se estudian los residuos de plaguicidas?

¡Con cromatografía de gases! Se tomaron muestras en los cuerpos de agua. De estas muestras (por presión o temperatura) se extraen gases que son analizados en un cromatógrafo.

Los cromatógrafos de gases tienen patrones, tienen almacenada información de los distintos residuos que establecen bandas de colores propias de cada una de las sustancias que buscamos. Según la información almacenada y que el equipo reconoce, puede identificar 680 gases. Cada uno de esos gases corresponde no a un producto comercial, sino a una sustancia que puede estar presente en distintos productos comerciales.

Se encuentra la molécula, el ingrediente activo, la sustancia que actúa, ¡el veneno o el abono puros!

¿Cuándo la presencia de un pesticida es peligro?

Además de rastrear la presencia de pesticidas, el Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas determinó si dicha presencia existía en niveles que afectan la salud de los ecosistemas acuáticos. Para ello se trabajó con el análisis del agrónomo Elidier Vargas Castro, especialista, investigador, exfuncionario del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y autor del estudio Uso aparente de plaguicidas en la agricultura de Costa Rica publicado por el PNUD en el 2022.

Para definir la peligrosidad de los plaguicidas en el ambiente, se analizó la normativa de Costa Rica y Panamá para determinar cómo cada país regula cuándo un pesticida está presente en niveles peligrosos para la salud de organismos, ecosistemas y personas. En ambos países las regulaciones son débiles, y toman en cuenta solo algunos agroquímicos. Por lo que no existe normativa completa en ninguno de los 2 países para este análisis que contemple los plaguicidas de mayor uso en la agricultura.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) ya han recomendado que los plaguicidas deben ser definidos como peligrosos a través de una serie de 8 criterios. El Criterio 8 señala que los ingredientes activos y las formulaciones de un plaguicida peligroso son aquellos que han mostrado una “alta incidencia de daños graves o irreversibles para la salud humana o el medio ambiente”.



Para definir el criterio de peligrosidad, Vargas Castro recogió los datos existentes para cada pesticida a partir de la Base de Datos PPDB (Pesticide Properties Database) de la Universidad de Hertfordshire. Esta base de datos sobre las propiedades de los pesticidas – [abierta y disponible al público aquí](#) – reúne información sobre cientos de agroquímicos usados en el mundo, a partir de estudios e informes de la Unión Europea (UE) y otras fuentes. La FAO también recomienda usar esta base, si no existe otra referencia para poder definir.

Con los datos de cada sustancia aportados por esta base, se aplicó la metodología de cálculo de la Unión Europea, llamada Concentraciones Regulatorias Aceptables (RAC por sus siglas en inglés). A partir de estas fuentes, se tomaron los valores de referencia de Concentraciones Regulatorias Aceptables, que significan el máximo permitido para proteger los seres vivos acuáticos más sensibles según la peligrosidad de cada plaguicida.

Con los datos disponibles para cada pesticida, Vargas Castro diseñó una base de datos propia para este análisis, que arroja los valores RAC para cada uno de los plaguicidas de interés. Se aplica el enfoque de “el peor escenario”, el cual señala que si protegemos al organismo más sensible (como el que vive en los sedimentos, por ejemplo), protegemos a todos los demás. Se decidió también no descartar ningún organismo acuático, ya que todos son igual de importantes en los ecosistemas por lo cual se amerita su protección.

Aplicando la metodología europea, se obtiene una alerta evidenciando que una sustancia está presente en el cuerpo de agua en una concentración mayor a la de las RAC de cualquiera de los efectos. Se incluyeron otros valores de referencia cuando estaban disponibles.



Resultados de muestreos

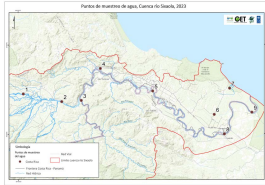


Muestreos 2022

1. En total se encontraron residuos de **23 plaguicidas**.
2. **No se observa un patrón histórico** de presencia de plaguicidas. Es decir, en ambos muestreos solo unos pocos plaguicidas se repitieron (3) y casi no fueron en los mismos puntos.
3. De estos 23 plaguicidas, **3 tenían residuos en niveles superiores a las normas de referencia consultadas**. Estos son clorotalonil (su metabolito, que en este caso es una molécula en la que se degradan ciertas materias activas del pesticida), **metsulfuron metil y terbufos sulfone** (metabolito del terbufos). Son de **preocupación** porque podrían estar **dañando a organismos** acuáticos que no son objetivo de control de los plaguicidas.
4. En los primeros 5 puntos de muestreo, que corresponden a la zona más alta estudiada de la Cuenca, **no se encontraron residuos de plaguicidas** en niveles de preocupación.
5. En los **puntos 6 al 9** (ubicados en la parte baja de la Cuenca) es donde más se **encontraron residuos de plaguicidas**, en la zona con mayor actividad agrícola de **banano y plátano**.

Punto de monitoreo	Total de plaguicidas encontrados 2022	Plaguicidas en niveles de preocupación
6. Quebrada Quiebra Cana (desembocadura)	11	1
7. Laguna Gandoca	6	3
8. Río Sixaola puente	13	0
9. Río Sixaola puente abajo (California)	15	0

7. Es **preocupante la alta detección de residuos de plaguicidas en la Laguna Gandoca**, ya que es Área Silvestre Protegida, parte del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Gandoca-Manzanillo, que tiene el mayor manglar en el Caribe de Costa Rica. No solo se detectaron residuos de **6 distintos plaguicidas**, sino que **3 de ellos superaron los niveles críticos de referencia**.



Muestreos 2023

1. Se encontraron residuos de **26 plaguicidas**.
2. Debido a que algunos residuos de plaguicidas ya habían sido detectados en muestreos previos y otros no, podemos asegurar que en la **zona de estudio** a lo largo de **3 campañas de muestreo** se ha detectado un total de **33 residuos de distintos plaguicidas** (excluyendo la cafeína encontrada).
3. **6 plaguicidas que no habían aparecido** en muestreos previos
4. **Sigue sin observarse un patrón** histórico de presencia de plaguicidas.
5. De estos **26 plaguicidas** detectados en el monitoreo del 2023, **9 tenían concentraciones en niveles superiores** a las normas de referencia consultadas.
6. En los **2 primeros puntos de muestreo**, que corresponden a la **zona más alta estudiada**, se han detectado trazas de residuos de **3 plaguicidas** que no se habían detectado en esas zonas.
7. En los **puntos 6 al 9** es donde **más se encontraron residuos de plaguicidas** nuevamente, lo que tiende a confirmar que esta **zona de actividad agrícola principalmente de banano y plátano**, es el ingreso de estas sustancias al **río Sixaola**.
8. En el punto 6, **Quebrada Quiebra Caña**, es donde se ha detectado la **mayor cantidad de residuos** en una sola campaña en el transcurso de este proyecto con **23, 8 de los cuales se encontraron en niveles de preocupación**. No solo es de preocupación el alto número de plaguicidas, así como su alta concentración, sino también el efecto sinérgico adverso que pueda presentarse por la presencia de este “coctel tóxico”, es decir, un efecto mayor por la **combinación de pesticidas**.
9. De nuevo, es **preocupante** la alta detección de residuos de plaguicidas en la **Laguna Gandoca**. En el muestreo del **2023** se detectaron **6 residuos de plaguicidas** en esta Área Silvestre Protegida; **4 de ellos por primera vez**.

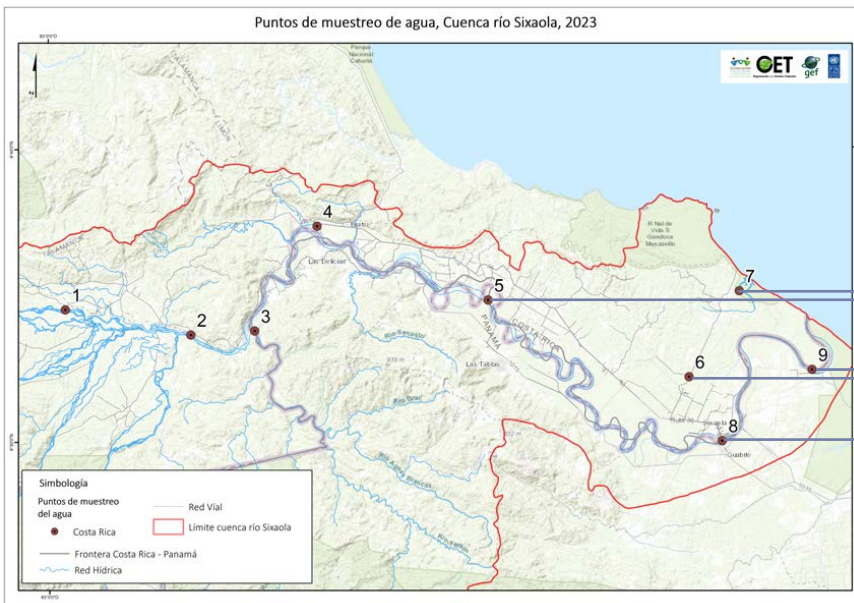
Punto de monitoreo	Total de plaguicidas encontrados 2022	Plaguicidas en niveles de preocupación
6. Quebrada Quiebra Cana (desembocadura)	23	8
7. Laguna Gandoca	6	1
8. Río Sixaola puente	4	0
9. Río Sixaola puente abajo (California)	12	0

En la totalidad de los muestreos realizados por el Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas, se han hallado un total de 33 plaguicidas diferentes: 7 de ellos en el muestreo 2019; 23 en el muestreo 2022; y 26 de ellos en el 2023. De este total de 33 plaguicidas, 13 han aparecido en niveles de preocupación; 3 en el 2019, 3 en el 2022 y 9 en 2023.

Campaña de monitoreo	Total de plaguicidas encontrados 2022	Plaguicidas en niveles de preocupación
Diciembre 2019 (línea base)	7	3
Diciembre 2022	23	3
Noviembre 2023	26	9
Total	33 productos distintos	13 productos distintos

Puntos de alerta

Además de rastrear la presencia de pesticidas, el Proyecto Conectando Comunidades y



- Laguna Gandoca: Dentro de un Área Silvestre Protegida y humedal de importancia internacional.
- Margarita-Annia, Sixaola: Inicia la actividad bananera
- Sixaola-La California: conocido como Boca Sixaola
- Quebrada Quebra Caña: Arrastra aguas de procesos agrícolas en bananeras y sus contaminantes
- Puente Binacional sobre el río Sixaola

En Panamá el laboratorio del MIDA arrojó resultados de solo 2 moléculas presentes (boscalida y tiabendazol). Esto se dio probablemente por una reducida sensibilidad del equipo usado para el análisis y los niveles de concentración buscados. El Proyecto trabaja para encontrar formas de mejorar y aumentar el nivel de sensibilidad de los laboratorios involucrados en el muestreo del agua.

Conclusiones y recomendaciones

2. En las **3 campañas de monitoreo** realizadas en el lado tico de la Cuenca Binacional del Río Sixaola, cada vez aparecen residuos de **más plaguicidas**, en concentraciones que estarían **afectando** a los organismos acuáticos no objetivo.

3. Algunos de los **plaguicidas detectados** están catalogados como **altamente peligrosos** y son de venta restringida. Entre estos, el **diazinón, fenamifos y el terbufos (prohibido en la Unión Europea, China, Reino Unido y Canadá)**. Otros ya han sido prohibidos o están siendo prohibidos en Costa Rica, la Unión Europea y Estados Unidos; entre estos, el clorotalonil y neonicotinoides (familia de insecticidas) como el clotianidin, imidacloprid y thiametoxam. Estos últimos 3 han sido reconocidos como altamente peligrosos para organismos invertebrados, especialmente para polinizadores.

4. Según las evaluaciones de peligrosidad y riesgo realizadas en comparación con normas de referencia de la Unión Europea y Estados Unidos, 13 de los 33 pesticidas encontrados estaban en niveles de concentración que podrían estar afectando a los organismos acuáticos.

5. De los **13 pesticidas en alerta roja**, algunos están presentes hasta **6, 18 y 24 veces más de lo aceptable** según la norma empleada.

6. En el caso del diazinón, no tiene alerta con la metodología del RAC, pero sí con la norma del Departamento de Protección Ambiental del Estado de Florida. La EPA de Estados Unidos también lo definió como un plaguicida de uso restringido.

7. De **33 plaguicidas encontrados**, se observa que en el mercado hay **registrados numerosos productos comerciales** que son coincidentes al menos por su nombre comercial y sus ingredientes activos.

8. Es de **especial preocupación** la presencia de **plaguicidas altamente peligrosos** y en **concentraciones altas en la Laguna Gandoca**. Las autoridades agrícolas y ambientales de Costa Rica deberían prestar **mayor atención al uso de la tierra** y las **actividades agrícolas** en la **zona de amortiguamiento** del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Gandoca-Manzanillo, y buscar vías para prevenir la contaminación de la Laguna con residuos de plaguicidas.


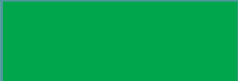



9. Se puede afirmar que en total, **16 distintos plaguicidas** están poniendo en **riesgo** organismos no objetivo que se buscan conservar en el Refugio. Si bien 6 de estos plaguicidas estuvieron en niveles de trazas, otros **5 de ellos superaron los niveles críticos de referencia**.

10. Es conveniente buscar **alternativas para el control de plagas** agrícolas que sean menos peligrosas que los plaguicidas que se están utilizando, ya sea por su toxicidad o por su comportamiento ambiental.

Calidad fisicoquímica del agua

Para determinar la calidad de las aguas de los puntos de muestreo en la Cuenca Binacional del Río Sixaola se usa un Índice de Calidad de Aguas (ICA) basado en el Índice NSF de los Estados Unidos, modificado por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) para aplicarse en el país. El ICA-ICE se basa en 6 parámetros y permite clasificar la calidad de las aguas.

Categorías ICA-ICE y resultados en 9 puntos

Ámbito de puntos	Color	Interpretación
91 - 100		Calidad de agua excelente
71 - 90		Buena
51 - 70		Regular
26 - 50		Mala
0 - 25		Muy mala

Código	Río	Puntuación ICA-ICE	Interpretación de la calidad de agua
1	Telire	84.95	BUENA
2	Telire (Boca Urén)	82.59	BUENA
3	Yorkín	40.99	*
4	Carbón	85.62	BUENA
5	Sixaola	83.83	BUENA
6	Quebra Cana	65.82	BUENA
7	Laguna Gandoca	55.37	REGULAR
8	Sixaola (Puente)	81.80	REGULAR
9	Sixaola (California)	81.52	BUENA

Sat Oxig
48 y 50%

Más análisis: biomonitoreo participativo de ríos con ANAI

El Proyecto también trabaja con la Asociación ANAI para realizar jornadas de biomonitoreo participativo de ríos. Bajo otro tipo de metodología, se determina la salud ecológica de los ríos como ecosistemas. Toma en cuenta la calidad biológica del agua a partir del estudio de peces y otros animales acuáticos, y el hábitat. Así se define la bioclase de un segmento de río. Se evaluaron 17 puntos:



Los resultados de las jornadas de biomonitoreo del 2023 muestran una coincidencia en los sitios más contaminados. Al igual que con la presencia de pesticidas, los sitios con peor calificación están en zonas bananeras: Quebra Caña y el canal Washout en Panamá, muy cerca de la zona fronteriza.





Soluciones ante la más grave crisis de contaminación

La Cuenca Binacional del Río Sixaola tiene excelentes condiciones de conservación en sus partes alta y media, con gran cobertura boscosa y mucho recurso hídrico. Pero hacia la parte baja se agravan los problemas de contaminación. Aquí se viven los efectos de un modelo productivo que opera desde hace más de 100 años basado en el monocultivo de banano y plátano, y el excesivo uso de agroquímicos.

El Análisis Transfronterizo (AT) de la Cuenca reiteró que la contaminación por agroquímicos es uno de los 8 problemas ambientales prioritarios en este espacio. De igual forma señaló la necesidad de un sistema de monitoreo binacional continuo que aporte datos sobre el impacto de esta problemática.

Los resultados del monitoreo de calidad de agua y restos de plaguicidas son parte de acciones urgentes para atender esta contaminación. Necesitamos construir y mantener un sistema de monitoreo permanente con datos actualizados sobre el estado de las aguas.

Tras la publicación del Análisis Transfronterizo en noviembre del 2023, el Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas impulsa como segunda herramienta de mejora de la gobernanza el Programa de Acción Estratégica (PAE) de la Cuenca Binacional del Río Sixaola.

Este documento debe plantear las soluciones a los problemas ambientales a largo plazo, y debe ser endosado por los gobiernos de Costa Rica y Panamá. En el PAE se deben plantear acciones concretas, como podría ser un sistema de monitoreo permanente de pesticidas en los cuerpos de agua.