

PRESENCIA DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN AGUAS EN EL TERRITORIO COSTARRICENSE DE LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SIXAOLA

Resumen de resultados

Proyecto Hacia la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) transfronterizos de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá

**Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas –
Cuenca Binacional del Río Sixaola**

Responsable técnico: Jorge Polimeni
Experto GIRH, Gobernanza y Economía Circular

El presente documento sintetiza a abril del 2024 los avances obtenidos por medio de estudios técnicos realizados por AGQLabs (2019), Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET-UNA, 2022 y 2023) y el análisis e interpretación técnica de los dos primeros estudios realizados por el doctor Elidier Vargas Castro.



ANTECEDENTES

El *Proyecto Hacia la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) transfronterizos de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá*, conocido como Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas, es implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y ejecutado por la Organización para Estudios Tropicales (OET) con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF).

Tiene como objetivo crear condiciones de largo plazo para una mejor gobernanza compartida de la Cuenca del Sixaola, con información oportuna para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos; y contribuir a reducir la contaminación por agroquímicos y los riesgos asociados a las inundaciones periódicas en la Cuenca.

El Proyecto realiza el monitoreo de presencia de residuos de plaguicidas en diversos cuerpos de agua de la Cuenca. Este documento analiza los resultados del proceso de monitoreo realizado desde el 2019 hasta el 2023, identificando los residuos de los plaguicidas presentes en las aguas del río Sixaola y sus afluentes.

En el cantón de Talamanca y dentro de la Cuenca del Sixaola existe una producción agrícola con énfasis en cultivos tropicales que se producen todo el año, destinados en buena parte a la exportación, como es el caso del cultivo del banano, el plátano y el cacao. Esta producción agrícola tiene particularidades notorias. El cacao es producido por personas productoras en pequeña escala, en una gran mayoría dentro de los territorios indígenas y normalmente en parcelas agroforestales que implican reducidas densidades de siembra. Existe una fuerte presencia de cacao que se exporta con diversas certificaciones ambientales.

Si bien aún se requiere mucha investigación en relación con el impacto de cada uno de estos cultivos en el ambiente, en las condiciones particulares que existen en Talamanca existe certeza del uso excesivo de agroquímicos en la producción bananera, lo que contamina los cuerpos de agua y afecta la biodiversidad.

El plátano ha aumentado su presencia en la región, pero es mucho menor a la plantación bananera. Sobre el cultivo de plátano se conoce que al tratarse de una especie de la misma familia del banano y por no contar el gremio de productores con una entidad de investigación que les genere tecnología, gran parte de los productores de plátano utilizan los mismos agroinsumos que se utilizan en el cultivo de banano.

El presente documento integra los resultados de tres procesos de muestreo realizados 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



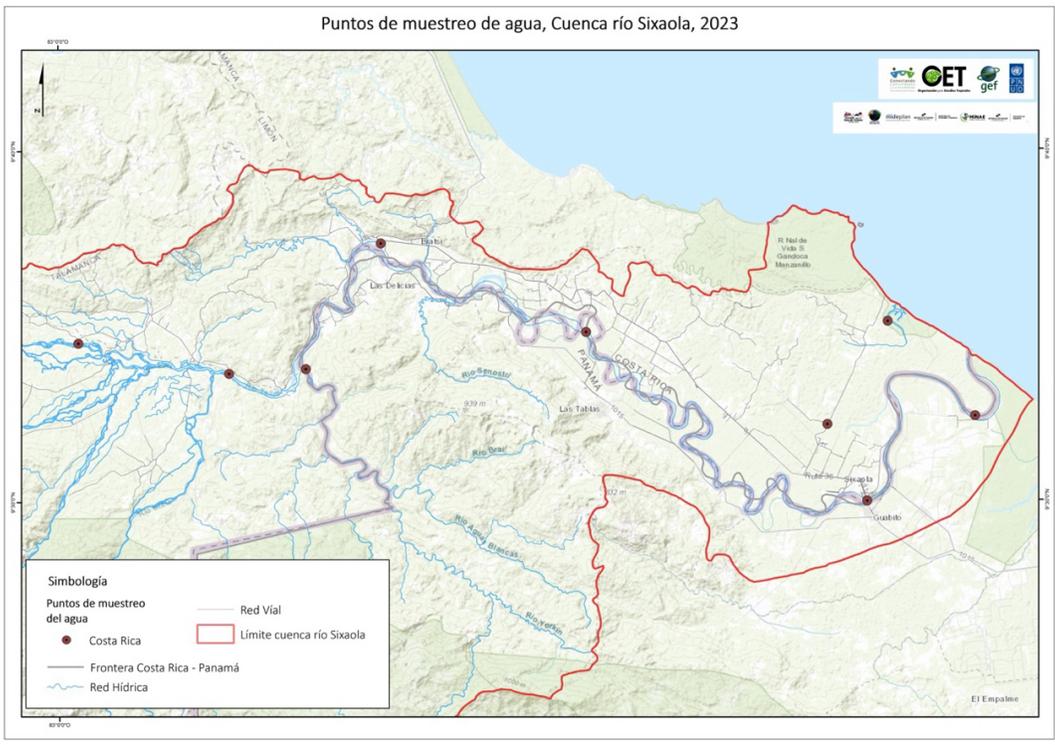
California, unos 5 kilómetros cauce abajo del Puente Binacional sobre el río Sixaola, prácticamente en lo que conocemos como Boca Sixaola

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. Este es un laboratorio universitario que habitualmente brinda sus servicios a organismos estatales costarricenses e internacionales¹.

Los resultados del proceso de monitoreo dan cuenta de la existencia de una amplia lista de residuos de plaguicidas en niveles de preocupación para la afectación de la biota en la Laguna Gandoca, parte del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mixto Gandoca-Manzanillo, así como en la Quebrada Quebra Caña, un cuerpo de agua rodeado de fincas agrícolas que desemboca en el río Sixaola.

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona y los puntos de monitoreo de residuos de plaguicidas en el espacio costarricense de la Cuenca Binacional del Río Sixaola se observan en el siguiente mapa.



¹ El alcance del estudio incluye muestreos en territorio panameño, sin embargo este documento centra su atención en los resultados obtenidos en el territorio costarricense.



ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD DEL PLAGUICIDA

Además de rastrear la presencia de pesticidas en las aguas de la Cuenca del Sixaola, el Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas determinó si dicha presencia existía en niveles que afectan la salud de los ecosistemas acuáticos y de sus organismos vivos, sean peces, insectos o plantas.

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.

Como punto de partida en el proceso de determinar la peligrosidad de las sustancias que se determinaron como presentes en los cuerpos de agua estudiados, es importante señalar que 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, el especialista Elidier 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 ya que, como se señaló previamente, no existe en Costa Rica otra normativa completa para calificar todos estos productos en cuanto a su impacto sobre la salud ambiental y humana. Esta metodología europea se llama 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. Como se indicó, esta peligrosidad es determinada por la base de datos de la Universidad de Hertfordshire. Esta base contempla datos sobre los efectos de los plaguicidas sobre peces, macroinvertebrados acuáticos, organismos que viven en los sedimentos de los ríos, plantas acuáticas, algas, entre otros. Estos efectos pueden ser agudos (más inmediatos) o crónicos (durante un mayor plazo de tiempo).

Como ejemplo, así se muestra la información de los efectos peligrosos del diazinón ([disponible aquí en la base](#)):

Aquatic ecotoxicology

Property	Value	
Temperate Freshwater Fish - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	3.1	
Temperate Freshwater Fish - Chronic 21 day NOEC (mg l ⁻¹)	0.7	
Tropical Freshwater Fish - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	> 2.08	
Temperate Freshwater Aquatic invertebrates - Acute 48 hour EC ₅₀ (mg l ⁻¹)	0.001	
Temperate Freshwater Aquatic invertebrates - Chronic 21 day NOEC (mg l ⁻¹)	0.00056	
Tropical Freshwater Aquatic invertebrates - Acute 48 hour EC ₅₀ (mg l ⁻¹)	0.0002	
Aquatic crustaceans - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	0.0042	
Sediment dwelling organisms - Acute 96 hour LC ₅₀ (mg l ⁻¹)	0.023	
Sediment dwelling organisms - Chronic 28 day NOEC, static, water (mg l ⁻¹)	-	
Sediment dwelling organisms - Chronic 28 day NOEC, sediment (mg kg ⁻¹)	15.9	
Aquatic plants - Acute 7 day EC ₅₀ , biomass (mg l ⁻¹)	-	
Algae - Acute 72 hour EC ₅₀ , growth (mg l ⁻¹)	6.4	
Algae - Chronic 96 hour NOEC, growth (mg l ⁻¹)	> 10	
Mesocosm study data	NOEAEC mg l ⁻¹	0.0024
	NOEAEC mg l ⁻¹	-

La base de datos PPDB define un valor de peligrosidad para cada efecto sobre distintos grupos de organismos, aunque eventualmente se observan omisiones.

La metodología de la Unión Europea señala que se tiene que tomar el valor de peligrosidad y dividirlo entre un factor de seguridad (100 para un efecto agudo, y entre 10 para un efecto crónico). Con los datos disponibles para cada producto, 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 RAC, se obtiene una alerta evidenciando que una sustancia está presente en el cuerpo de agua en una concentración mayor a la de las Concentraciones Regulatorias Aceptables de cualquiera de los efectos.

Esta alerta se genera en los cálculos de la base desarrollados en el programa de Excel. Adicionalmente, se incluyeron otros valores de referencia además del RAC, cuando estos estaban disponibles en otras fuentes oficiales como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), las autoridades ambientales de Canadá y otros países. Como ejemplo de estas fuentes se puede mencionar la del Departamento de Protección Ambiental del Estado de Florida, que permite tener una alerta adicional en el caso de un plaguicida (diazinón).

RESULTADOS DE LOS MONITOREOS REALIZADOS

Análisis de muestreos 2019

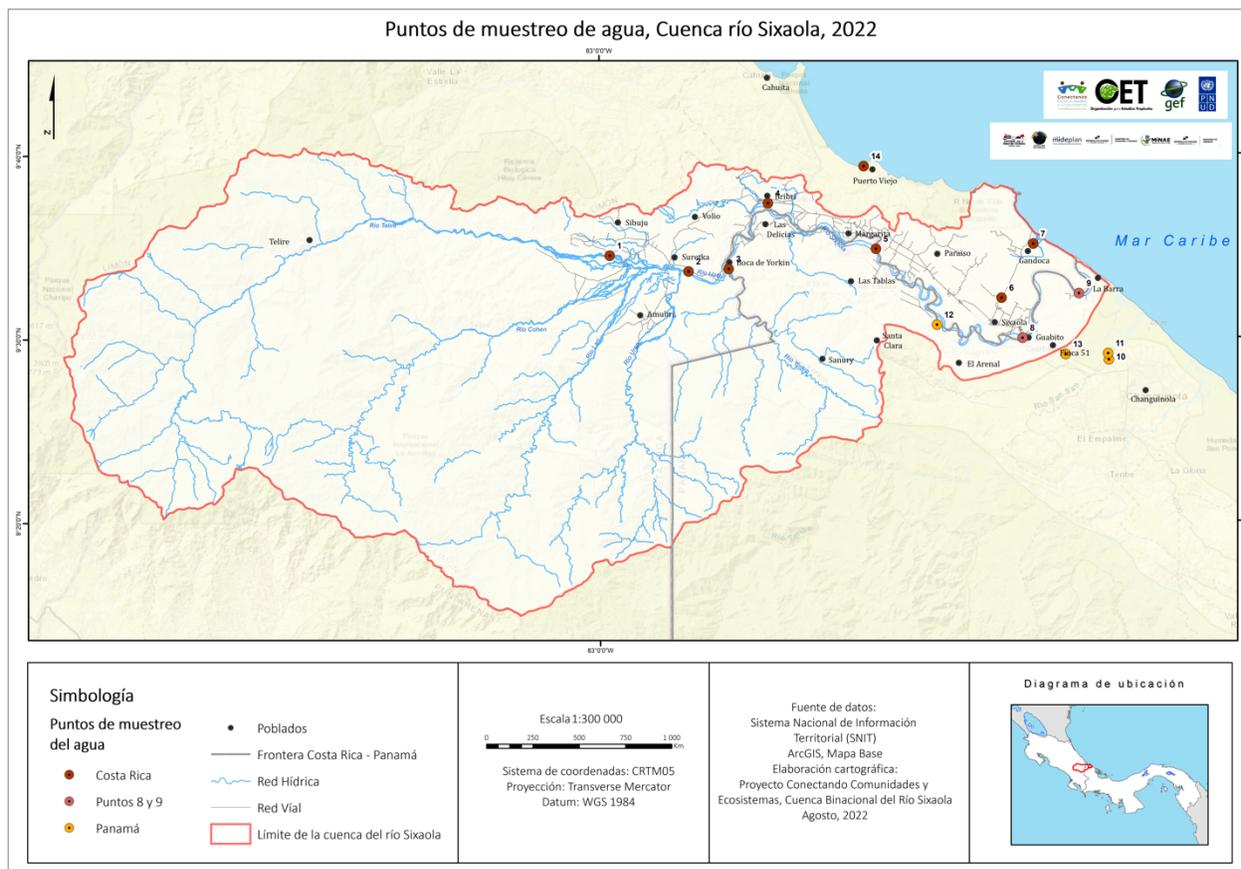
Según los reportes del Laboratorio AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A., en el estudio realizado como “línea base” durante la etapa previa al inicio del Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas (diciembre del 2019), se detectó la presencia de residuos de un total de 7 plaguicidas:

- 2,4-D
- Azoxistrobina
- Clotianidina
- Glifosato
- Pirimetanil
- Terbutrina
- Thiamethoxam

Tres de estos plaguicidas (azoxistrobina, clotianidina y terbutrina) estuvieron en concentraciones de preocupación por posibles afectaciones ambientales. Dos de estos casos se presentaron en la Laguna de Gandoca.



Análisis de 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). Resultan de **preocupación** por cuanto 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**, lo que es de esperar ya que es la zona con **mayor actividad agrícola**, con cultivos para exportación o para venta en los mercados nacionales, especialmente **banano y plátano**. Así también en las partes



bajas de la Cuenca se recogen los plaguicidas arrastrados de las partes altas, especialmente si esos plaguicidas tienen una alta movilidad y vida media.

6. En **resumen**, los hallazgos de residuos en el **muestreo del 2022** en los **puntos 6 al 9** fueron los siguientes:

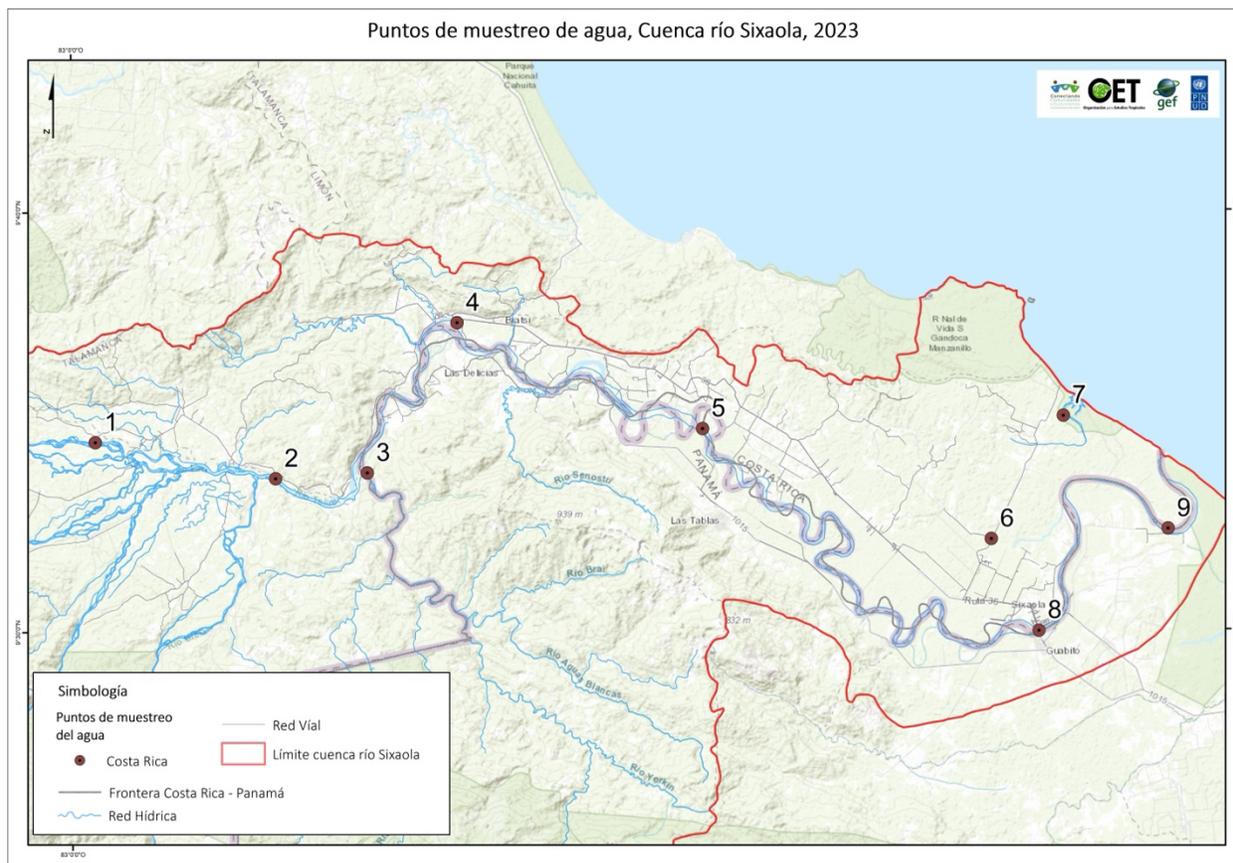
PUNTO DE MONITOREO	TOTAL DE PLAGUICIDAS ENCONTRADOS 2022	PLAGUICIDAS EN NIVELES DE PREOCUPACIÓN (*)
6. Quebrada Quiebra Caña (desembocadura)	11	1
7. Laguna Gandoca	6	3
8. Río Sixaola puente	13	0
9. Río Sixaola puente abajo (California)	15	0

Nota: () Señalamos como “nivel de preocupación” cuando la concentración encontrada de un plaguicida en el ambiente supera el valor crítico de referencia, según la toxicidad de cada plaguicida para organismos no objetivo.*

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**, con lo cual se pueden estar poniendo en riesgo organismos no objetivo que se busca proteger en ese refugio.
8. Es preocupante el **efecto sinérgico adverso**, es decir, un efecto mayor por la **combinación de pesticidas** sobre los organismos acuáticos. En el cuadro anterior se observa la presencia de **6 y hasta 15 residuos de distintos plaguicidas en una sola muestra**. Aunque estos individualmente no superen los valores de referencia, el **efecto “coctel”** podría ser **perjudicial** para los organismos acuáticos. Con más razón si algunos de ellos superan los valores de referencia.



Análisis preliminares de muestreos 2023



1. Se encontraron residuos de **26 plaguicidas** en concentraciones variadas, desde trazas (debajo del límite de cuantificación), hasta **concentraciones en niveles de preocupación** por el riesgo para organismos silvestres no objetivo de control.
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. En el 2023 se detectaron residuos de **6 plaguicidas que no habían aparecido** en muestreos previos.
4. **Sigue sin observarse un patrón** histórico de presencia de plaguicidas a lo largo de la Cuenca.
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. En la desembocadura del río Carbón – que transporta aguas que atraviesan Bribri – se detectaron 2 residuos de plaguicidas y cafeína; y en el punto 5 nuevamente aparecieron trazas de 2 plaguicidas.



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 Quebra 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**.
10. En resumen, los hallazgos de residuos en el muestreo del 2023 en los puntos 6 al 9 fueron los siguientes:

PUNTO DE MONITOREO	TOTAL DE PLAGUICIDAS ENCONTRADOS 2023	PLAGUICIDAS EN NIVELES DE PREOCUPACIÓN
6. Río Quebra Caña desembocadura	23	8
7. Laguna Gandoca	6	1
8. Río Sixaola puente	4	0
9. Río Sixaola puente abajo (California)	12	0

Resumen de resultados de las campañas de monitoreo del 2019 al 2023

CAMPAÑA DE MONITOREO	TOTAL DE PLAGUICIDAS ENCONTRADOS	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

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.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La revisión de las características de peligrosidad de los plaguicidas cuyos residuos se hallaron en los cuerpos de agua estudiados en el lado costarricense de la Cuenca Binacional del Río Sixaola muestra que algunos son de alta peligrosidad para la vida silvestre, y tienen características de preocupación para la salud humana.
2. En las 3 campañas de monitoreo que se han realizado en la Cuenca Binacional del Río Sixaola, del lado de Costa Rica, cada vez aparecen residuos de más plaguicidas, así como más plaguicidas en concentraciones que podrían estar 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 clotianidín, 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.

Estos plaguicidas son: azoxistrobina, clorotalonil (el metabolito CTB), clotianidín, diazinón, diuron, fenamifos, fenpropidín, imidacloprid, metsulfuron metil, spiroxamina, terbufos y su metabolito terbufos sulfone, además de terbutrina.

5. De los 13 plaguicidas 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, que significa que para aplicarlo una persona productora debe llevar capacitaciones mandatorias.
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 residuos de varios 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. Estos plaguicidas son: azoxistrobina (herbicida); clotianidina (insecticida neonicotinoide que no está registrado en Costa Rica, pero se puede generar como un metabolito del tiamethoxam²), diazinón (insecticida de uso restringido según las normas de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, EPA), metsulfuron metil (herbicida) y terbufos sulfone (metabolito del insecticida-nematicida terbufos). Este último es considerado altamente peligroso y apareció en altas concentraciones tanto en el monitoreo realizado en diciembre del 2022 como en noviembre del 2023.
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. Estas alternativas no deben ser otras sustancias químicas sintéticas, sino que pueden ser controladores biológicos, bioinsumos o formas y métodos de producción que prevengan la aparición de plagas, con un enfoque de manejo integrado de cultivos.

² *The fate of thiamethoxam and its main metabolite clothianidin in peaches and the wine-making process - ScienceDirect* (<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132291>) Elsevier, VOL 382, 2022,

