



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

INFORME TECNICO DE RESULTADOS

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN AGUAS DEL RÍO SIXAOLA EN TERRITORIO COSTARRICENSE

El presente documento reúne los avances obtenidos a Abril del 2024, 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. Incluye fuentes primarias documentales.

INTRODUCCIÓN

El proyecto “Hacia la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) transfronteriza de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá”. es implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), por medio de sus oficinas en Costa Rica y en coordinación con sus oficinas en Panamá y ha sido financiado por el Fondo de Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés). La Organización para Estudios Tropicales (OET) es socio del PNUD como ejecutor del Proyecto.

La iniciativa busca crear condiciones de largo plazo para una mejor gobernanza compartida de la cuenca, con información oportuna para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en la Cuenca Binacional del Río Sixaola entre Costa Rica y Panamá, y contribuirá a reducir la contaminación por agroquímicos y los riesgos asociados a las inundaciones periódicas en la cuenca.

El proyecto asigna los recursos del GEF estratégicamente para: (i) crear un proceso participativo para el desarrollo un diagnóstico integrado, sobre la situación actual de la cuenca binacional (Análisis de Diagnóstico Transfronterizo – ADT) y que funcione como instrumento formal vinculante, adoptado por ambos países (Programa de Acción Estratégica - PAE), (ii) implementa tres proyectos piloto que generan aprendizajes e intercambio de experiencias en tres temas clave: 1) prácticas agrícolas sostenibles, 2) creación de una plataforma de múltiples partes interesadas, para reducir la contaminación en la cuenca y 3) restauración de riberas para la reducción de erosión; y (iii) construye un sistema binacional de alerta temprana y monitoreo, con enfoques innovadores y participación ciudadana para fortalecer la capacidad de las comunidades y organizaciones locales para responder a los riesgos de inundación en las riberas de la cuenca, y (iv) genera información relevante para la GIRH para todas las partes interesadas.

En el marco de estas acciones el Proyecto ha realizado una serie de muestreos de la calidad de las aguas de la cuenca del Río Sixaola, utilizando para ello –en el territorio costarricense- los servicios de AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A y del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas –IRET-, de la Universidad Nacional de Costa Rica. Adicionalmente, el Proyecto ha contratado a un agrónomo, experto en plaguicidas y exfuncionario de la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (Digecca) del Ministerio del Ambiente y Energía.

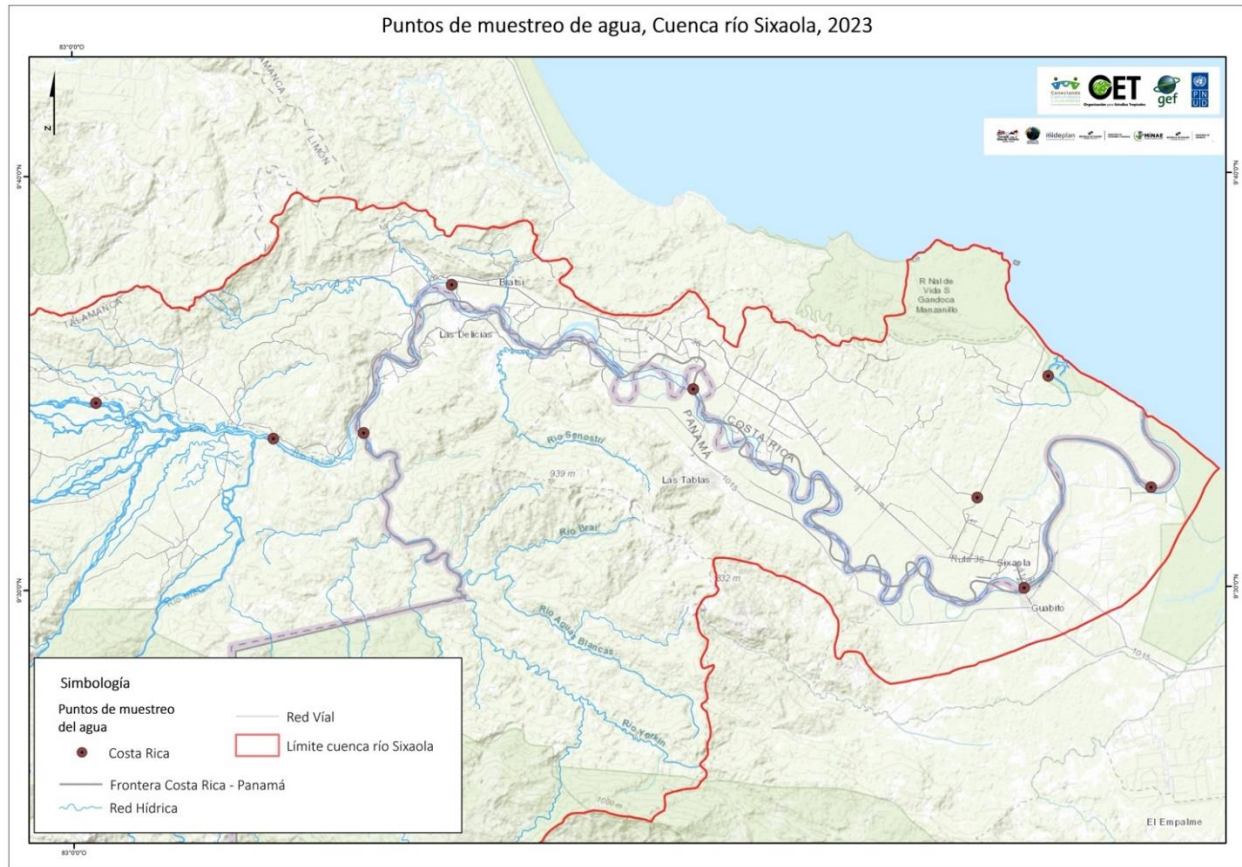
TRES MUESTREOS EN EL RIO SIXAOLA

Los muestreos que se realizaron en el cauce del río Sixaola, en territorio costarricense, en la etapa preparatoria del proyecto, durante 2019, estuvieron a cargo de una empresa acreditada al efecto de estos estudios y domiciliada en San José, AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A.

En la fase de ejecución se han realizado dos muestreos más –durante 2022 y durante 2023- que estuvieron a cargo – para territorio costarricense- del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional. IRET es un centro de investigación con proyección nacional, regional e internacional que ha contribuido al conocimiento de esta materia en los últimos años con varias publicaciones realizadas en variadas revistas científicas.

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

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.



ANÁLISIS DEL MONITOREO DE PLAGUICIDAS EN EL RÍO SIXAOLA

Una vez ejecutados los dos primeros análisis de residuos de plaguicidas en el río Sixaola (2019 y 2022) se realizó un análisis de los hallazgos en laboratorios. El mismo estuvo a cargo del Ph. D. Elidier Vargas Castro, experto en plaguicidas y exfuncionario de la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (Digeqa) del Ministerio del Ambiente y Energía.

Asimismo, el experto ha realizado asimismo una revisión preliminar de los nuevos resultados obtenidos por el IRET en muestras del 2023.

De tal manera el presente Informe Técnico resume los hallazgos de residuos de plaguicidas que han ocurrido a lo largo de los tres muestreos en el río Sixaola (2019, 2022 y 2023), en territorio costarricense, así como una interpretación técnica de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

Incluye como Anexos la totalidad de los informes de laboratorios realizados, así como un primer análisis de los mismos, que incluye a los resultados del 2019 y del 2022. Adicionalmente, se han analizado los resultados -en territorio costarricense- del muestreo del 2023 y se incluye esta información en el presente documento.

El proyecto está desarrollando un nuevo informe técnico para los resultados del proceso de muestreo y en un corto plazo se podrá conocer.

Resumen de resultados

ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD DE LOS PLAGUICIDAS

Además de rastrear la presencia de pesticidas en las aguas de la Cuenca del Sixaola, el Proyecto ha determinado si estas ocurren en niveles que afectan la salud de los ecosistemas acuáticos y de sus organismos vivos, sean peces, insectos o plantas, a través de la cooperación 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.

A efectos de determinar la peligrosidad de los plaguicidas en el medio ambiente, se analizó la normativa nacional para determinar cómo se regula cuándo un pesticida está presente en niveles peligrosos para la salud de organismos, ecosistemas y personas. Nuevamente se llega a la conclusión de que las regulaciones relacionadas son débiles, y toman en cuenta solo algunos agroquímicos, por lo que se parte de una realidad que señala que no existe normativa completa para este análisis que contemple los plaguicidas de mayor uso en la agricultura.

De tal forma, para avanzar en el proceso de determinar la peligrosidad de las sustancias que se determinaron como presentes en el río Sixaola, 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, cumpliendo con [recomendaciones de la FAO](#) 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 reúne información sobre cientos de agroquímicos usados en el mundo, a partir de estudios e informes de la Unión Europea (UE) y otras fuentes.

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 calcularon los valores de referencia de Concentraciones Regulatorias Aceptables (RAC), que significan el máximo permitido para proteger los seres vivos acuáticos más sensibles según la peligrosidad de cada plaguicida. Como ya se indicó, esta peligrosidad es conocida a través de la mencionada base de datos de la Universidad de Hertfordshire. La peligrosidad se vincula a los efectos sobre peces, macroinvertebrados acuáticos, organismos que viven en los sedimentos de los ríos, plantas acuáticas, algas, entre otros. Estos efectos, es decir los niveles de peligrosidad pueden ser agudos (más inmediatos) o crónicos (durante un mayor plazo de tiempo).

Atendiendo a la metodología (Concentraciones Regulatorias Aceptables (RAC)) de la Unión Europea que 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), y con los datos disponibles para cada producto, se diseñó una base de datos propia para este análisis, que arroja los RAC para cada uno de los plaguicidas de interés. Para este análisis 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.

Como resultado de la aplicación de la metodología RAC, la base de datos desarrollada -en el programa Excel- reporta alertas que evidencia que una sustancia está presente en el cuerpo de agua en una concentración mayor a la de las Concentraciones Regulatorias Aceptables (RAC). Adicionalmente, se incluyen en la base de datos otros valores de referencia además del RAC, cuando estos están disponibles en otras fuentes oficiales como la US-EPA, las autoridades ambientales de Canadá y de otros países. Como ejemplo de estas fuentes se puede mencionar al del Departamento de Protección Ambiental del Estado de Florida.

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:

1. 2,4-D
2. **Azoxistrobina**
3. **Clotianidina**
4. Glifosato
5. Pirimetanil
6. **Terbutrina**
7. 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. De estos 23 plaguicidas, 3 tenían residuos en niveles superiores a las normas de referencia consultadas. Estos plaguicidas 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). Estas concentraciones determinadas para estos 3 plaguicidas resultan de preocupación por cuanto podrían estar dañando a organismos acuáticos que no son objetivo de control de los 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. En los primeros 5 puntos de muestreo, que corresponden a la zona más alta de la cuenca estudiada, no se encontraron residuos de plaguicidas en niveles de preocupación.
4. 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.
5. 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: () Se señala "nivel de preocupación" cuando la concentración encontrada del 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 7 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. Así también es preocupante el efecto sinérgico adverso que puedan tener los plaguicidas para 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 evidencias y 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. En el año 2023 se detectaron residuos de 6 plaguicidas que no habían aparecido en muestreos previos
3. Sigue sin observarse un patrón histórico de presencia de plaguicidas a lo largo de la cuenca.
4. De estos 26 plaguicidas detectados o evidenciados en el monitoreo del 2023, 9 tenían residuos en niveles superiores a las normas de referencia consultadas.
5. 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.
6. 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.
7. En el punto 6, Quebrada Quebrada 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.
8. 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. Se puede afirmar, entonces, que 17 distintos plaguicidas están poniendo en riesgo organismos no objetivo que se buscan conservar en ese refugio.
Si bien 6 de estos plaguicidas estuvieron en niveles de trazas, 4 de ellos superaron los niveles críticos de referencia. Estos plaguicidas son: azoxistrobina (herbicida); clotianidina (insecticida neonicotinoide, el cual no está registrado en Costa Rica, pero se puede generar como un metabolito del tiamethoxam¹), 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.
9. 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 Quebrada Caña (desembocadura)	23	8
7. Laguna Gandoca	6	1
8. Río Sixaola puente	4	0

¹ [The fate of thiamethoxam and its main metabolite clothianidin in peaches and the wine-making process - ScienceDirect \(https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132291\)](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132291) Elsevier, VOL 382, 2022,

9. Río Sixaola puente abajo (California)	12	0
--	----	---

Nota: () Se señala "nivel de preocupación" cuando la concentración encontrada del plaguicida en el ambiente supera el valor crítico de referencia, según la toxicidad de cada plaguicida para organismos no objetivo.*

Conclusiones generales

- 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.**
- En el río Sixaola, en tres campañas de muestreo, **se ha detectado en un total de 33 ocasiones, residuos de distintos plaguicidas** (excluyendo la cafeína encontrada).
- En cada campaña realizada se aumenta el número de plaguicidas** y también **aumenta el número de plaguicidas en concentraciones que podrían estar afectando a los organismos acuáticos no objetivo.**
- En los primeros 5 puntos de muestreo**, que corresponden a la zona más alta de la cuenca estudiada, **no se encontraron residuos de plaguicidas en niveles de preocupación.**
- 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.
- Según las evaluaciones de peligrosidad y riesgo** realizadas en comparación con normas de referencia de la Unión Europea y Estados Unidos, **13 de los 34 pesticidas encontrados estaban en niveles de concentración que podrían estar afectando a los organismos acuáticos.** Estos plaguicidas son: **azoxistrobina, clorotalonil (el metabolito CTB), clotianidin, diazinón, diuron, fenamifos, fenpropidin, imidacloprid, metsulfuron metil, spiroxamina, terbufos** y su metabolito **terbufos sulfone**, además de **terbutrina**.
- De estos 13 pesticidas, algunos están presentes hasta 6, 18 y 24 veces más de lo aceptable** según la norma de referencia empleada.
- 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.
- 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.
- 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.

11. Especial mención requieren los resultados de **la Quebrada Queiebra Caña**, que en los 3 muestreos realizados en su desembocadura presentó residuos de plaguicidas. Si bien **en 2019 presentó solo un tipo de residuo de plaguicida (con concentración en nivel de preocupación)**, **en 2022 se presentaron 11 residuos de plaguicidas (con 1 en concentración en nivel de preocupación) y en 2023 se reportaron 23 residuos de plaguicidas (8 con concentración niveles de preocupación).**
12. **Es muy preocupante la alta detección de residuos de plaguicidas en la laguna Gandoca, parte del Refugio Mixto de Vida Silvestre Gandoca Manzanillo, además de estar bajo declaratoria de Humedal de importancia internacional (sitio Ramsar).** En el muestreo del 2019 se detectaron 2 residuos de plaguicidas en ella. En el 2022, se detectaron 6 residuos de plaguicidas, 3 de ellos con concentraciones en niveles de preocupación y en el 2023 se detectaron, nuevamente, 6 residuos de plaguicidas en esta Área Silvestre Protegida con 1 de ellos en niveles de preocupación; 4 de ellos por primera vez.
Por ello, se puede afirmar que 16 distintos plaguicidas están poniendo en riesgo organismos no objetivo que se buscan conservar en la Laguna Gandoca.
13. Tanto para la Quebrada Queiebra Caña como para la Laguna Gandoca no sólo resultan preocupantes los altos números 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.

ANEXOS

FUENTES DOCUMENTALES

- a. Project Preparation Studies_Water Quality Analysis Sixaola Basin.Resultados de análisis de laboratorio. AGQ LABS, 2019. San José, Costa Rica. 18 pp.
- b. MONITOREO FÍSICO Y QUÍMICO DE LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SIXAOLA, Diciembre, 2022, M.Sc. Silvia Echeverría-Sáenz & M.Sc. Clemens Ruedert, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 16 pp
- c. ANALISIS DEL MONITOREO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA BINACIONAL DEL RIO SIXAOLA (2019 A 2023). Dr. Elidier Vargas C. Informe Consultoría. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. 56 pp
- d. MONITOREO FÍSICO Y QUÍMICO DE LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SIXAOLA, noviembre, 2023, M.Sc. Silvia Echeverría-Sáenz & M.Sc. Clemens Ruedert, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 16 pp

REPORTE DE LABORATORIO
AGQLabs
2019





Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL	Registrada en:	AGQ Costa Rica	Cliente:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Estudio	MIT-19/00555	Centro Análisis:	AGQ Costa Rica	Domicilio:	San José, San José, Pavas Zona Industrial Pavas Oficentro La Virgen, Edificio 1
PNT Muestreo				Cod Cliente:	146349
Cliente 3º:	----			Contrato:	CRI19-0884

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

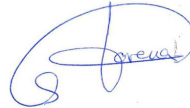
Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Pamela BE
Pamela Badilla Escalante



P. A.
Francisco Jose Silva Postigo



Lorena Garcia Garcia

FECHA EMISIÓN: 03/01/2020

OBSERVACIONES:

PE-666 DILUCIÓN 5 POR MATRIZ COMPLEJA.

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

AGQ COSTA RICA

Local B2 frente C. España, Sabana Norte - San José, C. R.

T: +506 2232 1727

F: +506 2232 0832

atencioncliente@agq.co.cr

agqlabs.cr

1/18

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción	A-19/110163 P1 Sixaola CR_Telire	A-19/110164 P2 Sixaola CR_Telire después de Uren	A-19/110165 P3 Sixaola CR_Yorkin	A-19/110166 P4 Sixaola CR_Sixaola/Carbo n	A-19/110167 P5 Sixaola CR_Sixaola/Marg arita	A-19/110169 P6 Sixaola CR_ Drenaje Washout	A-19/110170 P7 Sixaola CR_Quiebra Caña	A-19/110171 P8 Sixaola CR/PN_Puente Sixaola		
Parámetro	Incert	Unidades								
Aniones -										
* Nitratos	± 20 %	mg/L	0,59	0,61	< 0,20	< 0,20	0,53	638	< 0,20	< 0,20
Mediciones In Situ										
* Oxígeno Disuelto	-	mg/L O2	7,55	7,29	7,42	8,95	8,56	4,43	6,21	7,76
pH	± 1 %		7,32	7,32	7,27	7,52	7,02	7,18	7,19	7,20
Temperatura	± 7 %	°C	25,6	25,2	26,1	23,5	24,6	26,3	25,0	25,3
Parámetros Físico-Químicos										
Aceites y Grasas	± 5 %	mg/L	< 4,0	< 4,0	< 4,0	< 4,0	< 4,0	< 4,0	< 4,0	< 4,0
DBO5	± 4 %	mg/L O2	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	7,1	< 2,0
DQO	± 11 %	mg/L	< 8,0	< 8,0	< 8,0	< 8,0	< 8,0	< 8,0	19	< 8,0
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	± 10 %	mg/L	6,0	6,0	< 3,0	12,0	12,0	33,0	5,0	34,0
Sustancias Activas al Azul de Metileno	± 10 %	mg/L	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08
Turbidez	± 9 %	NTU	4,00	6,70	3,40	8,80	11,0	38,0	22,0	29,0
Formas Nitrogenadas/Fosforadas										
*1 Nitrógeno Amoniacal	± 14 %	mg/L N	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05	0,06	< 0,04
Cationes +										
*1 Amonio	± 20 %	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,07	0,07	< 0,05
*2 Calcio Total	-	mg/L	21,7	16,3	20,3	14,9	19,1	24,0	4,56	18,6
*2 Magnesio Total	-	mg/L	3,92	3,03	3,23	2,84	3,65	4,56	3,18	4,00
*2 Potasio Total	-	mg/L	3,41	2,27	< 1,00	< 1,00	2,54	3,64	2,94	2,76
*2 Sodio Total	-	mg/L	5,58	5,06	5,73	4,45	5,46	6,00	18,7	5,31
Aniones -										
* Fosfatos	± 20 %	mg/L	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Metales Totales										
*1 Aluminio Total	± 30 %	µg/L	423	335	154	556	571	2.495	884	2.281
*1 Antimonio Total	± 30 %	µg/L	0,72	0,79	0,81	0,79	0,82	0,83	0,74	0,81
*1 Arsénico Total	± 30 %	µg/L	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25
*1 Bario Total	± 30 %	µg/L	22	18	23	23	24	54	30	34
*1 Berilio Total	± 30 %	µg/L	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
*1 Boro Total	± 30 %	µg/L	12,9	13,8	17,7	13,5	13,9	11,8	23,6	10,3
*1 Cadmio Total	± 30 %	µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,98
*1 Cobalto Total	± 30 %	µg/L	0,2	0,2	< 0,1	0,3	0,3	1,0	0,4	0,8
*1 Cobre Total	± 30 %	µg/L	2,28	2,02	< 1,25	2,52	2,87	9,48	4,46	6,35
*1 Cromo Total	± 30 %	µg/L	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25
*1 Estaño Total	± 30 %	µg/L	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50
*1 Estroncio Total	± 30 %	µg/L	154	114	105	107	115	209	41,1	108
*1 Hierro Total	± 30 %	µg/L	363	302	181	557	605	2.532	1.905	1.742

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

N° de Referencia Descripción	A-19/110163 P1 Sixaola CR_Telire	A-19/110164 P2 Sixaola CR_Telire después de Uren	A-19/110165 P3 Sixaola CR_Yorkin	A-19/110166 P4 Sixaola CR_Sixaola/Carbo n	A-19/110167 P5 Sixaola CR_Sixaola/Marg arita	A-19/110169 P6 Sixaola CR_ Drenaje Washout	A-19/110170 P7 Sixaola CR_Quiebra Caña	A-19/110171 P8 Sixaola CR/PN_Puente Sixaola
---------------------------------	--	---	--	--	---	--	--	--

Parámetro	Incert	Unidades
-----------	--------	----------

Metales Totales

Parámetro	Incert	Unidades	A-19/110163	A-19/110164	A-19/110165	A-19/110166	A-19/110167	A-19/110169	A-19/110170	A-19/110171
*1 Litio Total	± 30 %	µg/L	2	1	0,5	0,6	2	3	2	2
*1 Manganeso Total	± 30 %	µg/L	14,9	17,2	17,4	22,5	38,8	110	33,4	53,4
*1 Mercurio Total	± 30 %	µg/L	2,36	1,81	5,70	3,32	6,12	4,65	< 0,10	5,72
*1 Molibdeno Total	± 30 %	µg/L	0,4	0,5	0,7	0,5	0,5	0,4	< 0,3	0,4
*1 Níquel Total	± 30 %	µg/L	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50
*1 Plata Total	± 30 %	µg/L	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
*1 Plomo Total	± 30 %	µg/L	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	515
*1 Selenio Total	± 30 %	µg/L	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25
*1 Talio Total	± 30 %	µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
*1 Titanio Total	± 30 %	µg/L	11,4	8,79	4,08	16,1	17,5	51,0	12,4	51,6
*1 Vanadio Total	± 30 %	µg/L	4	3	3	4	4	6	4	6
*1 Zinc Total	± 30 %	µg/L	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	25,5	< 25,0	< 25,0

Microbiología

A Coliformes Fecales por NMP	-	NMP/100mL	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto
------------------------------	---	-----------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Plaguicidas

* Benalaxil (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Diclorvos	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Flusilazol	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Folpet	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Metalaxil (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Pentaclorobenceno	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Piridabén	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Pirimetanil	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	0,0034	< 0,0125	< 0,0025
* Propizamida	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Suma Plaguicidas GC	-	µg/L	0,0123	0,0179	0,0178	0,0085	0,0146	0,1064	0,0272	0,0073
* Suma Plaguicidas LC	-	µg/L	0,014	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Suma Total Plaguicidas	-	µg/L	0,0266	0,0179	0,0178	0,0085	0,0146	0,1064	0,0272	0,0073

Plaguicidas Organofosforados

* Azinfos Metil	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Cadusafos	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Clorfenvinfós	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Clorpirifos	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Diazinón	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Dimetoato (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Disulfoton (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Etion	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Etoprofos	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Fenamifos (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción	A-19/110163 P1 Sixaola CR_Telire	A-19/110164 P2 Sixaola CR_Telire después de Uren	A-19/110165 P3 Sixaola CR_Yorkin	A-19/110166 P4 Sixaola CR_Sixaola/Carbo n	A-19/110167 P5 Sixaola CR_Sixaola/Marg arita	A-19/110169 P6 Sixaola CR_ Drenaje Washout	A-19/110170 P7 Sixaola CR_Quiebra Caña	A-19/110171 P8 Sixaola CR/PN_Puente Sixaola	
Parámetro	Incert	Unidades							
Plaguicidas Organofosforados									
* Fensulfotion	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Fention (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Forato	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Glifosato	-	µg/L	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
* Malation (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Metidatión	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Ometoato	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Oxifluorfen	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Paration Etil	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Paration Metil (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Prothiofos	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Sulprofos	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Tricloronato	-	µg/L	< 0,0250	< 0,0250	< 0,0250	< 0,0250	< 0,0250	< 0,0125	< 0,0250
Plaguicidas Organoclorados									
* 2,4,5-T	-	µg/L	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
* Alacloro	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Aldrin (SP)	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Alfa-HCH	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Beta-HCH	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Clordano Cis	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Clordano Trans	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Clortalonil	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Clortal Dimetil	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Delta-HCH	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Dicofol p,p'	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Dieldrin (SP)	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Endosulfan II	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Endosulfan Sulfato	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Endrin Aldehido	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Endrin Cetona	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Endrin	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Heptacloro (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Heptacloro Epóxido (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Hexaclorobenceno	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Isodrin	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Lindano	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Metolacloro	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Metoxicloro	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Mirex	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* p,p-DDD	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción	A-19/110163 P1 Sixaola CR_Telire	A-19/110164 P2 Sixaola CR_Telire después de Uren	A-19/110165 P3 Sixaola CR_Yorkin	A-19/110166 P4 Sixaola CR_Sixaola/Carbo n	A-19/110167 P5 Sixaola CR_Sixaola/Marg arita	A-19/110169 P6 Sixaola CR_ Drenaje Washout	A-19/110170 P7 Sixaola CR_Quiebra Caña	A-19/110171 P8 Sixaola CR/PN_Puente Sixaola		
Parámetro	Incert	Unidades								
Plaguicidas Organoclorados										
* p,p-DDE	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* p,p-DDT	-	µg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0020	< 0,0004
* Propanil	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Tetradifón	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Vinclozolina (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
Plaguicidas Organonitrogenados										
* Ametrina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Atrazina Desetil	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Atrazina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Bromacilo	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Cimoxanilo	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Ciproconazol	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Desetil Terbumetona	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Desetil Terbutilazina	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Diflufenicán	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* EPTC	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Metamitrona	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Metribuzina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Miclobutanil	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Pendimetalina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Prometrina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Propazina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Simazina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Simetrina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Tebuconazol	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Terbumeton	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Terbutilazina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Terbutrin	-	µg/L	0,0123	0,0179	0,0178	0,0085	0,0146	0,1031	0,0272	0,0073
* Trialato	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Trietazina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Trifluralina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
Carbamatos										
* Aldicarb (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Aldicarb Sulfona	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Carbaril	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Carbofuran (SP/SQ)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Metiocarb (SP)	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Oxamilo	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Tiocarbamatos										

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción	A-19/110163 P1 Sixaola CR_Telire	A-19/110164 P2 Sixaola CR_Telire después de Uren	A-19/110165 P3 Sixaola CR_Yorkin	A-19/110166 P4 Sixaola CR_Sixaola/Carbo n	A-19/110167 P5 Sixaola CR_Sixaola/Marg arita	A-19/110169 P6 Sixaola CR_ Drenaje Washout	A-19/110170 P7 Sixaola CR_Quiebra Caña	A-19/110171 P8 Sixaola CR/PN_Puente Sixaola		
Parámetro	Incert	Unidades								
Tiocarbamatos										
* Molinato	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
Piretroides										
* Cipermetrina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Permetrina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
Plaguicidas Fenilureicos										
* Clortoluron	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Diuron	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Isoproturón	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Linurón	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Otros Plaguicidas										
* 2,4-D (SP)	-	µg/L	0,014	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* 2,4-DB	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Acetamiprid	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Azitromicina	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Azoxistrobina	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Bentazona (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Bifenox	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Captan	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Carbendazima	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Cianazina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Ciburtrina	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Claritromicina	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Clodinafop Propargil Ester	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Clotianidin	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Coumafos	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Demeton-S-Metil (SP)	-	µg/L	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
* Diclorprop	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Eritromicina A	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Imidacloprid	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* MCPA (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Oxadiazón	-	µg/L	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0125	< 0,0025
* Piridato	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Quinoxifen	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Thiametoxam (Suma)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Tiacloprid	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

AGQ COSTA RICA

Local B2 frente C. España, Sabana Norte - San José, C. R.

T: +506 2232 1727

F: +506 2232 0832

atencioncliente@agq.co.cr

agqlabs.cr

6/18

Estudio		MIT-19/00555							Tipo Muestra: AGUA SUPERFICIAL		
RESULTADOS ANALITICOS											
Nº de Referencia	A-19/110172		A-19/110173		A-19/110174		A-19/110176		A-19/110177		
Descripción	P9 Sixaola		P10 Sixaola		P11 Sixaola		P12 Sixaola		P13 Sixaola PN_		
	CR/PN_Puente		Laguna Gandoca		PN_Drenaje Rio		PN_Humedal San		Humedal San San		
	Sixaola abajo				Negro		San Entrada		Laguna		
							Bomba				
Parámetro	Incert	Unidades									
Aniones -											
* Nitratos	± 20 %	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,35			
Mediciones In Situ											
Oxígeno Disuelto	-	mg/L O2	4,24	5,48	8,87	4,88	1,70				
pH	± 1 %		6,94	6,51	6,96	6,80	6,65				
Temperatura	± 7 %	°C	26,3	24,7	25,6	26,5	26,7				
Parámetros Físico-Químicos											
Aceites y Grasas	± 5 %	mg/L	< 4,0	< 4,0	< 4,0	< 4,0	< 4,0				
DBO5	± 4 %	mg/L O2	< 2,0	4,0	4,7	< 2,0	4,6				
DQO	± 11 %	mg/L	< 8,0	17	25	< 8,0	14				
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	± 10 %	mg/L	13,0	10,0	< 3,0	7,0	4,0				
Sustancias Activas al Azul de Metileno	± 10 %	mg/L	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08				
Turbidez	± 9 %	NTU	16,0	13,0	3,70	5,80	7,50				
Formas Nitrogenadas/Fosforadas											
*1 Nitrógeno Amoniacal	± 14 %	mg/L N	< 0,04	< 0,04	0,09	< 0,04	< 0,04				
Cationes +											
*1 Amonio	± 20 %	mg/L	< 0,05	< 0,05	0,11	< 0,05	< 0,05				
*2 Calcio Total	-	mg/L	19,5	20,0	14,6	30,8	22,9				
*2 Magnesio Total	-	mg/L	5,71	8,08	18,5	5,36	7,29				
*2 Potasio Total	-	mg/L	3,31	5,86	8,04	3,21	4,33				
*2 Sodio Total	-	mg/L	7,95	13,1	118	7,54	10,1				
Aniones -											
* Fosfatos	± 20 %	mg/L	< 0,50	0,99	< 0,50	< 0,50	< 0,50				
Metales Totales											
*1 Aluminio Total	± 30 %	µg/L	792	212	125	406	190				
*1 Antimonio Total	± 30 %	µg/L	0,84	0,85	1,11	0,86	0,89				
*1 Arsénico Total	± 30 %	µg/L	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	1,29				
*1 Bario Total	± 30 %	µg/L	34	46	22	30	33				
*1 Berilio Total	± 30 %	µg/L	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3				
*1 Boro Total	± 30 %	µg/L	23,1	42,8	70,4	22,7	23,9				
*1 Cadmio Total	± 30 %	µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05				
*1 Cobalto Total	± 30 %	µg/L	0,7	0,7	0,2	0,3	0,4				
*1 Cobre Total	± 30 %	µg/L	4,21	3,45	3,70	2,05	4,07				
*1 Cromo Total	± 30 %	µg/L	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25				
*1 Estaño Total	± 30 %	µg/L	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50				
*1 Estroncio Total	± 30 %	µg/L	154	119	164	153	169				

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

N° de Referencia Descripción	A-19/110172 P9 Sixaola CR/PN_Puente Sixaola abajo	A-19/110173 P10 Sixaola Laguna Gandoca	A-19/110174 P11 Sixaola PN_Drenaje Rio Negro	A-19/110176 P12 Sixaola PN_Humedal San San Entrada Bomba	A-19/110177 P13 Sixaola PN_ Humedal San San Laguna
---------------------------------	--	--	---	--	---

Parámetro	Incert	Unidades
-----------	--------	----------

Metales Totales

Parámetro	Incert	Unidades	A-19/110172	A-19/110173	A-19/110174	A-19/110176	A-19/110177
*1 Hierro Total	± 30 %	µg/L	1.591	2.663	1.258	728	1.319
*1 Litio Total	± 30 %	µg/L	1	1	3	1	2
*1 Manganeso Total	± 30 %	µg/L	336	528	145	220	471
*1 Mercurio Total	± 30 %	µg/L	9,65	7,85	8,75	4,79	5,98
*1 Molibdeno Total	± 30 %	µg/L	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
*1 Níquel Total	± 30 %	µg/L	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50	< 2,50
*1 Plata Total	± 30 %	µg/L	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
*1 Plomo Total	± 30 %	µg/L	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50
*1 Selenio Total	± 30 %	µg/L	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25	< 1,25
*1 Talio Total	± 30 %	µg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
*1 Titanio Total	± 30 %	µg/L	24,4	8,50	3,51	16,1	5,58
*1 Vanadio Total	± 30 %	µg/L	4	4	2	4	2
*1 Zinc Total	± 30 %	µg/L	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0

Microbiología

A Coliformes Fecales por NMP	-	NMP/100mL	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto	Ver anexo adjunto
------------------------------	---	-----------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

Plaguicidas

* Benalaxil (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
*2 Diclórovos	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Flusilazol	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Folpet	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Metalaxil (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Pentaclorobenceno	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020
* Piridabén	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Pirimetanil	-	µg/L	< 0,0125	0,0530	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Propizamida	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Suma Plaguicidas GC	-	µg/L	0,0284	0,0530	0,0183	0,0271	< 0,0005
*2 Suma Plaguicidas LC	-	µg/L	0,059	1,27	0,044	0,021	0,065
* Suma Total Plaguicidas	-	µg/L	0,0877	1,324	0,0627	0,0485	0,0646

Plaguicidas Organofosforados

* Azinfos Metil	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
*2 Cadusafofos	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Clorfenvinfos	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Clorpirifos	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Diazinón	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
*2 Dimetoato (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*2 Disulfoton (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Etion	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125
* Etoprofos	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

N° de Referencia	A-19/110172	A-19/110173	A-19/110174	A-19/110176	A-19/110177
Descripción	P9 Sixaola	P10 Sixaola	P11 Sixaola	P12 Sixaola	P13 Sixaola PN_
	CR/PN_Puente	Laguna Gandoca	PN_Drenaje Rio	PN_Humedal San	Humedal San San
	Sixaola abajo		Negro	San Entrada	Laguna
				Bomba	

Parámetro	Incert	Unidades							
Plaguicidas Organofosforados									
* Fenamifos (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
*2 Fensulfotion	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010		
*2 Fention (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010		
*2 Forato	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010		
* Glifosato	-	µg/L	< 0,05	0,10	0,09	< 0,05	< 0,05		
* Malation (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Metidati6n	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
*2 Ometoato	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010		
* Oxifluorf6n	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Paration Etil	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Paration Metil (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Prothiofos	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Sulprofos	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Tricloronato	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0250	< 0,0125		
Plaguicidas Organoclorados									
*2 2,4,5-T	-	µg/L	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100		
* Alacloro	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Aldr6n (SP)	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Alfa-HCH	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Beta-HCH	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Clordano Cis	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Clordano Trans	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Clortalonil	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Clortal Dimetil	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Delta-HCH	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Dicofol p,p'	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Dieldrin (SP)	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Endosulfan II	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Endosulfan Sulfato	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Endrin Aldehido	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Endrin Cetona	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Endrin	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Heptacloro (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Heptacloro Ep6xido (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Hexaclorobenceno	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Isodrin	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Lindano	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020		
* Metolacloro	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		
* Metoxicloro	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125		

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia	A-19/110172	A-19/110173	A-19/110174	A-19/110176	A-19/110177					
Descripción	P9 Sixaola CR/PN_Puente Sixaola abajo	P10 Sixaola Laguna Gandoca	P11 Sixaola PN_Drenaje Rio Negro	P12 Sixaola PN_Humedal San San Entrada Bomba	P13 Sixaola PN_	Humedal San San Laguna				
Parámetro	Incert	Unidades								
Plaguicidas Organoclorados										
* Mirex	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* p,p-DDD	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020			
* p,p-DDE	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020			
* p,p-DDT	-	µg/L	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0004	< 0,0020			
* ² Propanil	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Tetradifón	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Vinclozolina (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
Plaguicidas Organonitrogenados										
* Ametrina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* ² Atrazina Desetil	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Atrazina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* ² Bromacilo	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* ² Cimoxanilo	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Ciproconazol	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* ² Desetil Terbutometona	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* ² Desetil Terbutilazina	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Diflufenicán	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* ² EPTC	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* ² Metamitrona	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Metribuzina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Miclobutanil	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Pendimetalina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Prometrina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Propazina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Simazina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Simetrina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Tebuconazol	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* ² Terbuteton	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Terbutilazina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Terbutrin	-	µg/L	0,0284	< 0,0125	0,0183	0,0271	< 0,0125			
* ² Trialato	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Trietazina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Trifluralina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
Carbamatos										
* ² Aldicarb (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* ² Aldicarb Sulfona	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Carbaril	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* ² Carbofuran (SP/SQ)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Metiocarb (SP)	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia	A-19/110172	A-19/110173	A-19/110174	A-19/110176	A-19/110177					
Descripción	P9 Sixaola CR/PN_Puente Sixaola abajo	P10 Sixaola Laguna Gandoca	P11 Sixaola PN_Drenaje Rio Negro	P12 Sixaola PN_Humedal San San Entrada Bomba	P13 Sixaola PN_	Humedal San San Laguna				
Parámetro	Incert	Unidades								
Carbamatos										
*2 Oxamilo	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010		
Tiocarbamatos										
* Molinato	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
Piretroides										
* Cipermetrina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Permetrina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
Plaguicidas Fenilureicos										
*2 Clortoluron	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Diuron	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Isoproturón	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Linurón	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
Otros Plaguicidas										
*2 2,4-D (SP)	-	µg/L	< 0,010	0,051	< 0,010	0,021	< 0,010			
*2 2,4-DB	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Acetamiprid	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Azitromicina	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Azoxistrobina	-	µg/L	0,033	1,15	0,025	< 0,010	0,051			
*2 Bentazona (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Bifenox	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Captan	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
*2 Carbendazima	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Cianazina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
* Cibutrina	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
*2 Claritromicina	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Clodinafop Propargil Ester	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
*2 Clotianidín	-	µg/L	< 0,010	0,034	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Coumafos	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Demeton-S-Metil (SP)	-	µg/L	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			
*2 Diclorprop	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Eritromicina A	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Imidacloprid	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 MCPA (SP)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
* Oxadiazón	-	µg/L	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0125	< 0,0025	< 0,0125			
*2 Piridato	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Quinoxifen	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*2 Thiametoxam (Suma)	-	µg/L	0,026	0,033	0,019	< 0,010	0,014			
*2 Tiacloprid	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio MIT-19/00555

Tipo Muestra: AGUA SUPERFICIAL

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

(1) Parámetro Acreditado por ENAC n° 305

(2) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-475 emitida por IAS.

Estudio		MIT-19/00555			Tipo Muestra: AGUA SUPERFICIAL	
ANEXO TECNICO						
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Rango		
Aniones -						
* Nitratos	PE-2090	Cromatog Iónica		0,20 - 100 mg/L		
Mediciones In Situ						
Oxígeno Disuelto	SM 4500-O G Ed 23	Electrometría		0,000 - 19,9 mg/L O2		
pH	SM 4500 B Ed 23	Electrometría		0,00 - 14,0		
Temperatura	SM 2550 B Ed 23	Análisis Físico		0,0 - 100 °C		
Parámetros Físico-Químicos						
Aceites y Grasas	SM 5520 B Ed.23	Gravimetría		4,0 - 10.000 mg/L		
DBO5	SM 5210 B Ed 23	Electrometría		2,0 - 55.000 mg/L O2		
DQO	SM 5220 D Ed 23	Espect UV-VIS		8,0 - 1.000 mg/L		
Sólidos Totales en Suspensión (TSS)	SM 2540 D Ed 23	Gravimetría		3,0 - 200.000 mg/L		
Sustancias Activas al Azul de Metileno	SM 5540 C Ed 23	Espect UV-VIS		0,08 - 1,00 mg/L		
Turbidez	SM 2130 B Ed 23	Nefelometría		0,10 - 750 NTU		
Formas Nitrogenadas/Fosforadas						
*1 Nitrógeno Amoniacal	PE-319	Espect UV-VIS		0,04 - 4,00 mg/L N		
Cationes +						
*1 Amonio	PE-319	Espect UV-VIS		0,05 - 5,00 mg/L		
*2 Calcio Total	PE-2107	Espect ICP-OES		0,50 - 100 mg/L		
*2 Magnesio Total	PE-2107	Espect ICP-OES		0,20 - 100 mg/L		
*2 Potasio Total	PE-2107	Espect ICP-OES		1,00 - 200 mg/L		
*2 Sodio Total	PE-2107	Espect ICP-OES		0,50 - 100 mg/L		
Aniones -						
* Fosfatos	PE-2090	Cromatog Iónica		0,50 - 100 mg/L		
Metales Totales						
*1 Aluminio Total	PE-303	Espect ICP-MS		25,0 - 10.000 µg/L		
*1 Antimonio Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,25 - 10.000 µg/L		
*1 Arsénico Total	PE-303	Espect ICP-MS		1,25 - 10.000 µg/L		
*1 Bario Total	PE-303	Espect ICP-MS		5 - 10.000 µg/L		
*1 Berilio Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,3 - 10.000 µg/L		
*1 Boro Total	PE-303	Espect ICP-MS		5,00 - 10.000 µg/L		
*1 Cadmio Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,05 - 10.000 µg/L		
*1 Cobalto Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,1 - 10.000 µg/L		
*1 Cobre Total	PE-303	Espect ICP-MS		1,25 - 10.000 µg/L		
*1 Cromo Total	PE-303	Espect ICP-MS		1,25 - 10.000 µg/L		
*1 Estaño Total	PE-303	Espect ICP-MS		2,50 - 10.000 µg/L		
*1 Estroncio Total	PE-303	Espect ICP-MS		1,00 - 10.000 µg/L		
*1 Hierro Total	PE-303	Espect ICP-MS		25,0 - 10.000 µg/L		
*1 Litio Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,3 - 10.000 µg/L		
*1 Manganeseo Total	PE-303	Espect ICP-MS		2,50 - 10.000 µg/L		
*1 Mercurio Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,10 - 10.000 µg/L		
*1 Molibdeno Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,3 - 1.000 µg/L		

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Rango
*1 Níquel Total	PE-303	Espect ICP-MS		2,50 - 10.000 µg/L
*1 Plata Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,50 - 500 µg/L
*1 Plomo Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,50 - 10.000 µg/L
*1 Selenio Total	PE-303	Espect ICP-MS		1,25 - 10.000 µg/L
*1 Talio Total	PE-303	Espect ICP-MS		0,05 - 10.000 µg/L
*1 Titanio Total	PE-303	Espect ICP-MS		2,50 - 10.000 µg/L
*1 Vanadio Total	PE-303	Espect ICP-MS		1 - 10.000 µg/L
*1 Zinc Total	PE-303	Espect ICP-MS		25,0 - 10.000 µg/L

Microbiología

A Coliformes Fecales por NMP	PS-8001	Subcontrat		1,80 - 1.600 NMP/100mL
------------------------------	---------	------------	--	------------------------

Plaguicidas

* Benalaxil (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
*2 Diclorvos	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
* Flusilazol	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Folpet	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Metalaxil (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Pentaclorobenceno	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 0,1000 µg/L
* Piridabén	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Pirimetanil	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Propizamida	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Suma Plaguicidas GC	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0005 - 195,0 µg/L
*2 Suma Plaguicidas LC	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 29,0 µg/L
* Suma Total Plaguicidas	PE-000			0,0004 - 2,500 µg/L

Plaguicidas Organofosforados

* Azinfos Metil	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
*2 Cadusafos	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
* Clorfenvinfós	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Clorpirifós	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Diazinón	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
*2 Dimetoato (SP)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Disulfoton (SP)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
* Etion	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Etoprofos	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Fenamifos (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
*2 Fensulfoton	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Fention (SP)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Forato	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
* Glifosato	PE-679	Cromatog LC/MS-MS		0,05 - 2,00 µg/L
* Malation (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Metidatió	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
*2 Ometoato	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
* Oxifluorén	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Paration Etil	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Paration Metil (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
* Prothiofos	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HM-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555				Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Rango		
* Sulprofos	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Tricloronato	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
Plaguicidas Organoclorados						
* ² 2,4,5-T	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,0100 - 0,5000 µg/L		
* Alacloro	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Aldrín (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Alfa-HCH	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Beta-HCH	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Clordano Cis	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Clordano Trans	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Clorotalonil	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Clortal Dimetil	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Delta-HCH	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Dicofol p,p'	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Dieldrin (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Endosulfan II	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Endosulfan Sulfato	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Endrin Aldehido	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Endrin Cetona	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Endrin	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Heptacloro (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Heptacloro Epóxido (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Hexaclorobenceno	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Isodrin	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Lindano	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* Metolacloro	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Metoxicloro	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Mirex	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* p,p-DDD	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* p,p-DDE	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* p,p-DDT	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0020 - 2,500 µg/L		
* ² Propanil	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Tetradifón	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Vinclozolina (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
Plaguicidas Organonitrogenados						
* Ametrina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² Atrazina Desetil	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Atrazina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² Bromacilo	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Cimoxanilo	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Ciproconazol	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² Desetil Terbutetona	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Desetil Terbutilazina	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Diflufenicán	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² EPTC	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555				Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Rango		
* ² Metamitrona	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Metribuzina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Miclobutanil	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Pendimetalina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Prometrina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Propazina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Simazina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Simetrina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Tebuconazol	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² Terbumeton	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Terbutilazina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Terbutrin	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² Trialato	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Trietazina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Trifluralina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
Carbamatos						
* ² Aldicarb (SP)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Aldicarb Sulfona	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Carbaril	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² Carbofuran (SP/SQ)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Metiocarb (SP)	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² Oxamilo	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
Tiocarbamatos						
* Molinato	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
Piretroides						
* Cipermetrina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Permetrina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
Plaguicidas Fenilureicos						
* ² Clortoluron	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Diuron	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Isoproturón	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Linurón	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
Otros Plaguicidas						
* ² 2,4-D (SP)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² 2,4-DB	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Acetamiprid	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Azitromicina	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Azoxistrobina	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* ² Bentazona (SP)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Bifenox	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Captan	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* ² Carbendazima	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L		
* Cianazina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		
* Cibutrina	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L		

Permiso de funcionamiento AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A. CS-ARS-HMR-5180-17 con vencimiento el 29/09/2022. Metodología de análisis: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. 2017

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Rango
*2 Claritromicina	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
* Clodinafop Propargil Ester	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
*2 Clotianidín	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Coumafos	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Demeton-S-Metil (SP)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,0100 - 0,5000 µg/L
*2 Diclorprop	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Eritromicina A	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Imidacloprid	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 MCPA (SP)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
* Oxadiazón	PE-666	Cromatog CG/MS		0,0125 - 2,500 µg/L
*2 Piridato	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Quinoxifen	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Thiametoxam (Suma)	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L
*2 Tiacloprid	PE-678	Cromatog LC/MS-MS		0,010 - 0,500 µg/L

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos. Para los parámetros de radiactividad el valor del rango corresponde al AMD.

(1) Parámetro Acreditado por ENAC n° 305

(2) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-475 emitida por IAS.

Estudio	MIT-19/00555	Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL
---------	--------------	---------------	------------------

MUESTRAS

	Punto de Muestreo	Fecha/Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Coordenadas x,y	Fecha Inicio	Fecha Recepción	Análisis	Muestreado por
A-19/110163		02/12/2019			03/12/2019	03/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110164		02/12/2019			03/12/2019	03/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110165		03/12/2019			04/12/2019	04/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110166		03/12/2019			04/12/2019	04/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110167		04/12/2019			05/12/2019	05/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110169		02/12/2019			03/12/2019	03/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110170		02/12/2019			03/12/2019	03/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110171		02/12/2019			03/12/2019	03/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110172		04/12/2019			05/12/2019	05/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110173		04/12/2019			05/12/2019	05/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110174		04/12/2019			05/12/2019	05/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110176		04/12/2019			05/12/2019	05/12/2019	146349A-1	Personal AGQ
A-19/110177		04/12/2019			05/12/2019	05/12/2019	146349A-1	Personal AGQ

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

**IRET
REPORTE No. 1**

2022





Proyecto

“Hacia la Gestión Integrada del Recurso Hídrico transfronterizo de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá”

MONITOREO FÍSICO Y QUÍMICO DE LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SIXAOLA

Diciembre, 2022

Elaboración técnica: M.Sc. Silvia Echeverría-Sáenz & M.Sc. Clemens Ruepert

Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET).

silvia.echeverria.saenz@una.ac.cr; clemens.ruepert@una.cr

<http://www.iret.una.ac.cr/>

Telf.: (506) 22773584

Copyright: © 2022. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Esta publicación puede citarse sin previa autorización con la condición de que se mencione la autoría correspondiente.

Firma Responsables Técnicos

Contenido

Introducción	3
Metodología	4
Parámetros físico-químicos	6
Índice de calidad de las aguas	7
Metodología del análisis de residuos de plaguicidas	8
Resultados y Discusión	9
Calidad Fisicoquímica del agua:	9
Análisis de residuos de plaguicidas:	11
Conclusiones:	13
Recomendaciones:	14

Introducción

Según la UNESCO (2020), se dispone de suficiente agua para abastecer a la comunidad mundial, sin embargo, debido al mal manejo y falta de gobernanza del recurso hídrico, se considera que hay una crisis a nivel mundial. La preocupación por el faltante de recursos hídricos es un tema muy relevante por la contaminación y extracción desmedida del agua en algunas regiones del planeta y además, Vörösmarty *et al.* (2010), menciona que el 65% de la descarga global de los ríos y el hábitat acuático se encuentra bajo amenaza moderada y alta.

Costa Rica no es una excepción, se conoce que en el país el mal manejo de aguas residuales industriales y domésticas en zonas urbanas, así como la contaminación difusa por sedimentos y agroquímicos en zonas rurales, han sido de las principales fallencias en temas de protección ambiental y de saneamiento de recurso hídrico (Alpizar, 2018).

La cuenca Binacional del Río Sixaola ha sido objeto de varias investigaciones relacionadas con monitoreo de calidad de agua y contaminación en el transcurso de los años (Polidoro et al. 2008; Morra et al. 2009; Polidoro y Morra 2016; Gutiérrez-Acuña 2019; Badilla et al. 2020). Esta cuenca tiene un interés particular, pues atañe a las jurisdicciones de dos países, que son Costa Rica y Panamá. La cuenca ha sido utilizada por la población de ambos países para sus actividades recreativas, culturales, comerciales e incluso de transporte, pues el Río Sixaola tiene grandes secciones navegables que han servido para el tránsito e intercambio de productos, tanto a lo interno de cada país, como para la exportación (Porrás, 2016).

A lo largo de la cuenca existen diversas actividades productivas agrícolas, como el cultivo de plátano, de pequeña y gran escala, banano de tipo monocultivo convencional y orgánico de muy pequeña escala, así como también hay cultivos de cacao, hortalizas y pastos, pero también hay seis territorios indígenas, centros urbanos y áreas naturales protegidas (Porrás, 2016), todos ellos usuarios de las aguas del río, ya sea para fines de obtención de agua, como para transporte de mercadería o insumos, así como para el manejo de sus desechos.

Debido a la preocupación por las condiciones de calidad del agua en esta cuenca, se conformó un grupo de trabajo para realizar un monitoreo de varios cuerpos de agua con diferente grado de intervención en la cuenca y generar información actualizada para que esté disponible en la toma de decisiones. Este Monitoreo está circunscrito al Proyecto “*Hacia la Gestión Integrada del Recurso Hídrico transfronterizo de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá*” y su objetivo es el de evaluar y clasificar la calidad del agua, así como identificar las fuentes de contaminación en la cuenca del Río Sixaola.

Los resultados del informe en cuestión generan datos valiosos para la planificación y organización, así como la comunicación con los actores clave de la cuenca binacional del Río Sixaola. La calidad del agua en estos puntos y las acciones que se tomen para mejorarla en

el futuro, inciden en el reporte de cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que el país debe entregar a la ONU, especialmente relacionados están los ODS 3, 6, 12, 14 y 15.

Metodología

Se realizó un muestreo puntual en la cuenca del Río Sixaola entre el 06-08 de diciembre del año 2022, abarcando 9 puntos de muestreo distribuidos en la parte alta, media y baja de la Cuenca Binacional del Río Sixaola, Costa Rica, de acuerdo con la descripción indicada en el cuadro 1.

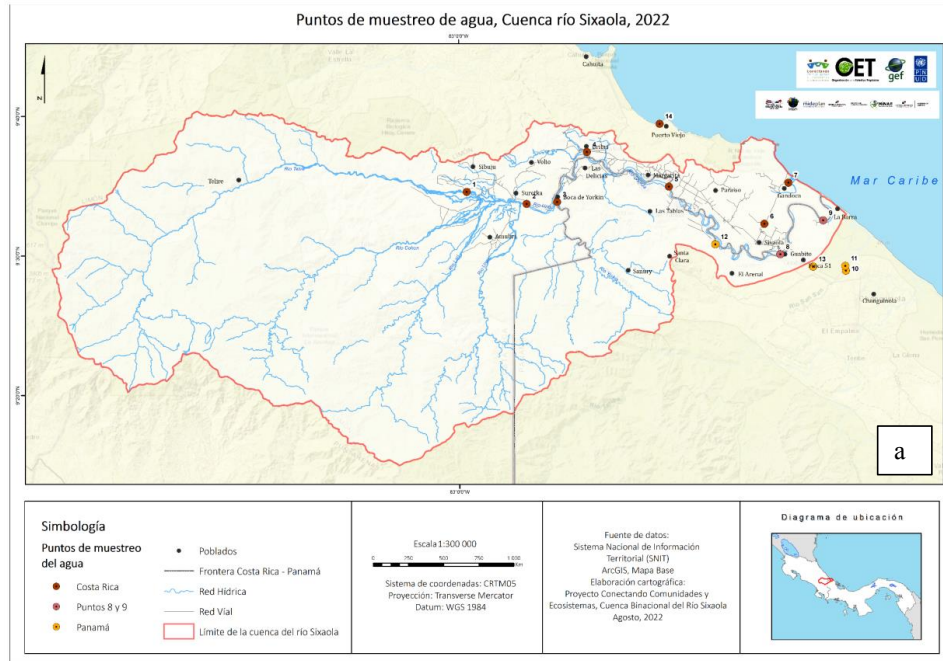
Cuadro 1. Descripción de los puntos de muestreo de la cuenca del Río Sixaola

ID	Río o cuerpo de agua	Descripción	Comentarios
1	Río Telire	Cuenca media Río Telire	Condición que se tomaría como referencia (aunque ya hay comunidades), es arriba de las actividades humanas del Valle de Talamanca.
2	Río Telire	Aguas arriba de donde desemboca el río Uren.	Ya habría recibido la influencia de los poblados y actividades del Valle de Talamanca.
3	Río Yorkín	Río Yorkín antes de su desembocadura en el Sixaola.	Es el último de los 5 ríos grandes (Telire, Coen, Lari, Uren y Yorkín) que se unen para formar el Río Sixaola. La subcuenca está en muy buena condición, pero hay un incremento reciente en el cultivo de plátano.
4	Río Carbón	Río Sixaola aguas abajo antes de donde el Río Carbón tributa sus aguas.	Mostraría el impacto del centro poblado de Bribri y representa la condición de la cuenca antes de ingresar a la zona dedicada más intensamente a monocultivos de plátano y las grandes bananeras.
5	Río Sixaola	Río Sixaola, entre Margarita y Annia	Zona dedicada más intensamente a monocultivos de plátano y las grandes bananeras.
6	Quebrada Quebra Caña	En la carretera que va hacia Gandoca.	Recibe todas las aguas de la actividad bananera del Valle del Sixaola en Costa Rica. Mayor probabilidad de detectar plaguicidas por la concentración.
7	Laguna Gandoca		En el Refugio Gandoca Manzanillo, es un humedal RAMSAR.
8	Río Sixaola	Puente de Sixaola	En la ribera costarricense
9	Río Sixaola	Sixaola, La California	Mostraría el estado del Sixaola antes de desembocar en el mar.

Los puntos de muestreo difieren principalmente con respecto a su posición en la cuenca, y todos drenan áreas que presentan terrenos de uso forestal, urbano o agrícola, donde existe liberación de aguas residuales o aplicación de plaguicidas y fertilizantes, que pueden

representar una amenaza para la biodiversidad y una barrera para la conectividad y la libre distribución de las especies.

En la Figura 1a-b se observa la posición geográfica de los distintos puntos de muestreo en el área de estudio. La codificación de los sitios se corresponde con la que aparece en el Cuadro 1.



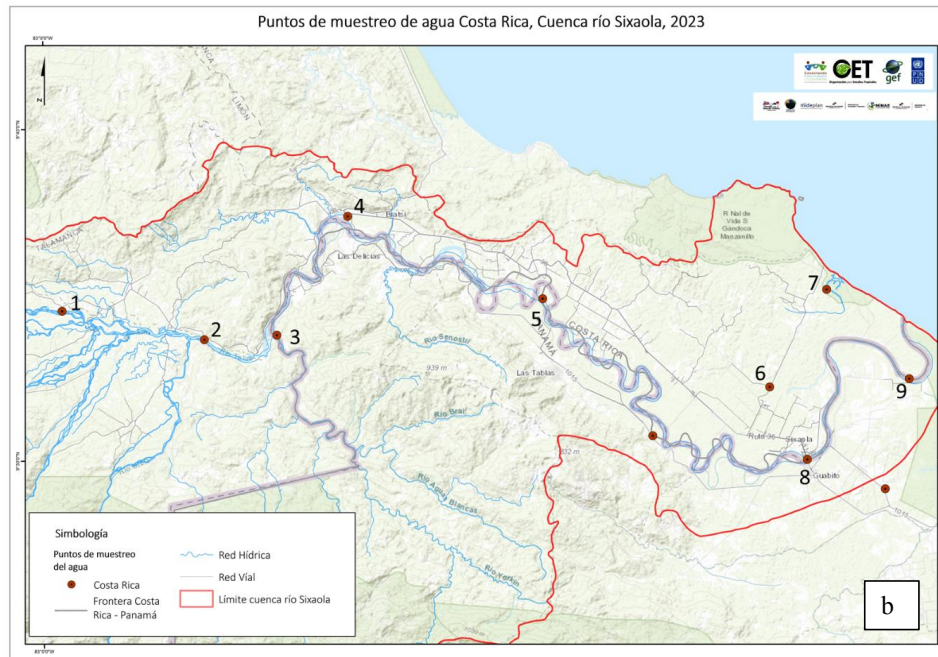


Figura 1. a. Mapa del área de estudio con ubicación espacial de los puntos de muestreo seleccionados para el monitoreo de la cuenca del Río Sixaola (2022). **b.** Acercamiento al área de estudio. Diseño: Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas, Cuenca Binacional del Río Sixaola.

Parámetros físico-químicos

Se procedió a tomar parámetros físicos y químicos en campo (pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura) con ayuda de un equipo multisonda portátil HANNA, en cada uno de los puntos de muestreo.

También, en cada punto, se tomaron 5.5 L de agua con el siguiente detalle:

- 2 L se destinaron a análisis de DBO
- 1.5 L a análisis de residuos de plaguicidas
- 1 L a determinar sólidos (totales y suspendidos)
- 1 L a determinar nutrientes (fosfatos y nitratos)

Las muestras de agua fueron tomadas a una profundidad de 0.2-0.3 m y guardadas en botellas de vidrio (análisis de plaguicidas) y de plástico (DBO, nutrientes y sólidos). Todas las botellas se guardaron en hielo durante el tiempo de muestreo y se transportaron hasta el

Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas (LAREP), del IRET y al Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA), de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional; donde se refrigeraron a 4-6°C hasta su análisis.

Índice de calidad de las aguas

El índice utilizado para determinar la calidad de las aguas de los puntos de muestreo en la cuenca del Río Sixaola es un ICA basado en el índice NSF de los Estados Unidos de América, modificado para su aplicación en el país por el Instituto Costarricense de Electricidad. Este ICA está siendo propuesto dentro del Comité Técnico de Revisión del DE-33903-MINAE-S (Reglamento de clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales) como una alternativa de sustitución del Índice Holandés.

El ICA-ICE se basa en los siguientes parámetros: Porcentaje de oxígeno disuelto (%OD), Potencial de hidrógeno (pH), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5,20), Fosfatos (PO_4^{3-}), Nitratos (NO_3^-) y Sólidos totales (ST) y se calcula con base en las fórmulas del Cuadro 2.

Cuadro 2. Fórmulas para cálculo del Índice ICA-ICE

Parámetro	Función (Q_i)	Peso (w)	Restricción	Aporte Individual
%OD(Sat)	$Q_{\%OD} = 2,14E08^{0,24-10,84\frac{(\%OD-101,06)^2}{6,39E05+\%OD}} - 2,73$	0,23	Si %OD > 140, entonces $Q_{\%OD}=50$	$A_{\%OD} = (Q_{\%OD})^{0,23}$
pH	$Q_{pH} = \frac{116,47}{1+0,24(pH-7,45)^2} - 23,29$	0,17	Si pH < 3,5, entonces $Q_{pH} = 2$; y si pH > 11, entonces $Q_{pH} = 3$	$A_{pH} = (Q_{pH})^{0,17}$
DBO _{5 20°C}	$Q_{DBO} = 95,419/e^{0,1DBO}$	0,17	Si DBO > 30, entonces $Q_{DBO} = 2$	$A_{DBO} = (Q_{DBO})^{0,17}$
$PO_4^{3-}(T)$	$Q_{PO4-3} = 98/(1 + 1,372 PO_4)$	0,15	Si $PO_4^{3-}>10$, entonces $Q_{PO4-3}= 2$	$A_{PO4} = (Q_{PO4-3})^{0,15}$
NO_3^-	$Q_{NO3-} = 97,92(3,61)^{-0,09(NO_3)^{0,7}}$	0,15	Si $NO_3^- > 100$, entonces $Q_{NO3-} = 1$	$A_{NO3} = (Q_{NO3-})^{0,15}$
ST	$Q_{ST} = 101,32e^{-(1/E10)(0,69ST-219)^4} - 0,14ST$	0,13	Si ST > 500, entonces $Q_{ST} = 20$	$A_{ST} = (Q_{ST})^{0,13}$
$ICA = A_{\%OD} * A_{pH} * A_{DBO} * A_{PO4} * A_{NO3} * A_{ST}$				

Fuente: Índice de Calidad de Agua (ICA) de parámetros fisicoquímicos para cuerpos lóticos, presentado por el sub-comité fisicoquímico de revisión del DE-33903-MINAE-S.

La clasificación de la calidad del agua según el índice ICA-ICE, obedece al puntaje final obtenido y los colores indican la interpretación de la calidad del agua (Cuadro 3).

Cuadro 3. Categorías de clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo con el Índice ICA-ICE (2022)

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

Metodología del análisis de residuos de plaguicidas

Las muestras de agua se analizaron por cromatografía de gases con detector de masas Agilent 7890A-5975C GC-MS (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA), usando monitoreo selectivo de iones (SIM). También se analizaron por cromatografía líquida Waters Acquity UPLC H-Class con detector de masas XEVO T-QS Micro, LC-MS/MS (Waters, Milford, MA, USA), usando monitoreo de reacción múltiple (MRM). Después de añadir estándares internos, las muestras de agua fueron extraídas por extracción de fase sólida (SPE), con cartuchos Strata-X (200 mg /6 mL) (Phenomenex, EEUU), previamente acondicionados.

El cartucho fue eluido con etil acetato y metanol, el extracto fue concentrado con nitrógeno y cambiado a metanol, con un volumen final de 0.25 mL y fue inyectado en ambos equipos.

Los analitos fueron identificados por sus tiempos de retención y se confirmaron con SIM o MRM. La cuantificación se realizó con curvas de calibración internas o externas de los analitos de interés.

Resultados y Discusión

Calidad Fisicoquímica del agua

Los sitios de la Cuenca Binacional del Río Sixaola se clasificaron como aguas de calidad buena y regular (Cuadro 3).

Cuadro 3. Calidad del agua según el índice ICA, para la cuenca del Río Sixaola, Diciembre, 2022.

Código	Río	Puntuación ICA-ICE	Interpretación de calidad del 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 Caña	65.82	REGULAR
7	Laguna Gandoca	55.37	REGULAR
8	Sixaola (Puente)	81.80	BUENA
9	Sixaola (California)	81.52	BUENA

* El Río Yorkín no se pudo clasificar debido a que no tiene los datos de DBO, ni porcentaje de saturación de Oxígeno. El análisis de DBO sólo tiene validez si se hace en un plazo menor a 48 horas desde la toma de muestra, razón por la cual, este sitio (muestreado el 06 de diciembre), no podía analizarse el 09 de diciembre en el laboratorio.

En el caso de la Quebrada Quebra Caña y la Laguna Gandoca, la clasificación se da debido al bajo valor del PSO que fue de 48% y 50%, respectivamente. Este es un valor muy bajo que indica limitada disponibilidad de oxígeno para la fauna acuática. Estos valores pueden ser resultado de la dificultad en la incorporación de oxígeno atmosférico al agua por la disminución del caudal y baja velocidad de la corriente, junto con la disminución de la turbulencia del agua. Asimismo, podría denotar presencia de materia orgánica.

Cuadro 7. Parámetros fisicoquímicos de la cuenca del Río Sixaola, Diciembre, 2022. Se resaltan en **negrita** los valores máximos de cada parámetro (mínimos en el caso de OD).

Código de sitio	1	2	3	4	5
Nombre	Telire	Telire (Boca Urén)	Yorkín	Carbón	Sixaola
pH	7.9	7.75	7.0	7.91	7.75
Temperatura (°C)	19.2	20.3	27.1	24.8	23.5
OD (mg/L)	8.7	8.8	-	8.8	8.9
PSO (%)	96	98.8	-	106	105
conductividad (μS/cm)	120	112	-	233	125
DBO (mg/L)	2.10 ± 0.8	4.10 ± 0.8	*	d	3.0 ± 0.8
SST (mg/L)	14.0 ± 1.8	7.7 ± 1.0	d	d	d
Fósforo total (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd
Fósforo soluble (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd
Sólidos Totales (mg/L)	112 ± 15	120 ± 15	152 ± 15	228 ± 15	168 ± 15
Nitratos (mg/L)	d	d	nd	0.93 ± 0.25	nd
Código de sitio	6	7	8	9	
Nombre	Quebra Caña	Laguna Gandoca	Sixaola (Puente binacional)	Sixaola (La California)	
pH	6.99	6.7	7.67	7.68	
Temperatura (°C)	25.7	-	25.2	25.5	
OD (mg/L)	3.93	3.8	8.35	8.17	
PSO (%)	48.5	50	102	101	
conductividad (μS/cm)	215	3400	126	132	
DBO (mg/L)	2.6 ± 0.8	3.0 ± 0.8	4.9 ± 0.9	2.8 ± 0.8	
SST (mg/L)	7.9 ± 1.1	d	nd	6.33 ± 0.85	
Fósforo total (mg/L)	nd	d	nd	d	
Fósforo soluble (mg/L)	nd	nd	nd	nd	
Sólidos Totales (mg/L)	148 ± 15	2595 ± 16	138 ± 15	135 ± 15	
Nitratos (mg/L)	5.70 ± 0.22	nd	nd	d	

Nota: La Laguna Gandoca se muestreó en marea alta, a 1 m de profundidad la conductividad subía a 36.4 mS/cm y el Oxígeno disuelto bajó a 0.96 mg/L (15% saturación).

Los sólidos suspendidos totales (comúnmente relacionados con eventos de erosión y escorrentía) permanecieron en niveles bajos en todos los sitios muestreados. Durante el muestreo se nos indicó que no se presentaron precipitaciones en los últimos días y la concentración de SST puede ser un reflejo de esta situación puntual. Se espera que en época lluviosa este valor podría aumentar.

El pH se mantuvo en niveles cercanos a la neutralidad en todos los puntos, con un valor ligeramente más alto en el Río Carbón.

En cuanto a los nutrientes (Fósforo y Nitratos), que se relacionan con actividades agrícolas por uso de fertilizantes, se observó un aumento en la concentración en el Río Carbón (0.93 mg/L) y particularmente en la Quebrada Quebra Caña, donde la concentración de Nitratos sobrepasa los 5 mg/L. Estos mismos puntos tienen también mayor conductividad que los demás ríos. Se debe tomar en consideración que estos cuerpos de agua son más pequeños y llevan menos caudal que los otros, por lo que podría existir una mayor concentración de contaminantes y un peor estado de la calidad de sus aguas.

Análisis de residuos de plaguicidas

En total, en la cuenca del Río Sixaola se detectó 23 diferentes residuos de plaguicidas y también fue posible detectar cafeína en varios puntos de muestreo (Cuadro 8). Entre los plaguicidas detectados, el grupo de acción biocida más frecuente fueron los fungicidas con 15 diferentes ingredientes activos (i.a.), seguido de herbicidas (5 i.a.) e insecticidas (3 i.a.).

Los sitios con el mayor número de sustancias identificadas fueron el Río Sixaola (Pto 9; 15 i.a.), Río Sixaola (Pto 8; 13 i.a.), Quebrada Quebra Caño (Pto 6; 11 i.a.), Laguna Gandoca (Pto 7; 7 i.a.), Río Carbón (Pto 4; 6 i.a.) y Río Sixaola (Pto 5; 4 i.a.). Los sitios 1, 2 y 3 (Ríos Telire, Urén y Yorkín) no presentaron residuos de plaguicidas detectables. Asimismo, los sitios Río Sixaola (La California), la Laguna Gandoca, la Quebrada Quebra Caño y el Río Carbón tuvieron las concentraciones más altas de los plaguicidas identificados. Dichas concentraciones, cabe destacar, son comparativamente más bajas que las reportadas en otros estudios de la zona Caribe, donde también hay monocultivos de banano (Rämo et al. 2018; Arias-Andrés et al. 2018; Echeverría-Sáenz et al. 2018). Sin embargo, este es un único muestreo, por lo que se deberá evaluar el comportamiento de detección de las sustancias en las siguientes campañas.

Un aspecto muy interesante es que hay ciertos i.a. que fueron comunes a tres o más puntos de muestreo y que, por lo tanto, parecen ser utilizados regularmente en las actividades productivas de varias regiones de la cuenca. Tal es el caso de azoxistrobina, carbendazim, diuron, fenpropidin, fenpropimorf, fluopiram, pirimetanil, spiroxamina y tiabendazol (todos

ellos fungicidas de uso común en cultivo de banano y plátano, a excepción del herbicida diuron). Sin embargo, hay 2 i.a. que se detectaron únicamente en la Quebrada Quebra Caño (el herbicida 2,4-D y un metabolito del fungicida clorotalonil), así como los i.a. detectados en la Laguna de Gandoca, también fueron casi exclusivos de este sitio (ametrina, diazinon, metsulfuron metil, terbufos-sulfone) y corresponden a herbicidas e insecticidas, por lo que queda claro que existe una actividad agrícola diferenciada en esta zona y que está contaminando la Laguna con otro tipo de sustancias. Además, los insecticidas detectados (diazinon y terbufos-sulfone, que es un producto de degradación del terbufos) en este humedal RAMSAR son organofosforados de alta o extrema toxicidad para organismos acuáticos, que pueden poner en riesgo la fauna acuática de este Refugio (tanto marina como de agua dulce), ya que este es uno de los únicos bosques de manglar consolidado de la costa Caribe de Costa Rica y el de mayor tamaño, criadero de larvas y juveniles de múltiples especies de importancia económica y para la conservación de la biodiversidad (Cortés, 2016).

Sobre los fungicidas detectados, es importante indicar que hay muy poca información sobre la toxicidad y los efectos de este grupo de plaguicidas en los ecosistemas acuáticos, ya que es difícil trabajar con hongos acuáticos en laboratorio y no hay información suficiente en las bases de datos ecotoxicológicas para calcular adecuadamente el riesgo de muchos de dichos i.a (Zubrod et al., 2019). Sin embargo, se ha observado que ejercen efectos y alteración de procesos ecosistémicos a nivel de microorganismos, en la base de las cadenas tróficas (Bundschuh et al., 2021) y, además, sus mecanismos de acción tienden a ser muy generales, por lo que pueden ser tóxicos para un espectro grande de organismos, más aún al encontrarse en las aguas de manera frecuente, como es el caso de la cuenca del Río Sixaola.

Otro aspecto interesante de mencionar es la concentración detectada de cafeína, que es un indicativo de presencia de aguas residuales domésticas y la mayor concentración se observó en el Río Carbón (que es presumible por la influencia del pueblo de Bribri), seguido de la Laguna Gandoca, donde no se esperaba, pues el poblado cercano es muy pequeño.

Cuadro 8. Residuos de plaguicidas (todos en $\mu\text{g/L}$) detectados en la cuenca del Río Sixaola, diciembre, 2022. Se resaltan en **negrita** los valores máximos de cada ingrediente activo (i.a.)

Descripción	#1 Río Telire medio	#2 Río Telire, Boca Uren	#3 Río Yorkin	#4 Río Carbon	#5 R. Sixaola, Margarita	#6 Q. Quebra Caño	#7 Laguna Gandoca	#8 Sixaola, puente binacional	#9 R. Sixaola, La California
2,4-D						0.8			
CTB*)						0.7			
ametrina							0.01		
azoxistrobina					T	0.008		0.002	0.04
boscalid								0.001	0.004
cafeina				0.06			0.04		0.01
carbendazim				T	T			T	0.004
diazinon							0.006		
difenoconazol									0.004
diuron				0.001	T			T	0.007
epoxiconazole						0.001		0.007	
fenpropidin						T		T	0.001
fenpropimorf					0.001	T	T	0.002	0.002
fluopiram				T		T	T	T	0.004
fluxapiroxad								T	
metsulfuron metil							0.018		
miclobutanil						T			T
oxamilo								T	0.001
pirimetanil						T		T	0.009
spiroxamina						0.004		T	0.008
tebuconazole				0.007					
terbufos-sulfone							0.003		T
terbutrina				T					
tiabendazol						0.003		0.004	0.02

*) CTB = 1,3 dicarbamoil-2,4,5,6 tetraclorobenceno producto de degradación del fungicida clorotalonil.

Conclusiones:

- Según el índice de calidad ICA la mayoría de los sitios se clasificaron como aguas de calidad buena y solamente dos de ellos (Quebrada Quebra Caña y Laguna Gandoca) se clasificaron con agua de calidad regular. Sin embargo, la clasificación de la Laguna de Gandoca no debe interpretarse de la misma forma, pues al ser un cuerpo de agua léntico, su nivel de Oxígeno disuelto es siempre menor y además es un sitio donde la interacción con agua de mar es muy alta, por lo que la conductividad y los sólidos disueltos aumentan significativamente por efecto de las sales presentes.
- La concentración de Nitratos en la Quebrada Quebra Caña es relativamente alta y podría generar disminución de diversidad de fauna acuática. Otros estudios en Costa Rica han identificado a los nitratos como un contaminante clave en el ecosistema acuático.
- La cuenca del río Sixaola presenta residuos de 23 plaguicidas principalmente en la cuenca media/baja, los cuales en su mayoría son fungicidas de uso en cultivo de banano y plátano, sin embargo, existe contaminación por herbicidas e insecticidas principalmente en la Quebrada Quebra Caño y la Laguna de Gandoca.
- Las mayores concentraciones de plaguicidas se detectan en sitios con influencia directa al mar, por lo que también podrían generar efectos para la biota de la zona marino-costera.

Recomendaciones:

- Se deberá encontrar una solución logística para poder realizar el análisis de DBO en todos los sitios de muestreo y así poder calcular el índice ICA.
- Se recomienda medir Nitrógeno amoniacal en las próximas giras para poder calcular también el índice holandés (DE-33903-MINAE-S), que servirá como parámetro de comparación con otros sitios del país.
- Se debe analizar la situación de contaminación de la Laguna Gandoca y proporcionar alternativas de manejo integrado de plagas y agroecología para los productores que tienen cultivos aledaños, pues es una zona de gran relevancia ecológica y vulnerabilidad.

Referencias:

- Alpizar F, Madrigal R, Salas A. 2018. Retos ambientales de Costa Rica. *Nota técnica del BID 1531*, p. 66. <https://doi.org/IBD-TN-153>
- Arias-Andrés, M., Råmo, R., Mena Torres, F., Ugalde, R., Grandas, L., Ruepert, C., Castillo, L.E., van den Brink, P.J., Gunnarsson, J.S., 2018. Lower tier toxicity risk assessment of agriculture pesticides detected on the Río Madre de Dios watershed, Costa Rica. *Environ Sci Pollut Res Int* 25, 13312–13321. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7875-7>.
- Badilla P, Silva FJ, García L. 2020. Informe de ensayo en muestras de Agua superficial (parámetros Físicos, químicos y residuos de plaguicidas). AGQLabs MIT-19/00555.
- Bundschuh, M., Feckler, A., Schafer, R.B., Schulz, R., Zubrod, J.P., 2021. How Toxicants Influence Organic Matter Decomposition in Stream. In: Swan, C.M., Boyero, L., Canhoto, C. (Eds.), *The Ecology of Plant Litter Decomposition in Stream Ecosystems*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72854-0_17.
- Cortés, J. 2016. The Caribbean Coastal and Marine Ecosystems. Chapter 17 (pp. 591-620), *In* Kappelle, M (ed.). *Costa Rican Ecosystems*. The University of Chicago Press, USA.
- Echeverría-Sáenz, S., Mena, F., Arias-Andrés, M., Vargas, S., Ruepert, C., van den Brink, P.J., Castillo, L.E., Gunnarsson, J.S., 2018a. In situ toxicity and ecological risk assessment of agro-pesticide runoff in the Madre de Dios River in Costa Rica. *Environ Sci Pollut Res Int* 25, 13270–13282. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7817-4>.
- Gutiérrez Acuña, S. 2019. Muestreo de macroinvertebrados e identificación a través del índice BMWP en trece puntos. AGQ Labs. 13 p.
- Morra MJ, Polidoro BA, Ruepert C, Castillo LE. 2009. Pesticide sequestration in passive samplers (SPMDs): considerations for deployment time, biofouling, and stream flow in a tropical watershed. *J. Environmental Monitoring*, 11, 1866–1874. doi: 10.1039/b904329b.
- Polidoro BA, Dahlquist RM, Castillo LE, Morra MJ, Somarriba E, Bosque-Pérez NA. 2008. Pesticide application practices, pest knowledge, and cost-benefits of plantain production in the Bribri-Cabécar Indigenous Territories, Costa Rica. *Environ Res.* 108(1):98-106. doi: 10.1016/j.envres.2008.04.003.
- Polidoro BA, Morra MJ. 2016. An ecological risk assessment of pesticides and fish kills in the Sixaola watershed, Costa Rica. *Environ Sci Pollut Res* 23: 5983–5991. doi: 10.1007/s11356-016-6144-0.

- Porras, N. 2016. La Cuenca del Río Sixaola: Costa Rica y Panamá. San José, Costa Rica: UICN, 12 pp.
- Rämo, R.A., van den Brink, P.J., Ruepert, C., Castillo, L.E., Gunnarsson, J.S., 2018. Environmental risk assessment of pesticides in the River Madre de Dios, Costa Rica using PERPEST, SSD, and msPAF models. *Environ Sci Pollut Res Int* 25, 13254–13269. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7375-9>.
- UNESCO, ONU-Agua, 2020: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático, París, UNESCO.
- Vörösmarty, C., McIntyre, P., Gessner, M., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S., Sullivan, C., Liermann, C. & Davies, P. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467: 555-561. doi: 10.1038/nature09440.
- Zubrod, J.P., Bundschuh, M., Arts, G., Brühl, C.A., Imfeld, Knaebel, A., Payraudeau, S., Rasmussen, J.J., Rohr, J., Scharmueller, A., et al., 2019. Fungicides: an overlooked pesticide class? *Environ Sci Technol* 53, 3347–3365. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04392>.

ELIDIER VARGAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

2023



Proyecto **“Hacia la Gestión Integrada del Recurso Hídrico transfronterizo de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá”**

ANÁLISIS DEL MONITOREO DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SIXAOLA (2019 A 2023)

Dr. Elídir Vargas Castro, Ing. Agrónomo

ANTECEDENTES

Costa Rica y Panamá, como países vecinos geográfica y culturalmente, tienen mucho en común: son dos países ubicados en una de las zonas con la mayor biodiversidad del mundo; un clima tropical, caliente y lluvioso la mayor parte del año, especialmente en la zona caribeña, con una abundante vegetación, con una altísima precipitación pluvial que abastece sus cuerpos de agua superficiales. En síntesis, con un clima que también propicia la agricultura en la mayor parte de su territorio.

Así también, ambos países comparten un historial muy similar en el desarrollo agrícola, con cultivos tropicales que producen durante todo el año, destinados en buena parte a la exportación, como es el caso del cultivo del banano y el plátano en la vertiente del Caribe. Este desarrollo agrícola se ha ido dando de una manera tal vez un tanto “espontánea”, muchas veces sin contar con el adecuado respaldo técnico científico, lo que también ha propiciado un uso a veces exagerado de agroquímicos, incluyendo fertilizantes y plaguicidas. Estos agroquímicos tienen también un alto potencial de contaminar los numerosos cuerpos de agua, con el consecuente impacto para organismos silvestres que no necesariamente son objeto de control con los plaguicidas usados.

Existen múltiples publicaciones, especialmente en los últimos años, que señalan a Costa Rica como uno de los países que más utilizan plaguicidas en la agricultura, sino el que más plaguicida usa, según las estadísticas de la FAO. En el caso de Panamá, el uso de plaguicidas en la agricultura, al parecer, no es tan intenso como en Costa Rica; pero ya hay preocupación de los especialistas y autoridades panameñas sobre el impacto que la ampliación de la frontera agrícola pueda tener sobre la calidad de las aguas que se necesitan para abastecer la población, así como el ambiente.

Por la preocupación sobre el efecto que las actividades agrícolas que se desarrollan en la zona de la cuenca del río Sixaola puedan tener sobre los cuerpos de agua es que surge el proyecto **“Hacia la Gestión Integrada del Recurso Hídrico transfronterizo de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá”**, el cual tiene como uno de sus componentes el monitoreo de residuos de plaguicidas en diversos cuerpos de agua de la cuenca, tanto del lado de Panamá como del lado de Costa Rica.

El presente documento consiste en un análisis de los resultados del monitoreo de los residuos de plaguicidas en la citada cuenca. Hemos tratado de identificar cuáles plaguicidas se encuentran presentes en esos cuerpos de agua, cuáles son las características de peligrosidad que tienen los plaguicidas detectados, cuál puede ser el origen de esos plaguicidas y en qué actividades se están utilizando esos agroinsumos, con la finalidad de tratar de orientar hacia la búsqueda de alternativas y soluciones para minimizar el impacto ambiental por el uso de esas sustancias tóxicas en la agricultura de la zona.

METODOLOGÍA

En el proceso de elaboración de este estudio partimos, en primer lugar, con la recolección de los datos disponibles, es decir, tener disponibles los reportes de monitoreo de plaguicidas en aguas superficiales realizados durante la etapa “de línea base” de este mismo proyecto, así como los resultados de la primera campaña de monitoreo.

Un elemento muy importante para poder interpretar los resultados de los hallazgos de residuos de plaguicidas es tener disponibles **normas de calidad de agua superficial**, donde se establezcan los valores críticos de los plaguicidas encontrados, de tal forma que se pueda saber si los hallazgos son o no de preocupación.

La tercera etapa del estudio consistió en sistematizar toda la información disponible, tanto los resultados del monitoreo entregados por los laboratorios durante la fase de línea base como durante esta primera campaña; así también, se sistematizaron los resultados de las normas de calidad de agua disponibles, contra las cuales se hará la evaluación de los resultados del monitoreo local. Todo esto se compiló en una base de datos elaborada sobre una plataforma de hoja electrónica, en la cual se relacionaron los datos de las distintas fuentes, a la vez que se compararon los resultados del monitoreo con los valores de referencia de las normas; se crearon fórmulas que, automáticamente, generan mensajes de alerta cuando el hallazgo de un residuo supera los valores de referencia.

Esta estructura de base de datos permite ser reutilizada en futuros monitoreos, con solo agregar los nuevos resultados encontrados y, si fuese necesario, actualizar las normas de calidad de agua disponibles. De esta manera se puede dar continuidad al proceso de evaluación de riesgo por residuos de plaguicidas de uso agrícola en la Cuenca Binacional del Río Sixaola (CBRS).

PRIMEROS HALLAZGOS.

La primera labor que realizamos en este análisis fue identificar la normativa nacional e internacional existente sobre los residuos de plaguicidas en aguas superficiales, así como las capacidades técnicas de los laboratorios involucrados, lo que nos permitió sacar tres conclusiones preliminares.

1. La normativa de los países (Costa Rica y Panamá) sobre residuos de plaguicidas en aguas superficiales no está actualizada en relación con la realidad del uso de plaguicidas en la agricultura y los posibles residuos a monitorear.

Al investigar la normativa que rige en Costa Rica y Panamá para valorar el riesgo ambiental que podría darse en relación con la concentración de plaguicidas que se detecten en cada una de las campañas de monitoreo observamos lo siguiente.

En Costa Rica el control de la calidad de las aguas superficiales se rige por lo que indica el Decreto Ejecutivo No. 33903-MINAE-S, del 17/09/2007. Este reglamento es sumamente omiso en relación con el tema de residuos de plaguicidas, especialmente los de uso agrícola. En el capítulo II (Clasificación y monitoreo de los cuerpos de agua superficiales), en el cuadro 1, se establecen los parámetros complementarios para la determinación de la calidad de las aguas de cuerpos superficiales para las clases establecidas en dicho reglamento. En relación con los plaguicidas químicos sintéticos, la única mención que tiene el reglamento es referente al contenido de **compuestos organoclorados y organofosforados**, de los cuales se

establece un límite total de 10 µg/l para cada uno de esos grupos de plaguicidas, en las aguas clase 4 y 5, y ninguna tolerancia en las clases 1 a 3.

En nuestra opinión, tal norma es insuficiente, considerando el amplio menú de plaguicidas que se utilizan en Costa Rica, ya que, según las publicaciones de la FAO, Costa Rica es el país con el mayor uso de plaguicidas por hectárea en el mundo. Según los datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en Costa Rica hay registradas más de 200 moléculas de distintos plaguicidas, muchas de los cuales no pertenecen a los citados grupos químicos (compuestos organoclorados y organofosforados). Además, según datos publicados en Costa Rica por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y por el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional - IRET (Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en Costa Rica: Plan de Acción sobre PAPs. F Ramírez, 2023), más de 135 de las moléculas de plaguicidas que se utilizan en Costa Rica pueden ser consideradas como altamente peligrosas, tanto por sus efectos para la salud humana como para el ambiente.

Por lo tanto, para el caso de los residuos de plaguicidas que se detecten en las aguas superficiales de la CBRS consideramos conveniente recurrir a normativa que pueda existir en otros países, relacionada con los plaguicidas que se encuentren, con la finalidad de entender qué tanto riesgo para el ambiente puede existir por la presencia de residuos de plaguicidas en estas aguas.

En relación con **el uso de plaguicidas en la agricultura en Panamá**, observamos que este es un tema de preocupación para los expertos y autoridades del país, por los efectos que estos puedan tener sobre el ambiente, especialmente en un país megadiverso, según señalan en los siguientes términos: *“Otro problema de nuestro esquema productivo es la transformación extensiva de los ecosistemas naturales en agroecosistemas simplificados. Recordemos que Panamá está localizada en la región con más alta biodiversidad del planeta (ANAM/CBD, 2014), lo que implica la existencia de metabolismos naturales complejos e intensos pero, a la vez, frágiles. Esta transformación impulsa inevitablemente el crecimiento de especies oportunistas e indeseables, las cuales sólo pueden controlarse empleando plaguicidas o herbicidas que, sin una aplicación adecuada, derivan en causantes de altos niveles de contaminación en los cuerpos naturales de aguas, con organoclorados, fosforoclorados, etcétera.”* (La Calidad del Agua en las Américas. Panamá¹, 2019)

A pesar de la preocupación manifiesta por el tema del desarrollo agrícola intensivo en el uso de plaguicidas o herbicidas, no observamos que en Panamá haya una normativa específica para el control de calidad de aguas superficiales en relación con el contenido de residuos de plaguicidas de uso agrícola que puedan afectar el ambiente y la salud humana. El desarrollo de tal normativa es una importante oportunidad de mejora, tomando en cuenta las ya mencionadas preocupaciones de los expertos de Panamá.

¹ La Calidad del Agua en las Américas. Panamá. 2019
(https://cihh.utp.ac.pa/sites/default/files/documentos/2022/pdf/calidad-de-agua-en-las-americas_2019_panama.pdf)

Con base datos publicados por el MIDA de Panamá con corte al 14/06/2023 (<https://mida.gob.pa/sanidad-vegetal-2/>), en Panamá se estima que hay registrados más de **2400 plaguicidas químicos sintéticos** comerciales de distinta clase (insecticidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, nematocidas, etc). Estos plaguicidas corresponden a aproximadamente **416 moléculas** (ingredientes activos) de distinto tipo. Según nuestro análisis, algunas de estas moléculas pueden ser consideradas como de alta peligrosidad para el ambiente o la salud humana, de acuerdo con los **nuevos parámetros de peligrosidad recomendados por la OMS (Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación 2019 ²)**. Recordemos que los plaguicidas no se clasifican solamente por sus efectos agudos para los seres humanos, como era antiguamente. La OMS y FAO recomiendan tomar en cuenta 8 criterios para clasificar los plaguicidas, según su peligrosidad. Esta es una razón más que justifica el desarrollo e implementación de normativa para la protección de los cuerpos de agua superficiales del efecto de los plaguicidas de uso en la agricultura.

Definición de Plaguicidas altamente peligrosos

La Reunión Conjunta FAO/OMS para la Gestión de Plaguicidas recomendó¹⁰ que los plaguicidas altamente peligrosos deben ser definidos por tener una o más de las siguientes características:

- **Criterio 1:** Las formulaciones de plaguicidas que cumplen con los criterios de las clases Ia o Ib de la *Clasificación Recomendada por la OMS para Plaguicidas según su Peligro*; o
- **Criterio 2:** Los ingredientes activos de plaguicidas y sus formulaciones que cumplen con los criterios de carcinogenicidad para las Categorías 1A y 1B del *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA)*; o
- **Criterio 3:** Los ingredientes activos de plaguicidas y sus formulaciones que cumplen con los criterios de mutagenicidad para las Categorías 1A y 1B del *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA)*; o
- **Criterio 4:** Los ingredientes activos de plaguicidas y sus formulaciones que cumplen con los criterios de toxicidad reproductiva para las Categorías 1A y 1B del *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA)*; o
- **Criterio 5:** Los ingredientes activos de plaguicidas enumerados en el *Convenio de Estocolmo* en sus anexos A y B, y aquellos que cumplen con todos los criterios establecidos en el párrafo 1 del anexo D del Convenio; o
- **Criterio 6:** Los ingredientes activos y las formulaciones de plaguicidas enumerados en el *Convenio de Rotterdam* en su Anexo III; o
- **Criterio 7:** Los plaguicidas enumerados en el *Protocolo de Montreal*; o
- **Criterio 8:** Los ingredientes activos y las formulaciones de plaguicidas que han mostrado una alta incidencia de daños graves o irreversibles para la salud humana o el medio ambiente.

² Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación 2019 (<https://www.who.int/es/publications/i/item/9789240005662>)

2. La normativa de países “del primer mundo” no necesariamente tiene valores de referencia para residuos en aguas superficiales de los plaguicidas que se utilizan en Costa Rica y en Panamá.

A raíz de la falta de normativa para regular los residuos de los plaguicidas de uso agrícola tanto en Costa Rica como en Panamá, hemos recurrido a revisar la normativa que existe en otros países con más experiencia en este tema. Entre los países en que hemos encontrado normativa más actualizada tenemos los Estados Unidos de América (tanto normativa federal como normativa estatal), la Unión Europea y Canadá.

Hemos centrado el interés en encontrar valores de referencia para la protección ambiental y de la salud humana por la presencia de residuos de plaguicidas en aguas superficiales; pero se requiere que esa normativa esté relacionada, principalmente, con los plaguicidas que se están utilizando en la producción agrícola tanto en Panamá como en Costa Rica.

Después de una exhaustiva búsqueda vemos que no siempre hay normativa específica para los plaguicidas de nuestro interés. Una de las razones podría ser el hecho de que muchos de estos plaguicidas ya no se utilizan en esos países; la otra razón también podría estar relacionada con el hecho de que hay importantes diferencias en el uso de plaguicidas en los países templados, en comparación con países tropicales como Costa Rica y Panamá.

Gracias a esta búsqueda, hemos encontrado la metodología que utiliza oficialmente la Unión Europea³ para calcular lo que ellos denominan “Concentraciones Regulatorias Aceptables” (RAC, por sus siglas en inglés de Regulatory Acceptable Concentrations). Con la aplicación apropiada de esta metodología podríamos calcular las RAC para los plaguicidas que se utilizan en Costa Rica y Panamá. Además, encontramos que los investigadores del IRET, en conjunto con las autoridades de la Dirección de Agua (DA) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica vienen trabajando en el desarrollo de normativa para la protección ambiental en aguas superficiales, en la cual ya se está considerando una normativa similar a la existente en la Unión Europea.

Cabe resaltar que para el cálculo del RAC, la metodología contempla el uso de los factores de peligrosidad de los plaguicidas para organismos acuáticos, establecidos con la aplicación de las metodologías de la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE) u otras similares. Estas metodologías ya están contempladas desde el año 2007 en la normativa para el registro de plaguicidas de uso agrícola en Costa Rica (Decreto Ejecutivo 33495 y los demás emitidos posteriormente para el registro de plaguicidas de uso agrícola, incluyendo el DE 43838⁴ firmado en diciembre 2022, que rige en la actualidad).

³ Guidance on tiered risk assessment for edge-of-field surface Waters (<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2013.3290>)

⁴ Decreto Ejecutivo 43838-MAG-S-MINAE. RTCR 509:2022 Insumos Agrícolas, Plaguicidas Sintéticos Formulados, Ingrediente Activo Grado Técnico, Coadyuvantes, Vehículos Físicos y Sustancias Afines de Uso Agrícola. Registro (https://d1qqtien6gys07.cloudfront.net/wp-content/uploads/2023/07/decreto_43838_mag-s-minae.pdf)

Todos estos insumos se están considerando para evaluar el posible riesgo ambiental frente al que se estaría por la presencia de residuos de plaguicidas en la CBRS.

3. Se requieren mejoras en los laboratorios para detectar niveles de concentración más bajos de plaguicidas en aguas superficiales que pueden ser dañinos para el ambiente, a pesar de sus bajas concentraciones.

Según se indica en los reportes de los laboratorios involucrados en los procesos de monitoreo de residuos, estos tienen capacidades dispares de detección de residuos de plaguicidas y metabolitos de ellos, algunos de los cuales son relevantes por su peligrosidad y por su potencial capacidad de contaminación de las aguas.

En el reporte emitido en el año 2019 por AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A se observa que dicho laboratorio monitoreó en la CBRS un total de 119 moléculas de plaguicidas de uso agrícola; en el año 2022 el laboratorio del IRET incluye 87 moléculas de plaguicidas en su paquete de monitoreo y el laboratorio del MIDA estudió un total de 50 moléculas. Así también, se observan diferencias en los límites de detección (LD), límites de cuantificación (LC) o límites de reporte (LR). Para el caso de los laboratorios involucrados, tenemos los siguientes parámetros.

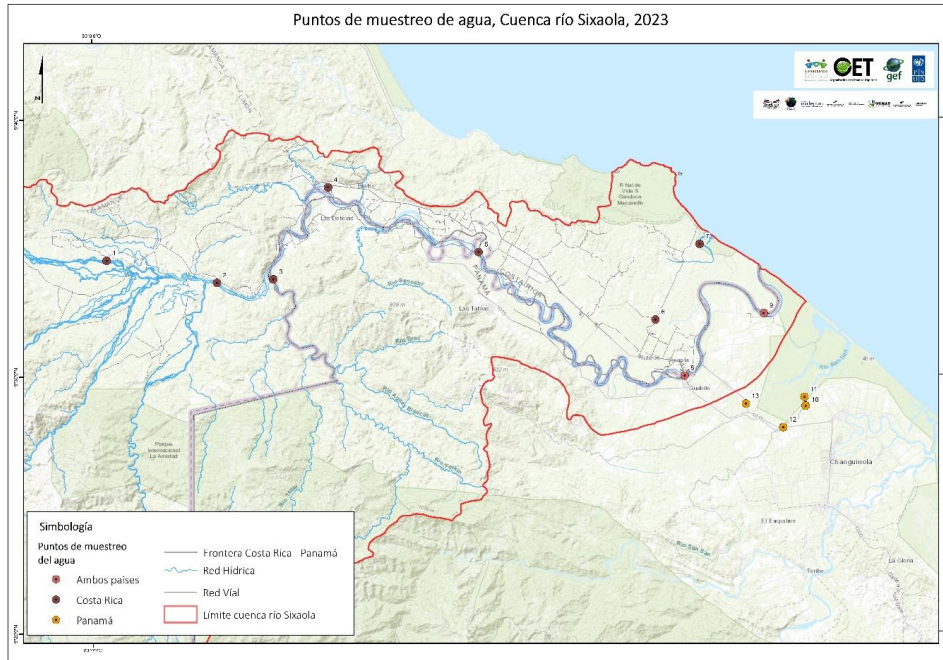
LABORATORIO	LIMITE DE CUANTIFICACIÓN
AGQ Labs and Tech Costa Rica S. A	Desde 0.003-0.010 µg/L según resultados reportados
IRET/UNA	Desde 0.001-0.005 µg/L según resultados reportados
MIDA	0.11-0.14 µg/L (hasta 10 µg/L en un solo caso)

La sensibilidad en los métodos de análisis, así como el paquete de plaguicidas que se monitoree, en relación con los plaguicidas que pueden estar utilizando en cada país, son factores importantes para entender el alcance del monitoreo que se está llevando a cabo. Si la sensibilidad de los métodos de análisis está por encima de los valores de peligrosidad que puede tener un plaguicida para los organismos acuáticos, como el caso que nos ocupa, entonces los resultados obtenidos en el monitoreo no serían adecuados para valorar los riesgos ambientales por la presencia de residuos de plaguicidas en las aguas estudiadas.

Es importante tener en cuenta estos factores a la hora de interpretar algunos de los resultados encontrados, o no encontrados, en el transcurso del monitoreo, lo cual se verá seguidamente.

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de monitoreo de residuos de plaguicidas en la CBRS se observa en el siguiente mapa.



En este mapa vemos que se monitorearon nueve (9) puntos en territorio de Costa Rica y cuatro (4) puntos en territorio de Panamá, con la siguiente descripción:

Punto número	Ubicación	Descripción del punto
1	Río Telire	Cuenca media Río Telire
2	Río Telire	Aguas arriba de donde desemboca el río Uren.
3	Río Yorkín	Río Yorkin antes de su desembocadura en el Sixaola.
4	Río Carbón	Río Sixaola aguas abajo antes de donde el Río Carbón tributa sus aguas.
5	Río Sixaola	Río Sixaola, entre Margarita y Annia
6	Quebrada Quebra Caña	En la carretera que va hacia Gandoca.
7	Laguna Gandoca	En el Refugio Gandoca Manzanillo, es un humedal RAMSAR.
8	Río Sixaola	Puente de Sixaola, en el margen de Costa Rica
9	Río Sixaola	Sixaola, La California
10	Humedal San Entrada Bomba	Changuinola, Bocas del Toro, Panamá
11	Humedal San Laguna	Changuinola, Bocas del Toro, Panamá

12	Drenaje Washout	Changuinola, Bocas del Toro, Panamá
13	Drenaje Río Negro	Changuinola, Bocas del Toro, Panamá

RESULTADOS DEL MONITOREO.

Resultados de la línea base del proyecto (2019).

Según los reportes de laboratorio (AGQ Labs and Tech Costa Rica S.A), en el estudio realizado como “línea base”, la etapa previa al inicio de este proyecto (diciembre del año 2019), se detectó la presencia de residuos de plaguicidas tanto del lado costarricense de la cuenca como del lado panameño, para un total de siete (7) plaguicidas (**2,4-D, azoxistrobina, clotianidina, glifosato, pirimetanil, terbutrina y thiamethoxam**). Dos de estos plaguicidas (**azoxistrobina y terbutrina**) están en concentraciones de preocupación por posibles afectaciones ambientales, según observaremos en el análisis más detallado que realizaremos más adelante.

Resultados del primer monitoreo (2022-2023).

En el primer monitoreo realizado en la etapa de este proyecto se tuvo la participación de dos laboratorios en las fases de muestreo y análisis de residuos de plaguicidas: en el lado de Panamá participó el Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas en Plantas y Productos Vegetales, de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA); en el lado de Costa Rica participó el Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas (LAREP) del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET-UNA).

Según los reportes del IRET en la campaña de monitoreo de diciembre del 2022 se detectó un total de 23 plaguicidas en niveles cuantificables que analizaremos más adelante.

De acuerdo con los reportes de monitoreo del laboratorio del MIDA, en la campaña del 2023 (finales de abril y principios de mayo) se detectaron trazas de dos plaguicidas (**boscalida y tiabendazol**) en niveles inferiores a los límites de cuantificación del método utilizado. En tal caso el límite de detección es de 0.03 µg/L, con un límite de cuantificación de 0.14 µg/L y 0.11 µg/L respectivamente. En tal caso, las detecciones nos advierten de la presencia de residuos, pero no de su concentración.

Estos resultados tenemos que verlos conservadoramente ya que los límites de cuantificación del laboratorio del MIDA son relativamente altos, en comparación con los del laboratorio del IRET que detectó residuos cuantificables de un número significativamente mayor de moléculas. Pero también hay que tomar en cuenta que, como veremos seguidamente, los niveles de peligrosidad de algunos plaguicidas son hasta 20 y 70 veces menor que estos parámetros (tal el caso del diazinon o la clotianidina). Aunque tampoco podemos descartar que en el lado panameño de la CBRS haya menor contaminación con plaguicidas que del lado costarricense, pero eso sería bueno constatarlo con métodos de análisis de mayor sensibilidad que los que se utilizaron en esta ocasión.

Los resultados del monitorio del año 2019-diciembre (línea base), compilados junto con los resultados “positivos” obtenidos en el monitoreo realizado en el año 2022-diciembre se observan en el siguiente cuadro.

Antes de profundizar en el análisis del caso, se aclara que es posible encontrar leves diferencias en la sintaxis de los nombres de los plaguicidas. Esto es de entender, ya que las fuentes utilizan tanto

nombres en inglés como en español, tanto en los registros de los países como en los reportes de los laboratorios. Por eso hemos recurrido a utilizar el **número CAS**⁵ para efectos de conocer mejor la identidad de las sustancias, especialmente sus características de peligrosidad y poder interrelacionar distintas bases de datos con base en este parámetro de identificación.

⁵ Número CAS o número de registro CAS es un identificador numérico único, que designa una única sustancia, que no tiene ningún significado químico, y que enlaza con una gran cantidad de información acerca de esa sustancia química específica. El número es designado por la **Chemical Abstracts Service** (de donde provienen las siglas CAS), la cual es una división de la **American Chemical Society** (Sociedad Americana de Química), y es la autoridad mundial para la información química.

PLAGUICIDAS DETECTADOS EN LA CUENCA BINACIONAL DEL RIO SIXAOALA (LINEA BASE - 201912 Y PRIMER MUESTREO - 202212). En microgramos por litro.																					
No. CAS	CLASE	PLAGUICIDA	Costa Rica										Panamá								
			1 Río Telire - arriba	2 Río Telire - deseμβoca	3 Río Yorkn dura	4 Río Carbón deseμβoca	5 Río Sixaoala / Margarita	6 Río Quebra Caña deseμβoca	7 Laguna Gandoca	8 Río Sixaoala puente	9 Río Sixaoala, La California	10 Humedal San San Entrada Bomba	11 Humedal San	12 Washout	13 Río Negro drenaje						
94-75-7	H	2,4-D	0.014						0.8	0.051											
834-12-8	H	ametrina									0.01										
131860-33-8	F	Azoxistrobina						0	0.008	1.15		0.002	0.033	0.04		0.051		0.025			
188425-85-6	F	boscalid									0.04	0.001									
10605-21-7	F	carbendazim						0					0	0.004							
1897-45-6	F	Clorotaloni (metab CTB*)						0.7													
210880-92-5	I	Clofianidín								0.034											
333-41-5	I	diazinon									0.006										
119446-68-3	F	difenoconazol												0.004							
330-54-1	H	Diuron						0						0.007							
135319-73-2	F	epoxiconazole							0.001			0.007									
67306-00-7	F	fenpropidín											0	0.001							
67564-91-4	F	fenpropimorf						0.001				0.002		0.002							
658066-35-4	F	fluopiram											0	0.004							
907204-31-3	F	fluxapiroxad																0.09			
1071-83-6	H	Glifosato	0.07							0.1											
74223-64-6	H	metisulfuron metil									0.018										
88671-89-0	F	miclobutanil																			
23135-22-0	I-N	Oxamilo																			
53112-28-0	F	pirimetanil											0	0.001							
118134-30-8	F	spiroxamina							0	0.053				0	0.009			0.0034			
107534-96-3	F	tebuconazole							0.004												
13071-79-9	I-N	terbufos-sulfone									0.0030										
886-50-0	H	terbutrina	0.0123	0.0179	0.0178	0.0085	0	0.0146		0.0272		0.0073	0.0284	0	0.0271		0.1831	0.0183			
153719-23-4	H	Thiametoxam (Suma)									0.033					0.014		0.019			
148-79-8	F	tiabendazol									0.003										
Total general			0.0963	0.0179	0.0178	0.0085	0.007	0.0146	0.001	0.0272	1.516	1.421	0.077	0.0073	0.016	0.0874	0.114	0.0481	0.065	0.165	0.1523

Nota: los datos marcados en gris corresponden a aquellos plaguicidas que aparecieron tanto en el año 2019 como en el 2022. Los datos marcados en amarillo con letras rojas corresponden a aquellos residuos que están en niveles de preocupación por sus efectos para organismos acuáticos, según las normas de referencia utilizadas. Los nombres de plaguicidas marcados con letras rojas corresponden a aquellos encontrados en niveles superiores a las normas de referencia consultadas. Los números CAS resaltados corresponden a plaguicidas de los cuales se encontraron metabolitos.

Del cuadro anterior observamos que:

1. En total se encontraron residuos de 26 plaguicidas en toda la zona de muestreo.
2. No observamos 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 26 plaguicidas, siete tenían residuos en niveles superiores a las normas de referencia consultadas, lo cual es de preocupación por cuanto podrían estar siendo afectados organismos acuáticos que no son objetivo de control con los plaguicidas utilizados.
4. En los primeros cinco puntos de muestreo, que corresponden a la zona más alta estudiada, no se encontraron residuos de plaguicidas en niveles de preocupación, al menos durante estos muestreos.
5. En los puntos 6 al 9 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 alta vida media.
6. En resumen, los hallazgos de residuos en los puntos 6 al 9 fueron los siguientes:

PUNTO DE MONITOREO	TOTAL DE PLAGUICIDAS ENCONTRADOS	PLAGUICIDAS EN NIVELES DE PREOCUPACIÓN ^{*)}
6. Río Quebra Caña desembocadura	8	2
7. Laguna Gandoca	12	5
8. Río Sixaola puente	6	0
9. Río Sixaola puente abajo	13	1

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 una zona protegida, como parte del Refugio Nacional de Vida Silvestre mixto Gandoca-Manzanillo, que tiene el mayor manglar de Costa Rica en el Caribe. No solo se detectaron residuos de 12 distintos plaguicidas, sino que cinco (5) 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. Esto lo veremos más en detalle en el siguiente cuadro.

8. Respecto a los puntos 10 al 13, ubicados en territorio de Panamá, se detectaron residuos en **niveles cuantificables** durante el muestreo de línea base, pero no así durante el muestreo realizado en el año 2023, donde solo se detectaron trazas en niveles superiores al límite de detección (LD, pero inferiores al límite de cuantificación (LC). En este caso consideramos que no podemos sacar conclusiones definitivas referentes a la ausencia de residuos en las aguas muestreadas, por cuanto los niveles de cuantificación de los métodos de análisis aplicados eran muy superiores a los niveles que aplicaron los otros laboratorios involucrados. Así también, de las evaluaciones ecotoxicológicas realizadas, queda claro que tal nivel de evaluación química no es suficientemente sensible para detectar concentraciones que pueden ser de preocupación para los plaguicidas encontrados en este estudio, lo cual veremos más en detalle en el siguiente cuadro.

Para efectos de profundizar la evaluación de riesgo por exposición ambiental a estos plaguicidas, hemos procedido a comparar los resultados del monitoreo en los sitios donde más aparecieron residuos de plaguicidas con las normas existentes y desarrolladas en otras latitudes debido a la ausencia de normativa en Costa Rica y en Panamá que se refiera específicamente a los plaguicidas de los cuales se encontraron residuos o metabolitos.

Como ya se expuso, se está recurriendo a normativa desarrollada en la Unión Europea, en USA a nivel federal y estatal, así como también en Canadá. Para el caso de Costa Rica, se está tomando para evaluación una norma que está en proceso de desarrollo, pero que en esencia es similar al procedimiento ya elaborado en Europa. La diferencia entre esta propuesta de norma para Costa Rica, en relación con la norma europea, es que en el primer caso se están tomando en cuenta solo los efectos agudos, mientras que en la norma europea se toman en cuenta efectos agudos y crónicos. Esto último es más apropiado, según nuestra opinión. Se debe partir del **principio de “el peor escenario”** y, además, no podemos dejar de considerar los riesgos para algún grupo de organismos ya que todos son importantes por sus funciones en el ecosistema. Por lo tanto, a la hora de calcular el RAC, de acuerdo con la metodología europea, hemos considerado el valor más bajo (la mayor toxicidad) para el organismo más sensible; esto implica que si se protege el organismo más sensible se protegen todos los demás organismos expuestos a los plaguicidas.

Los resultados de esta evaluación se observan en el siguiente cuadro.

El plaguicida que se ha encontrado en mayor concentración en estos monitoreos es el **fungicida azoxistrobina**, con 1.15 µg/L. El cálculo que hemos realizado de la Concentración Regulatoria Aceptable (RAC, por sus siglas en inglés) con la metodología publicada por las autoridades europeas ⁶, es de 0.55 µg/L. Este resultado es igual al publicado en revistas científicas para este plaguicida⁷. En tal caso el coeficiente de riesgo (CR), calculado como la relación entre la concentración encontrada del plaguicida y la RAC establecida, es de 2.1 (CR=Hallazgo/RAC=> CR=1.15/0.55=2.1). Esto implica que los organismos acuáticos en la laguna Gandoca han estado bajo riesgo por la exposición a la azoxistrobina.

Otro plaguicida de alta peligrosidad del que se han encontrado residuos es el **fungicida clorotalonil**, del cual se reportó en la desembocadura de la quebrada Quebrada Caña la presencia del **metabolito CTB** en una concentración de 0.7 µg/L. Esta concentración es 5.4 veces mayor que el RAC calculado con la metodología europea, 3.9 veces mayor que la norma canadiense de calidad de agua superficial y 1.4 veces mayor que la norma en estudio en Costa Rica para la protección de organismos acuáticos de los efectos agudos del clorotalonil.

En la **laguna Gandoca** se detectó también la presencia de **clotianidin**, el cual es un **insecticida del grupo de los neonicotinoides**, altamente peligrosos para polinizadores y otros artrópodos benéficos. El clotianidin no está registrado en Costa Rica y tampoco en Panamá. Su presencia en las aguas se debe, muy probablemente, al resultado del proceso de descomposición del plaguicida tiametoxam, el cual sí está registrado. La **concentración encontrada de clotianidin en las aguas de esta laguna fue 4.9 veces mayor** que la norma de referencia europea ya señalada. Esto es un llamado de atención más sobre los efectos adversos que se están causando a la laguna Gandoca por el uso de plaguicidas en la zona.

Se encontraron en la **laguna Gandoca**, en el año 2022, residuos del peligroso **insecticida diazinon**. La concentración encontrada (0.006 µg/L) triplica, por ejemplo, el margen de tolerancia establecido por las autoridades ambientales de la EPA en el Estado de Florida⁸, USA, dada la peligrosidad de este plaguicida. El diuron se encuentra en la lista de productos

⁶ Guidance on tiered risk assessment for edge-of-field surface Waters (<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2013.3290>)

⁷ Katharina Halbach, Monika Möder, Steffi Schrader, Liana Liebmann, Ralf B. Schäfer, Anke Schneeweiss, Verena C. Schreiner, Philipp Vormeier, Oliver Weisner, Matthias Liess, Thorsten Reemtsma, Small streams—large concentrations? Pesticide monitoring in small agricultural streams in Germany during dry weather and rainfall, Water Research, Volume 203, 2021, 117535, ISSN 0043-1354, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117535> . (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135421007314>)

⁸ Estado de Florida, USA, Department of Environmental Protection. Development of Cleanup Target Levels (CTLs) for Chapter 62-777, FAC (Feb. 2005) <https://floridadep.gov/waste/district-business-support/documents/technical-report-development-cleanup-target-levels-ctls>

de uso restringido (RUP), establecida por la US-EPA⁹. Esto implica que solamente los aplicadores debidamente capacitados y acreditados en ese país pueden aplicarlo o supervisar su aplicación.

También en la **laguna Gandoca** se detectaron residuos del herbicida **metsulfuron metil, en una concentración cinco veces mayor a la referencia** utilizada de acuerdo con la metodología europea. No obstante que se indica que este plaguicida es de toxicidad moderada para organismos acuáticos, una concentración tan alta como la detectada podría estar afectando severamente a los organismos no objetivo en esta zona protegida.

Se encontraron también residuos de terbufos sulfone, un metabolito del **insecticida-nematicida terbufos, en la laguna Gandoca**. La **concentración encontrada fue 1.4 veces mayor que el valor de referencia**. La peligrosidad del terbufos se refleja en el hecho de estar en la lista de productos de uso restringido (RUP) establecida por la US-EPA, a la cual ya se hizo referencia. Además, según se evidencia en PPDB, se advierte una alerta máxima por la alta peligrosidad del terbufos para organismos acuáticos (peces y artrópodos), para lombriz de tierra y para la salud humana.¹⁰

La **terbutrina es un herbicida** cuyos residuos se detectaron durante el monitoreo de línea base de este proyecto (año 2019). Se encontró en múltiples puntos, tanto del lado costarricense como del panameño de la CBRS, en una **concentración que superó hasta en 4.3 veces la norma de referencia**. Este herbicida es señalado por ser altamente peligroso tanto para abejas como para la salud humano (disruptor endocrino).

No podemos dejar de mencionar la detección de residuos del **insecticida-nematicida oxamilo**, el cual también es catalogado como un **plaguicida altamente peligroso, tanto en la normativa de Costa Rica, de Panamá y de USA**. El hecho de que los residuos encontrados estén por debajo de las normas de referencia no debe hacernos pensar que no hay preocupación, ya que el monitoreo nos provee una fotografía temporal, que no implica que las concentraciones del contaminante no hayan podido ser mayores en cierto momento.

Todo esto son alertas sobre los efectos adversos para organismos acuáticos que pueden estarse presentando en las aguas superficiales de la CBRS, que están siendo evidenciados gracias al monitoreo actual, así con el estudio de la peligrosidad de las sustancias encontradas.

⁹ USA-EPA, Restricted Use Products (RUP) Report <https://www.epa.gov/pesticide-worker-safety/restricted-use-products-rup-report>

¹⁰ PPDB. Terbufos (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/621.htm>)

Características de peligrosidad de los plaguicidas encontrados durante los monitoreos realizados.

Para conocer rápidamente las características de peligrosidad de los plaguicidas encontrados en este estudio recurriremos a la Base de Datos de Propiedades de los Plaguicidas (PPDB¹¹ por sus siglas en inglés) de la Universidad de Hertfordshire, Reino Unido. Esta base de datos es una de las recomendadas por la FAO, como parte de las herramientas para el registro de plaguicidas, cuando los países no disponen de sus propios datos ¹². Resumidamente, las características de peligrosidad y el destino ambiental de mayor preocupación de los plaguicidas encontrados durante los dos monitoreos realizados en la CBRS son las siguientes:

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
2,4-D	94-75-7	H	Alerta máxima: GUS ^{13,14, 15} ; Alta lixiviabilidad (GUS=3,82); Flujo de drenaje: Móvil	Alerta moderada: Ecotoxicidad aguda en aves: Moderada; Ecotoxicidad crónica en aves: Moderada; Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: moderada; Ecotoxicidad aguda para las lombrices de tierra: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta máxima: Disruptor endocrino; Efectos sobre la reproducción/desarrollo; Neurotóxico. Posible Carcinógeno (IARC) ¹⁶

¹¹ Pesticide Properties Data Base, University of Hertfordshire (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>)

¹² FAO. Pesticide Registration Toolkit. Pesticide property databases. <https://www.fao.org/pesticide-registration-toolkit/information-sources/pesticide-properties/en/>

¹³ El GUS o Puntuación de Ubicuidad de las Aguas Subterráneas es un valor calculado experimentalmente que relaciona la vida media de los pesticidas (DT50) y la Koc (a partir de datos de laboratorio). La GUS se puede utilizar para clasificar los pesticidas según su potencial para llegar a las aguas subterráneas. GUS = log10 (vida media) x [4 - log10 (Koc)].

¹⁴ Características de los plaguicidas según el valor GUS: GUS<1.8 = Bajo potencial de lixiviación; 1.8≥GUS2.8 = Estado de transición; GUS>2.8 = Alto potencial de lixiviación. Gustafson, D.I. (1989) **Groundwater Ubiquity Score**: A Simple Method for Assessing Pesticide Leachability. Environmental Toxicology and Chemistry, 8, 339-357. <http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620080411>. ([https://www.scirp.org/\(S/143dvn45teeix455alt3d2a1\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1228914](https://www.scirp.org/(S/143dvn45teeix455alt3d2a1)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1228914))

¹⁵ DIGECA, MINAE. 2020. Criterios para la clasificación de la peligrosidad ecotoxicológica y persistencia ambiental de agroinsumos. (<http://www.digeca.go.cr/documentos/criterios-para-la-clasificacion-de-la-peligrosidad-ecotoxicologica-y-persistencia-0>)

¹⁶ IARC 113. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 113 DDT, Lindane, and 2,4-D. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2018 (<https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/mono113.pdf>)

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
ametrina	834-12-8	H	Alerta moderada: Moderadamente persistente; Flujo de drenaje: Moderadamente móvil; Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta moderada: Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad aguda para lombrices de tierra: Moderada	Alerta moderada: Toxicidad aguda en mamíferos: Moderada
Azoxistrobina	131860-33-8	F	Alerta máxima: Persistente (DT50=84-363 días); GUS: Alta lixiviabilidad (GUS=3,10)	Alerta moderada: Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: moderada; Ecotoxicidad aguda para las lombrices de tierra: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta moderada: Toxicidad crónica en mamíferos: moderada; Efectos de reproducción/desarrollo
boscalid	188425-85-6	F	Alerta máxima: Persistente (DT50=254-484 días)	Alerta moderada: Ecotoxicidad crónica en aves: Moderada; Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad aguda para las lombrices de tierra: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta moderada: Posible carcinógeno; Efectos de reproducción/desarrollo
cafeina	58-08-2				

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
Carbendazima	10605-21-7	F	Alerta moderada: GUS: Estado de transición (GUS=2,21); Flujo de drenaje: Moderadamente móvil	Alerta máxima: Ecotoxicidad crónica en peces: Alta; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Alta; Ecotoxicidad aguda para lombrices de tierra: Alta	Alerta máxima: Disruptor endocrino; Efecto reproducción/desarrollo
Clotianidín ¹⁷	210880-92-5	I	Alerta máxima: Persistente: (DT50=121-545 días) GUS=3,74; Alta lixiviabilidad	Alerta máxima: Ecotoxicidad aguda por contacto con las abejas: Alta; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: Alta	Alerta máxima: neurotóxico
clorotalonil (metabolito CTB*)	1897-45-6	F	Alerta moderada: Flujo de drenaje: Ligeramente móvil; Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta máxima: Ecotoxicidad aguda en peces: Alta; Ecotoxicidad crónica en peces: Alta; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Alta; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Alta	Alerta máxima: Disruptor endocrino; Efectos de reproducción/desarrollo
diazinon	333-41-5	I	Alerta moderada: Flujo de drenaje: ligeramente móvil	Alerta máxima: Ecotoxicidad aguda en aves: Alta; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Alta; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Alta; Ecotoxicidad aguda por contacto con las abejas: Alta; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: Alta	Alerta máxima: Disruptor endocrino; Inhibidor de acetil colinesterasa; neurotóxico

¹⁷ La clotianidina no está registrada para uso en la agricultura en Costa Rica. Sin embargo, la clotianidina es un metabolito del tiametoxam, por lo cual no es sorprendente su aparición en las muestras de agua superficiales: (<https://www.nature.com/articles/s41598-018-33334-w#?text=Thiamethoxam%20is%20transformed%20to%20clothianidin,with%20its%20metabolite%20clothianidin6.>)

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
difenoconazol	119446-68-3	F	Alerta máxima: Potencial de transporte ligado a partículas: Alto	Alerta máxima: Ecotoxicidad crónica en aves: Alta; Ecotoxicidad crónica en peces: Alta; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Alta	Alerta moderada: Toxicidad aguda en mamíferos: Moderada; Toxicidad crónica en mamíferos: moderada; Posible carcinógeno; Efectos de reproducción/desarrollo
Diuron	330-54-1	H	Alerta máxima: Persistente (DT50=146-229 días)	Alerta moderada: Ecotoxicidad aguda en aves: Moderada; Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: moderada; Ecotoxicidad aguda para las lombrices de tierra: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta máxima: disruptor endocrino
epoxiconazole	106325-08-0	F	Alerta moderada: Moderadamente persistente; GUS: Estado de transición (GUS=2,09); Flujo de drenaje: Ligeramente móvil; Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta máxima: Ecotoxicidad crónica en aves: Alta; Ecotoxicidad crónica en peces: Alta	Alerta máxima: Toxicidad crónica en mamíferos: Alta; Disruptor endocrino; Efectos de reproducción/desarrollo

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
fenpropidin	67306-00-7	F	Alerta máxima: Potencial de transporte ligado a partículas: Alto	Alerta moderada: Ecotoxicidad aguda en aves: Moderada; Ecotoxicidad crónica en aves: Moderada; Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad aguda por contacto con las abejas: moderada; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: moderada; Ecotoxicidad aguda para las lombrices de tierra: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta máxima: Toxicidad crónica en mamíferos: Alta
fenpropimorf	67564-91-4	F	Alerta moderada: Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta moderada: Ecotoxicidad crónica en aves: Moderada; Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: moderada; Ecotoxicidad aguda para las lombrices de tierra: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta moderada: Toxicidad aguda en mamíferos: Moderada; Toxicidad crónica en mamíferos: moderada; Efectos de reproducción/desarrollo
fluopiram	658066-35-4	F	Alerta máxima: Persistente (DT50=119-309 días); GUS: Alta lixivialidad (GUS=3,23)	Alerta máxima: Ecotoxicidad crónica en aves: Alta	Alerta moderada: Toxicidad crónica en mamíferos: moderada; Efectos sobre la reproducción/desarrollo; neurotóxico

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
fluxaproxad	907204-31-3	F	Alerta máxima: Persistente (DT50=183 días)	Alerta máxima: Ecotoxicidad crónica en peces: Alta	Alerta moderada: Posible carcinógeno; Efectos de reproducción/desarrollo
Glifosato	1071-83-6	H	Alerta moderada: Flujo de drenaje: Ligeramente móvil; Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta moderada: Ecotoxicidad crónica en aves: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta moderada: Posible carcinógeno; Disruptor endocrino; Efectos de reproducción/desarrollo
metsulfuron metil	74223-64-6	H	Alerta máxima: GUS: Alta lixiviabilidad (GUS=3,28); Flujo de drenaje: muy móvil	Alerta moderada: Ecotoxicidad crónica en aves: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad aguda por contacto con las abejas: moderada; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta moderada: Efectos de reproducción/desarrollo

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
miclobutanil	88671-89-0	F	Alerta moderada: Moderadamente persistente (DT50=35-560 días); GUS: Estado de transición (GUS=1,99); Flujo de drenaje: Ligeramente móvil; Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta moderada: Ecotoxicidad aguda en aves: Moderada; Ecotoxicidad crónica en aves: Moderada; Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad aguda por contacto con las abejas: moderada; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: moderada; Ecotoxicidad aguda para las lombrices de tierra: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta máxima: disruptor endocrino
oxamilo	23135-22-0	I-N	Alerta máxima: GUS: Estado de transición (GUS=2,23); Flujo de drenaje: muy móvil	Alerta máxima: Ecotoxicidad aguda en aves: Alta; Ecotoxicidad crónica en aves: Alta; Ecotoxicidad aguda por contacto con las abejas: Alta; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: Alta	Alerta máxima: Toxicidad aguda en mamíferos: Alta; Disruptor endocrino; Inhibidor de acetil colinesterasa; neurotóxico
Primetanil	53112-28-0	F	Alerta moderada: Moderadamente persistente (DT50=31,4-50,9 días); GUS=2,17; Estado de transición; Flujo de drenaje: Moderadamente móvil; Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta moderada: Ecotoxicidad crónica en aves: Moderada; Ecotoxicidad aguda en peces: Moderada; Ecotoxicidad crónica en peces: Moderada; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad crónica de Daphnia: Moderada; Ecotoxicidad aguda para las lombrices de tierra: Moderada; Ecotoxicidad crónica para las lombrices de tierra: Moderada	Alerta moderada: Posible carcinógeno; Disruptor endocrino; Efectos de reproducción/desarrollo

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
spiroxamina	118134-30-8	F	Alerta moderada: Moderadamente persistente (DT50=25-52,4 días); Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta máxima: Ecotoxicidad crónica en aves: Alta; Ecotoxicidad crónica en peces: Alta	Alerta moderada: Toxicidad aguda en mamíferos: Moderada; Toxicidad crónica en mamíferos: moderada; Efectos de reproducción/desarrollo
tebuconazole	107534-96-3	F	Alerta moderada: Moderadamente persistente; GUS: Estado de transición (GUS=1,86); Flujo de drenaje: Ligeramente móvil; Potencial de transporte ligado a partículas: Medio	Alerta máxima: Ecotoxicidad crónica en aves: Alta; Ecotoxicidad crónica en peces: Alta	Alerta máxima: Disruptor endocrino; Efectos de reproducción/desarrollo
terbufos-sulfone	13071-79-9	I-N	Alerta moderada: Flujo de drenaje: ligeramente móvil	Alerta máxima: Ecotoxicidad aguda en peces: Alta; Ecotoxicidad crónica en peces: Alta; Ecotoxicidad aguda de Daphnia: Alta; Ecotoxicidad aguda para lombrices de tierra: Alta	Alerta máxima: Toxicidad aguda en mamíferos: Alta; Inhibidor de acetil colinesterasa; neurotóxico
Terbutrin	886-50-0	H	Alerta moderada: Moderadamente persistente (DT50=52-74 días); GUS=2,21: Estado de transición; Flujo de drenaje: Ligeramente móvil; Potencial de transporte	Alerta máxima: Ecotoxicidad aguda por contacto con las abejas: Alta	Alerta máxima: disruptor endocrino

PLAGUICIDA ENCONTRADO	NUMERO CAS	USO	DESTINO AMBIENTAL	ECOTOXICIDAD	SALUD HUMANA
Thiametoxam ¹⁸ ,	153719-23-4	I	ligado a partículas: Medio Alerta máxima: GUS: Alta lixiviabilidad (GUS=3,58); DT50=39-121 días; Flujo de drenaje: Móvil	Alerta máxima: Ecotoxicidad aguda por contacto con las abejas: Alta; Ecotoxicidad oral aguda en abejas: Alta	Alerta moderada: Toxicidad aguda en mamíferos: Moderada; Toxicidad crónica en mamíferos: Moderada
tiabendazol	148-79-8	F	Alerta máxima: Muy persistente (DT50=500-724 días); GUS=1,94; Potencial de transporte ligado a partículas: Alto	Alerta máxima: Ecotoxicidad crónica en peces: Alta	Alerta moderada: Toxicidad crónica en mamíferos: moderada; Posible carcinógeno; Efectos de reproducción/desarrollo

¹⁸ Uno de los metabolitos importantes del thiametoxam es la clotianidina (Fan, Y. & Shi, X. Characterization of the metabolic transformation of thiametoxam to clothianidin in *Helicoverpa armigera* larvae by SPE combined UPLC-MS/MS and its relationship with the toxicity of thiametoxam to *Helicoverpa armigera* larvae. *J Chromatogr B*. 1061, 349–355 (2017)) <https://www.nature.com/articles/s41598-018-33334-w#?r=0&text=Thiametoxam%20is%20transformed%20to%20clothianidin,with%20its%20metabolite%20clothianidin&w#>.

Resumiendo el cuadro anterior, vemos que, de los 26 plaguicidas de los cuales se detectaron residuos en la CBRS, **hay 14 que tienen una alerta máxima ambiental, ya sea por su alto índice GUS, lo que significa que tiene un alto potencial de lixiviación, o también por persistencia.** Ambos factores, solos o combinados, llevan a que el plaguicida aparezca como contaminante de aguas superficiales y también subterráneas.

Además, de este grupo de plaguicidas, **15 presentan una alerta ecotoxicológica máxima;** esto es, en uno u otro grado, tienen una **alta toxicidad para peces, abejas, artrópodos acuáticos, aves y hasta lombriz de tierra.**

La combinación entre alta lixivialidad o movilidad, con persistencia en el ambiente y, más aún, si se agrega una alta toxicidad para organismos no objetivo, lleva a efectos severos para el ambiente, lo cual puede estar sucediendo con algunos plaguicidas en la CBRS, según los resultados que hemos analizado. Este es el caso de plaguicidas como clotianidina (metabolito del tiametoxam), difenoconazol, fluopiram, fluxapiroxad, oxamilo, tiametoxam y tiabendazol.

Aunque, de acuerdo con los resultados de monitoreo, solo hemos identificado 7 plaguicidas que podemos decir que, al día de hoy, dada su alta concentración en las aguas superficiales, posiblemente están provocando un efecto adverso a los organismos acuáticos en la CBRS; aún así, otros de los plaguicidas que ya están apareciendo también son de alto riesgo por afectación ambiental.

Los riesgos para la salud humana también están presentes. Según señala PPDB, **13 de estos plaguicidas tienen alerta máxima por afectación a la salud humana,** con efectos como disruptor endocrino, neurotoxicidad, efectos adversos para el desarrollo o la reproducción, e incluso alta toxicidad crónica y posible cancerogenicidad.

Estas características de peligrosidad se ven reflejadas en las normas ambientales existentes para proteger a los organismos acuáticos, lo cual hemos analizado en este mismo estudio.

Los cultivos que podrían estar involucrados en el uso de los plaguicidas encontrados.

Con la finalidad de entender el origen de los residuos de los plaguicidas encontrados en las aguas estudiadas, hemos investigado a través del registro de plaguicidas de uso agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica¹⁹, los cultivos para los cuales han sido registrados estos plaguicidas. El registro de plaguicidas en Costa Rica se rige por la Ley 7664 y sus reglamentos.

Para conocer los plaguicidas registrados en Panamá se recurrió a la página web oficial del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) de la República de Panamá²⁰

¹⁹ INSUMOSYS, Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica (<https://app.sfe.go.cr/SFEInsumos/aspx/Insumos/ConsultaRegistroPlaguicida.aspx>)

²⁰ Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, Listado de Insumos fitosanitarios (con corte al 14/06/2023). <https://mida.gob.pa/sanidad-vegetal-2/>

2,4-D. Uso autorizado según los registros oficiales.

El 2,4-D es un **herbicida** especializado en el control de hierbas de hoja ancha. Según los registros del SFE, el 2,4-D está autorizado para usarse en los siguientes cultivos: **abelia híbrida, arroz, café, caña de azúcar, maíz, nuez, palma aceitera, pasto, pasto bromo, piña y sorgo.**

Al ver la lista anterior, se puede presumir que en la zona de estudio este herbicida se estaría utilizando en **cultivos de maíz o pastos**, ya que los demás cultivos de la lista no son comunes en la zona. Lo otro que se podría presumir es que hay un uso no autorizado del plaguicida, en otros cultivos, lo cual es una práctica frecuente en Costa Rica, dados los débiles controles oficiales existentes, aunados a la escasa asistencia técnica especializada que se brinda a los agricultores.

Es una tarea importante para el proyecto conocer más a fondo el uso que hacen los agricultores de este plaguicida, así como las medidas para hacer un uso apropiado que reduzca la contaminación ambiental detectada.

En el mercado costarricense hay 103 nombres comerciales de plaguicidas que contienen el herbicida 2,4-D; entre ellos los siguientes:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
2,4-D DAF 60 SL	HA -48 SL
2,4-D 60 SL	HA 72 SL
2,4-D 72 SL	Hedonal 68,3 SL
2,4-D DAF 40 SL	Hedonal 72 SL
4*4 60 SL	Helm 2,4-D Amina 60 SL
A.S.6 60 SL	HERBAMAX 60 SL
Academix 60 SL	HERBAMAX 72 SL
AGROCOM 60 SL	HERBOLEX 30.4 SL
Agromart 2.4-D 60 SL	HORMONIL 60 SL
AGROMINA 60 SL	HORMOVIT 60 SL
Agroz 2,4-D 40 SL	KURON 16 SL
AGROZAMORANOS 2,4-D 40 SL	Limpiapotrero 36 SL
AGROZAMORANOS 2,4-D 60 SL	MARMAN 24 DE 40 SL
AMINACOOP 60 SL	Matamina 60 SL
AMINAMART 40 SL	Matamonte 50,6 SL
AMINAMART 60 SL	MEGA 2,4-D 60 SL
Aminaroc 72 SL	
Aminex 60 SL	Mitch 101 30.4 SL
Aminex 72 SL	Mitch 30,4 SL
ANIMAL 60 SL	Navajo 30,4 SL
Arbuskip 16 SL	Nelore 60 SL
Arronex Propanil + 2,4-D 54 EC	Nufarm 2,4-D 60 SL
BANVEL 46.5 SL	Paso D 30,4 SL
BATON 80 SP	PASTAR 36 SL
Biokim 2.4-D 60 SL	Pastoreo 60 SL
Bioquim Herbikil 48 SL	Pestonex 2,4-D 60 SL

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
BIOQUIM PICLOR 30.4 SL Bullgrass 16 SL Bullgrass 30,4 SL Bullgrass 7,5 SL CAÑAMINA 60 SL Casagri 2,4-D 60 SL Cash 7,5 SL Combatran 24 SL Crisamina 60 SL CROSSER 16.5 SL Defensa 30.4 SL Dimaxine 60 SL DMA 45.6 SL DMA 68.3 SL Dominal 40 SL Dominal 48 SL Dominal 60 SL Dominal 72 SL DUCLAR 16 SL ESCOLITE 60 SL Esteron 40 SL FENOXAL 48 SL FLASH 7.5 SL FQ- 60 SL Fullmina 60 SL Galloper 52,9 WP	Potreron 30,4 SL PRADERA 72 SL PRINCEP 2,4-D 60 SL RANCHERO 24 SL Revancha 50 SL Rimac 2,4-D 60 SL Rimac Propanil+2,4-D 54 EC RIMAXIL 40 SL Rimaxil 60 SL Rimaxil 72 SL Rimaxil M 60 SL Sanzir 60 SL SERACSA 2,4-D 40 SL SERACSA 2,4-D 60 SL Sharda 2,4-D 60 SL SHERIFF 16 SL Soldado 101 30.4 SL SUPERAGROMINA 72 SL Telvar 7.5 SL TORAM 101 30.4 SL TORDON 30,4 SL Totem 60 SL Totem 72 SL VULCAN 60 SL Weedmaster 46,5 SL

Por otra parte, en Panamá hay 140 plaguicidas comerciales registrados que contienen 2,4-D:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
2,4-D + PICLORAM 30,4 SL 2,4-D 60 SL 2,4-D 60,2 SL 2,4-D AMINA 60 SL 2,4-D AMINA 60 SL 2,4-D AMINA PROFICOL 72 SL 2,4-D COLINA 76 SL 2,4-D COLINA 90 SG 2,4-D DMA 72 SL	GALLOPER 52,9 WP GESAMINA 60 SL GLIFOSATO + 2,4-D 39,8 SL GOLDSPRAY 76 SL HELMATON SUPER 26 SL HERBAMAX 60 SL HERBAMAX 72 SL HERBASOL 7,5 SL HERBIKIL 48 SL HERBOLEX 30,4 SL

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
2,4-D+ AMINOPYRALID 36 SL	HIERBAFIN 30,4 SL
2,4-D+DICAMBA 41 SL	HORMONIL 60 SL
2-4-D 72 SL	HURACAN 16 SL
AGROAMINA 72 SL	HURACAN 30,4 SL
AGROAMINA 72 SL	INFALIBLE 38,3 SL
AGROCOMBI 48 SL	IOXITRIL 70 EC
AGROMINA 60 SL	KAMBA MASTER 39,9 SL
AGRORESCUE 36 SL	KURON 16 SL
ALFAMINA SUPER 72 SL	LIGUSTRO 40 ME
AMERDON 30,4	LIMPIA POTRERO 36 SL
AMINA GOLD 72 SL	M - UNO 20 SL
AMINAL 86 SL	MATAMINA 60 SL
AMINAX SUPER 36 SL	MONTURA 30,4 SL
AMINEX 60 SL	NICOFOR PLUS 15 SE
AMINEX 72 SL	PADRON 13,5 SL
APOLLO 18,9 SL	PASTAR ® D 36 SL
ARRANQUE 36 SL	PASTAR 36 SL
ARRANQUE 45 SL	PASTIZAL 16 SL
ARTYS 30,4 SL	PASTIZAL 30,4 SL
ASIMIX 72 SL	PICLORAZELL 30,4 SL
BANDANA ® 72 SL	PICLORDON 48,7 SC
BATON 80 SP	POTRERO 60 SL
BEEF MASTER 30,4 SL	POTRERON 30,4 SL
BEST CCHEM 2,4-D + PICLORAM 27 SL	QUORUM 16 SL
BEST CHEM 2,4-D + PICLORAM 7,5 SL	RECOIL 31,8 SL
BIOQUIM 2,4-D 60 SL	RELAMPAGO 16,5 SL
BIOQUIM PICLOR 30,4 SL	REVANCHA 50 SL
BOMBAZO 24,4 SL	RIDONA 75 SG
BRAMGUS 30,4 SL	RIDONA LITE 51 SL
BREVE 7,5 SL	RIMAXIL 60 SL
BULLGRASS 30,4 SL	RIMAXIL M 60 SL
CAMPO 2,4-D 72 SL	SEMBRO FICLORAM 30,4 SL
CAMPO-GAN 30,4 SL	SHARDA 2,4D + AMINOPIRALID 36 SL
CAMPORALIYD 18,9 SL	SOCIO 72,37 SL
CENTROL 70 EC	SOLDADO 101 30,4 SL
COMBATRAN 24 SL	STELLAR 16,5 SL
COMBATRAN 24 SL	SUPER AGROMINA 72 SL
COMBATRANXT 22,5 ME	SUPERGRASS 30,4 SL
CROSSER 16,5 SL	TALION 30,41 SL
CROSSER D 18,9 SL	TERRANO D 18,9 SL
CUATRO X CUATRO 60 SL	THORMAX 30,5 SL
	TIFON 36 SL

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
DEBUT 42 SL	TIFREN 18,9 SL
DEFENSA 30,4 SL	TORAM 101 30,4 SL
DESTELLO 16,5 SL	TORBAN 30, 4 SL
DICAMZELL 48,8 SL	TORBAN PRO 90 SG
DIFERON 72 SL	TORBAN PRO 90 SG
DIMASTER 46,5 SL	TORDON 30,4 SL
DIMASTER XTRA 90 SG	TORDON XT 26 SL
DIMAXINE PRO 80 SG	TORIL 36 SL
DMA 68,3 SL	TORON 101 30,4 SL
DOSAMINA 72 SL	TOTEM 60 SL
ELIMINA 60 SL	TOTEM 72 SL
ELIMINA 72 SL	TRONADOR D 18,9 SL
ESPUELA 30,4 SL	TRONADOR 18,9 SL
ESPUELON 30,5 SL	TRUENO D 36 SL
ESTRELLA 7,5 SL	TUMBADOR 30,4 SL
ESTRIBO 38,3 SL	VENUSPRAY 90,6 SG
FENOXAL 48 SL	WEEDPLUS 46,5 SL
FLASH 7,5 SL	XTERMINA 45 EC
FORAM 16,5 SL	XTERMINA 90,5 EC

De esta manera, el herbicida 2,4-D es posiblemente el plaguicida con mayor oferta de productos comerciales, tanto en Costa Rica como en Panamá.

Nota: En estos y los siguientes cuadros, hemos resaltado con negrita en ambos cuadros (de Costa Rica y Panamá) algunos de los plaguicidas que están registrados en ambos países con los mismos nombres

Ametrina. Uso autorizado según los registros oficiales.

Los cultivos para los que está autorizado el uso de este **herbicida**, de acuerdo con los registros del SFE, son: **algodón, banano, caña de azúcar, cítricos, maíz, piña y plátanos**. Con base en esto, se presume que en la zona de estudio los cultivos donde se utiliza mayormente la ametrina pueden ser **banano, plátano y maíz**.

La oferta de productos comerciales que contienen ametrina en Costa Rica es la siguiente:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Amepax 50 SC	Exprone 80 WG
AMETREX 50 SC	Gesapax 50 SC
Ametrex 80 WG	GESAPAX 80 WG
Ametrex 80 WP	JEQUE 50 SC
Ametrina 50 SC	Krismat 75 WG
Ametrol 50 SC	MAITRINA 50 SC

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Ametrol Facil 80 WG	MARMATRINA 50 SC
AMIGAN 50 SC	MARMATRINA 80 WP
Amigan 65 WG	PBC AMETRINA 50 SC
AMIGAN 65 WP	Pronto 50 SC
Bioquim Herbastop 50 SC	Razor 50 SC
Colono Ametrina 50 SC	RIMAC AMETRINA 50 SC
CRISATRINA 50 SC	RIMAC AMETRINA 80 WG
DIMETRIN FACIL 80 WG	SELLAPAX 50 SC
DPA AMETRINA 50 SC	SELLAPAX 80 WG
Drexel Ametrina 50 SC	Sugarpax 50 SC
DVA AMETRINA 50 SC	Uranus 50 SC

En Panamá la ametrina se encuentra en la siguiente lista de plaguicidas formulados:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AMAZINA 50 SC	BIOQUIM HERBASTOP 50 SC
AMEPRIX 50 SC	CAMPO-AME 50 SC
AMEPRIX 80 WG	CAÑATREX 65 WG
AMETRELL 50 SC	DEVASTADOR 75 WG
AMETREX 50 SC	DIMETRIN FACIL 80 WG
AMETREX 50 SC	DREXEL AMETRINA 50 SC
AMETREX 80 WG	DUSTER 50 SC
AMETRINA 50 SC	ENFOKE XTRA 75 WG
AMETRINA 50 SC	GESAMETRINA 80 WG
AMETRINA 80 WG	GESAPAX 80 WG
AMETRINA 80 WP	JEQUE 50 SC
AMETRINA 80 WP	KRISMAT 75 WG
AMETRINA 80 WP	RIMAC AMETRINA 50 SC
AMETRINA HANSEANDINA 50 SC	SELLAPAX 50 SC
AMETROL 50 SC	SEMBRO AMETRINA
AMETROL FACIL 80 WG	SINERGE 50 EC
AMIGAN 65 WG	SUGAR TR YN 65 WG
BARCANE 75 WG	SUGARPAX 50 SC

Azoxistrobina. Uso autorizado según los registros oficiales.

El **fungicida** azoxistrobina está registrado en Costa Rica para usarse en los siguientes cultivos: arroz, banano, café, cebolla, chile dulce, frijol, helecho rumohra, melón, papa, papaya, sandía, tomate, zanahoria. De esta lista, se presumiría que el producto se está utilizando en banano y talvez frijol y papaya.

Para uso en la agricultura, en Costa Rica hay nueve registros de productos comerciales:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Affix 50 WG	Combistar Mix 28 SC
Amistar 50 WG	Custodia 32 SC
Bankit 25 SC	Mirador 25 SC
BIOQUIM MISTRAL 25 SC	Mistral Extra 32 SC
Combistar 50 WG	

A su vez, en Panamá están registrados 79 plaguicidas comerciales que contienen azoxistrobina:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ABATON 32,5 SC	GLORY 75 WG
ACENTOZELL 32 SC	GRADUATE ® 47,79
ACROBI OPTI 56 SC	HELMSTAR 50 WG
ACROBI TOP 32,5 SC	HELMSTAR PRISMA 32,5 SC
ACTIVPRO 29,5 SE	HYPER 28 SC
ADICONSTAR 32,5 SC	IMPERIO 32,5 SC
AFFIX 50 WG	KAMIKAZE 32 SC
AGROPIONNER 37 SC	MANCUERNA 28 SC
AGRORAID 32 SC	MANCUERNA PLUS 28 SE
AGROSTAR 80 WG	MISTICO 25 SC
AGROZOLE PLUS 28 SC	MISTRAL EXTRA 32 SC
AGROZOLE PRO 20 + 12,5 SC	MIXBOM 32,5 SC
AMISTAR 50 WG	NANOZELL 25 SC
AMISTAR FULL ® 60 SC	OSIRIS 32,5 SC
AMISTAR TOP 32,5 SC	PAGROSTAR F 32,5 SC
AMISTAR XTRA ® 28 SC	PARADOR 25 SC
AMIZELL 28 SC	PARADOR 50 WG
ASTROBIN 80 WDG	PERSEO 32,5 SC
AZOCONAZOL XTRA 28 SC	PORTERO 25 SC
AZOTELA MAX 85 WG	RICECLEAN 75 WG
AZOTELA MAX 85 WG	RIDOLAXYL 39,1 SE
AZOX 25 SC	RUMBA 28 SC
AZOXISTROBINA 25 SC	SCANNER 37 SC
	SEMBRO TABUS 50 WG
AZOXSTAR 28 SC	SHARDA AZOXISTROBINA 50 WG
AZOXYSTROBIN 50 WG	SPARTAZUR 56 SC
AZTROSTAR 80 WG	TANDEM 40 SC
AZTROSTAR XTRA 28 SC	TIAGO GOLD 32,5 SC
AZTROSTAR XTRA 84 WG	TIRO 27 EC
BANKIT 25 SC	TOPGUN 34 SE
BEST CHEM AZOXISTROBIN+CYPROCONAZOLE 28 SC	TRIDIUM 70 WG

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
CAMPO-STARMIX 28 SC	TURBO 25 SC
CAVALIER 32,5 SC	URGENTE 50 WG
COMPA DUO 84 WG	VERTIGO 32,5 SC
COSMOPOL 32,5 SC	WILSTAR GOLD 48 SC
CUSTODIA 32 SC	XPERTO GOLD 50 SC
DIFENOBIN 32,5 SC	XSTRATA 25 SC
DURAB 32,5 SC SC	XSTRATA GOLD 24 SC
EIZIT GUADAGRO 25 SC	XYSTROZELL 50 WG
FLUTOLIN PLUS 60 WG	ZOXIKILL EXTRA 28 SC

Aunque por los valores toxicológicos parece que la azoxistrobina no es altamente tóxica; sin embargo, el reporte del laboratorio mostró una concentración muy alta en las aguas superficiales, que incluso **superó en más de dos veces el valor de referencia para proteger los organismos acuáticos, conocido en Europa como RAC** (Regulatory Acceptable Concentration). Esto es, posiblemente, el resultado del uso no adecuado del fungicida, a lo que es conveniente prestar atención.

Boscalid. Uso autorizado según los registros oficiales.

El boscalid es un **fungicida** registrado en Cosa Rica para uso en los cultivos de banano, frijol, melón, papaya, plátanos, sandía, tomate, zanahoria.

Solo se observan dos productos comerciales registrados para uso en la agricultura en Costa Rica:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Bellis 38 WG	Cumora 50 SC

Por su parte, en Panamá hay 13 marcas comerciales de plaguicidas que contienen boscalid:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AGROBOSS 50 SC	BOXEADOR 38 WDG
AGROBOSS 50 WDG	CAUTELA 50 WG
AVALANCHA 50 SC	CAUTELA 50 WG
BELLIS ® 38 WG	CUMORA 50 SC
BOSBEL 38 WG	ESSENCE 87 WG
BOSSWIDE 38 WG	PATRIMONY 87 WG
	TWIN 38 WG

Carbendazim. Uso autorizado según los registros oficiales

Este **fungicida** está registrado en Costa Rica para uso en los siguientes 34 cultivos: aguacate, ajo, apio, arroz, ayote, banano, brócoli, café, cebolla, chayote, chile dulce, cítricos, coliflor, espárrago,

fresa, frijol, helecho rumohra, lechuga, macadamia, mango, maní, melón, ornamentales, ornamentales de flor, papa, pepino, piña, plátanos, remolacha, repollo, rosa, sandía, tomate y zanahoria.

Con base en la lista anterior, estimamos que en la CBRS el carbendazim podría estarse utilizando en los **cultivos de banano y plátano, así como en frijol**. Los demás cultivos son de menor importancia en dicha zona.

Hay registrados 41 productos comerciales que contienen el ingrediente activo carbendazim para uso en la agricultura en Costa Rica:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AGROCOM CARBENDAZIM 50 WP	Formuquisa Carbendazim 50 WP
Agromart Carbendazim 50 WP	Formuquisa Carbendazina 3 GR
AZOTE CARBENDAZINM 50 WP	HELMISTIN 50 SC
Biocarben 50 SC	Kanter 50 SC
Biocarben 50 WP	KANTER 50 WP
Carbecol 50 SC	Karbenzim Plus 50 SC
Carben 50 SC	LIBULAC 50 SC
Carbendazim 50 SC	Luxazim 50 SC
Carbendazina FQ 50 SC	ONIX 25 SC
Carbistin 50 SC	Pilarstin 50 WP
Concordia 52.5 SC	PISCIS CARBENZIM 50 WP
COZAID 50 SC	Rimac Carbendazin 50 WP
CPCP Carbendazin 50 WP	Rodazim 50 SC
Craker 50 SC	SERINALE 500 50 SC
Crizeb 50 SC	Sharda Carbendazina 50 WP
CROTONOX 50 SC	SOPRANO-C 25 SC
Curacarb 50 SC	Vertice 50 SC
DEROSAL 50 SC	Vondocarb 52.5 SC
ELIXIR 50 SC	
Eminol 50 SC	VONDOCARB 74 WP
Fedecoop Carbendazina 50 SC	Zincoman 52.5 SC

En Panamá son 36 los plaguicidas comerciales formulados con base en carbendazim que están registrados ante el MIDA con los siguientes nombres:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
BENDAZIM 50 SC	ELIXIR® 50 SC
BIOCARBEN 50 SC	EPOXICARB XTRA 80 WG
CALIDAN 26,25 SC	EPOXICONAZOL + CARBENDAZIM 80 WG
CAMPO CARZOL 37,5 SC	FUNGICAR DUO 25 SC
CAMPO SEGURO 25 SC	GOLDAZIM 50 SC
CAMPO-CARB 50 SC	HELMISTIN 50 SC
CARBEN 80 WG	KEMPRO 25 SE

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
CARBENDAZELL 50 SC	LUXAZIM 50 SC
CARBENDAZIM 50 SC	ONIX 25 SC
CARBENDAZIM 50 SC	PAGROVIENTO 25 SC
	PANDAZIM 50 SC
CARBENDAZIM HANSEANDINA 50 SC	PORTO 37,5 SC
CARBENDAZINA 50 SC	PROTEXIN 50 SC
CROTONOX 50 SC	RIMAC CARBENDAZIM 50 WP
DEROSAL 50 SC	SAAF 75 WP
DEROXIM PRO 80 WG	SUNDAZIM 50 WP
DEROZIM 50 SC	VONDOCARB 52,5 SC
DICARNID 50 SC	XPERTO GOLD 50 SC
	ZINCOMAN 52,5 SC

Clorotalonil. Uso autorizado según los registros oficiales

El **fungicida** clorotalonil está registrado ante el SFE para ser utilizado en un total de 50 cultivos en todo el país. A saber: ajo, apio, arroz, ayote, banano, berenjena, brócoli, cacao, café, cebolla, chayote, chile dulce, ciruela, cítricos, col de Bruselas, coliflor, crisantemo, dracaena, durazno, frijol, geranio, helecho rumohra, iris, lechuga, maíz, mango, maní, maracuyá, melocotón, melón, ornamentales, ornamentales de flor, ornamentales de follaje, palma aceitera, papa, papaya, pepino, plátanos, puerro, remolacha, repollo, rosa, sandía, soya, tomate, vainica, zanahoria, zapallo, zinnia, zucchini

De la lista anterior, se puede estimar que en la CBRS se utilizaría en los **cultivos de banano, cacao, frijol, maíz y plátano**, principalmente, ya que los demás cultivos son menos probables en la zona, al menos en extensiones comerciales.

Según el SFE, hay registrados 70 productos formulados que contienen este ingrediente activo, con los siguientes nombres:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Acrobat CT 60 SC	FEDECOOP CLOROTALONILO 75 WP
AG CLOROTALONIL 72 SC	FENIKS 62,5 SC
AGROCOM CLOROTALONIL 75 WP	FOLIO GOLD 44 SC
AGROMART BRADANIL 75 WP	Formuquisa Clorotalonil 72 SC
AMCONIL 72 SC	FORMUQUISA CLOROTALONIL 75 WP
AZOTE CLOROTALONIL 50 SC	Galeon 60,8 SC
AZOTE CLOROTALONIL 75 WP	GLIDER 72 SC
BALEAR 72 SC	Griffin Clorotalonilo 50 WP
Benzonil 60 WP	HELMONIL 72 SC
Biomil 50 SC	KAL-SIL 72 SC
Biomil 72 SC	Kinght 50 SC
Biomil 75 WP	Knight 72 SC
Bioquim Clorotalonil Dimetomorf 60 SC	Knight Plus 72 SC

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
BRADANIL 50 SC	Morfat CT 60 WP
BRAVO 50 SC	Odeon 72 SC
BRAVO 72 SC	ODEON 72 SC
Bravo 82.5 WG	
Bravonil 72 SC	ODEON 82.5 WG
CADONIL 50 SC	PBC Clorotalonil 50 SC
Clorotal 50 SC	PBC Clorotalonil 75 WP
Clorotal 72 SC	Protal 72 SC
CLORTOSIP 50 SC	Ridonate 50 SC
Clortosip 72 SC	Ridonate 72 SC
Cuprostar 63,4 SC	Rimac Clorotalonil 50 SC
Dacomax 72 SC	Rimac Clorotalonil 72 SC
Dacomax 75 WP	Sharda Clorotalonil 75 WP
Daconil 2787 - 75 WP	Sphinx Supra 48 WG
Daconil 50 SC	TALONIL 72 SC
Daconil 82.5 WG	THALONEX 50 SC
Daconil 72 SC	Thalonil Plus 50 SC
DAF CLOROTALONIL 50 SC	Transmerquim Clorotalonil 75 WP
DAF Clorotalonil 75 WP	
Diligent M-CT 81 WP	Visclor 72 SC
Echo 500 50 SC	Visclor 50 SC
Echo 72 SC	Visclor 75 WG
Echo 90 WG	Vondonil 72 SC

Por otra parte, en Panamá son 56 los plaguicidas formulados registrados ante el MIDA para venta comercial que contienen clorotalonil:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ACROBAT CT 60 SC	GLIDER 72 SC
ACROBI OPTI 56 SC	HELMONIL 72 SC
AGROSHIELD 60 SC	KNIGHT 72 SC
BALEAR 72 SC	MAPCLORYL 72 SC
BIOMIL 72 SC	MATSU 63,5 SC
BIOMIL 75 WP	MAXIMUS 50 SC
BRADANIL 72 SC	METANIL 81 WP
BRANADIL 72 SC	MIXTAN 60 SC
BRAVO 72 SC	NOVOFIX RF 75 WG
BRAVO 82,5 WG	ODEON 72 SC
BRAVONIL ® 72 SC	ODEON 82,5 WG
CAMPO-NIL 72 SC	PANONIL 72 SC
CENTURY 80 WP	PRIX 50 SC
CHENEY 42,5 SC	PRIX 72 SC

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
CLOROTALONIL 72 SC	REVUS OPTI® 44 SC
CLOROTALONIL 50 SC	REVUS OPTI® 44 SC
CLORTOSIP 72 SC	RIDOMIL GOLD BRAVO® 44 SC
CONTACT-PRO 72 SC	RIDOMIL GOLD BRAVO 44 SC
CURAVIT 80 WP	SPARTAZUR 56 SC
DACOMAX 72 SC	SPHINX SUPRA 48 WG
DACOMAX FORTE 90 WP	TALONIL 72 SC
DACONIL 82,5 WG	TALONIL 72 SC
DIACONO 75 SC	THALO 72 SC
DIACONO 75 SC	THALONEX 50 SC
DICLOZELL 60 SC	TILETION 72 WP
FENOMENO 75 WP	TRECATOL 48 WP
FIGHT CT 60 SC	VELONIL 72 SC
FOLIO® GOLD 44 SC	WILSTAR GOLD 48 SC

En el monitoreo de aguas en la CBRS no se encontraron residuos de clorotalonil, pero se detectó CTB²¹, el cual es un metabolito del citado plaguicida.

Clotianidina. Uso autorizado según los registros oficiales.

El insecticida clotianidina **no figura en la lista de registros de plaguicidas de uso agrícola** en Costa Rica ni en Panamá. Sin embargo, se conoce que la clotianidina es un metabolito que se produce durante el proceso de descomposición del **tiametoxam**^{22, 23, 24}. Esto explicaría su presencia en las aguas del río Sixaola, ya que también se encontraron residuos de tiametoxam; por lo tanto, haremos énfasis en los cultivos para los cuales está registrado el tiametoxam en vez del metabolito.

De cualquier forma, se debe resaltar que la clotianidina es también un plaguicida con un fuerte efecto tóxico para organismos no objetivo de control, como artrópodos acuáticos e insectos polinizadores. Esta sustancia tiene características físico-químicas de preocupación por cuanto pueden afectar el ambiente, como tener un alto potencial de lixiviación (GUS=3.74) con alta

²¹ CTB = 1,3-dicarbamoil-2,4,5,6-tetraclorobenceno, un metabolito del fungicida clorotalonil

²² Liu, N., Pan, X., Yang, Q. et al. The dissipation of thiamethoxam and its main metabolite clothianidin during strawberry growth and jam-making process. *Sci Rep* 8, 15242 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33334-w>. (<https://www.nature.com/articles/s41598-018-33334-w#:~:text=Thiamethoxam%20is%20transformed%20to%20clothianidin,with%20its%20metabolite%20clothianidin&w>.)

²³ M. Coulon, F. Schurr, A.-C. Martel, N. Cougoule, A. Bégaud, P. Mangoni, A. Dalmon, C. Alaux, Y. Le Conte, R. Thiéry, M. Ribière-Chabert, E. Dubois, Metabolisation of thiamethoxam (a neonicotinoid pesticide) and interaction with the Chronic bee paralysis virus in honeybees, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Volume 144, 2018, Pages 10-18, ISSN 0048-3575, <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.10.009>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048357517301633>)

²⁴ ANASAC. Hoja de datos de seguridad ORBITA SC (Tiametoxam+Lambda Cihalothrina) (<https://www.anasac.cl/agropecuario/wp-content/uploads/ORBITA-SC-HDS.pdf>)

persistencia, reflejada en una prolongada vida media (DT50=121-545 días). Estas dos características, aunadas a una alta toxicidad para insectos, son de preocupación para la protección ambiental. Así también es de preocupación por el efecto que pueda provocar en humanos, ya que se indica que la sustancia produce efectos neurotóxicos.

Estas preocupaciones deben asociarse también con el plaguicida tiametoxam del cual se deriva la clotianidina.

Diazinon. Uso autorizado según los registros oficiales

El **insecticida** diazinon está registrado en Costa Rica para ser utilizado en los cultivos de banano, brócoli, café, caña de azúcar, cebolla, chile dulce, cítricos, coliflor, fresa, frijol, hortalizas, lechuga, maíz, mango, melón, ornamentales, papa, papaya, pastos, pepino, piña, plátanos, repollo, sandía, sorgo, tabaco y tomate.

Los plaguicidas comerciales que contienen diazinon, autorizados para la venta en Costa Rica, son 26:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Biokim Diazinon 60 EC	Duwest Diazinon 60 EC
Colono Diazinon 60 EC	KNOX OUT 2 FM 24 CS
CRISAPON 60 EC	Piñorel 60 EC
DANOL 60 EC	RIMAZINON 10 GR
DIAZIFOR 60 EC	RIMAZINON 60 EC
DIAZINON DAF 10 GR	Seracsa Diazinon 60 EC
Diazinon daf 60 EC	Tekla 60 EC
Diazol 50 EW	TERCIOPELO 10 GR
DIAZOL 60 EC	TERCIOPELO 60 EC
Diazol 60 EW	Transmerquim Diazinon 60 EC
Diazolution 10 GR	
DIAZOLUTION 60 EC	Vibora 60 EC
Dicarmid 60 EC	Zinoncoop 60 EC
Drexel Diazinon 60 EC	

En Panamá hay registrados 17 plaguicidas comerciales formulados con base en diazinon:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AGROMART DIAZINON 60 EC	DIAZINON 60 EC
BIOKIM DIAZINON 60 EC	DIAZOL 60 EC
CORSARIO 22,5 EC	DIZOL 60 EC
DANOL 60 EC	DREXEL Diazinon 60 EC
DIASH 50 EC	PAGROZINON 60 EC
DIAZID 60 EC	RIMAZINON 10 GR
DIAZINON DAF 60 EC	RIMAZINON 60 EC
DIAZINON 50 EC	SUNDIAZINON 60 EC
DIAZINON 60 EC	

El diazinon es considerado un plaguicida altamente peligroso tanto para organismos silvestres como para el ser humano, según se observa en PPDB²⁵. Dada su peligrosidad, la EPA de USA tiene al diazinon entre los **productos de uso restringido**²⁶ (RUP por sus siglas en inglés); así también el Departamento de Protección Ambiental del Estado de Florida²⁷ tiene una norma con un muy bajo nivel de tolerancia para este plaguicida en el agua superficial, el cual es tres veces inferior al nivel de contaminación que se detectó en las aguas del río Sixaola. Esto es importante de tomar en cuenta en este proyecto.

Difenoconazol. Uso autorizado según los registros oficiales.

El fungicida difenoconazol está autorizado en Costa Rica para ser utilizado en los siguientes cultivos: arroz, banano, café, cebolla, cítricos, helecho pteris, helechos, melón, naranja, papaya, plátanos, tomate y zanahoria. De estos cultivos, se estima que en la CBRS se utiliza en los **cultivos de banano y plátano**.

En el mercado costarricense están autorizados un total de nueve plaguicidas formulados que contienen difenoconazol, según el siguiente listado:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Bioquim Difenoconazole 25 EC	Paladium 25 EC
Brisk 50 EC	SCORE 25 EC
Divino 25 EC	Sico 25 EC
GARDNER 25 EC	TASPA 50 EC
HELCORE 25 EC	

Por otra parte, en Panamá hay registrados 41 plaguicidas comerciales que contienen difenoconazol:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ABATON 32,5 SC	FIERRO 50 SC
ACROBI TOP 32,5 SC	GARDNER 25 EC
ACRUX 32,87 EC	HELCORE 25 EC
ADICONSTAR 32,5 SC	HELMSTAR PRISMA 32,5 SC
ALCATRAZ 37,5 SC	JAVIN XTRA 50 SC
ALCATRAZ 7 ME	KONIG 50 EC
AMISTAR FULL ® 60 SC	MIRAVIS DUO 20 SC
AMISTAR TOP 32,5 SC	OSIRIS 32,5 SC
CAMPO- DIFE 250 EC	PAGROVERA 50 SC
CANCILLER 25 EC	PALADIUM 25 EC
CYDOME 30 SC	PANIG 30 EC
DEBUT 25 EC	RAUS 50 EC

²⁵ Pesticide Properties Data Base, University of Hertfordshire (<http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/212.htm>)

²⁶ US-EPA. Restricted Use Products (RUP) Report <https://www.epa.gov/pesticide-worker-safety/restricted-use-products-rup-report>

²⁷ Estado de Florida, USA, Department of Environment Protection, 2005 Development of Cleanup Target Levels (CTLs) for Chapter 62-777, FAC (Feb. 2005) <https://floridadep.gov/waste/district-business-support/documents/technical-report-development-cleanup-target-levels-ctl>

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
DIFECOR 25 EC	SCORE ® 25 EC
DIFENOBIN 32,5 SC	SICO 25 EC
DIFENOCONAZOLE 25 % EC	SIGILO 25 EC
DIFENOCONAZOLE STOCKTON 25 EC	SPLASH 30 EC
DIFOR 25 EC	SPYRALE ® 47,5 EC
DIVINO 25 EC	TASPA 50 EC
DURAB 32,5 SC	TIAGO GOLD 32,5 SC
FATUM 60 WG	VERTIGO 32,5 SC
FENPROZOLE 50 EC	

Diuron. Uso autorizado según los registros oficiales.

El **herbicida** diuron se encuentra registrado en Costa Rica para ser utilizado en los siguientes cultivos: algodón, banano, café, caña de azúcar, cítricos, limón, macadamia, maíz, manzana, melocotón, naranja, palma aceitera, pastos, piña, plátanos, sorgo y yuca.

Es de esperar que en la CBRS el diuron se utilice en los **cultivos de banano y plátano, así también en maíz, pastos y plantaciones de yuca.**

Además, en la siguiente lista están los plaguicidas que contienen diuron que pueden estar disponibles en el mercado de Costa Rica, con un total de 65 nombres comerciales, lo que lo convierte en uno de los plaguicidas con mayor número de productos formulados registrados:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AATREX 80 SC	Dorion 80 SC
Advance 61 WP	Dorion 80 WG
AG DIURON 50 SC	Drexel Diuron 48 SC
AGROCOM DIURON 48 SC	DREXEL DIURON 80 WG
AGROCOM DIURON 80 WP	FARMAGRO DIURON 80 WP
AGROMART DIURON 48 SC	Gramocil 30 SC
AGROZAMORANOS MARKE X 80 WP	GRAMURON X 30 SC
Batazo 50 SC	KARMEX 80 WG
Batazo 80 WG	Karmex 80 WG
Bioquim Biomuron 30 SC	KARMEX 80 WP
Bioron 48 SC	Kila 70,5 WP
Bioron 80 WP	Killuron 50 SC
Boa Super 30 SC	Knockout 30 SC
Colono Diuron 50 SC	NATUREX DIURON 50 SC
Crissquat Paraquat + Diuron 30 SC	NATUREX DIURON 80 WP
CRISURON 48 SC	Nufarm Diuron 50 SC
CRISURON 80 WP	Nufarm Diuron 90 WG
DIMETRIN FACIL 80 WG	Pronto 50 SC
DIUMAR 80 SC	Razor 50 SC

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
DIUMAR 80 WP	RIMAC DIURON 50 SC
Diupax 80 SC	RIMAC DIURON 80 SC
DIUREX 50 SC	RIMAC DIURON 80 WP
DIUREX 80 SC	Seduron 80 SC
Diurex 80 WG	SEDURON 80 WP
DIUREX 80 WP	SELLADOR 48 SC
Diurolaq 50 SC	SHARDA DIURON 50 SC
Diuron Bayer 80 WP	SHARDA DIURON 80 WP
DIURON 80 SC	SHEIK 80 SC
DIURON 80 WP	SHEIK 80 WP
Diuron Daf 80 WP	Trombo 80 SC
DIURON FORMUQUISA 80 WP	Trombo 48 SC
Diuronco 80 SC	Trombo 80 WG
DIURONCOOP 80 WG	Trombo 80 WP
	Velpar K 60 WP

Se registran 46 plaguicidas comerciales, en Panamá, que contiene el ingrediente activo diuron, según reporta el MIDA, ya sea solos o en mezcla con otros ingredientes activos:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ADVANCE 61 WP	DIURON 80 WP
ANGLURON 30 SL (USO RESTRINGIDO)	DIURON 80 WP
BATAZO 50 SC	DIURON HANSEANDINA 80 WG
BATAZO 80 WG	DIURONE 80 WG
BIORON 80 WP	DYUPRO 80 WP
BROMACIL + DIURON 80 WG	GRAMURON-X 30 SC (USO RESTRINGIDO)
BROMACIL + DIURON 80 WG	HERBIURON 80 WG
CAMPO-URON 80 SC	HEXARON 60 WG
CAMPO-URON 80 WP	HURON 80 WP
DALONG 30 SC (USO RESTRINGIDO)	KATOR 80 WP
DIMETRIN FACIL 80 WG	KOMETA 60 WG
DIUPRIX 80 WG	KROVAR 80 WG
DIUPRIX DUO 60 WG	PAGROMAX 60 WDG
DIUREX 80 SC	PANURON 80 WG
DIUREX 80 WG	PARAQUAT + DIURON 30 SC (USO RESTRINGIDO)
DIUREX 80 WP	RIMAC DIURON 80 WP
DIUROLAQ 50 SC	SHARDA DIURON 80 WG
DIURON + HEXAZINONA 60 WG	SHEIK ® 80 SC
DIURON 80 SC	SHEIK 80 WP
DIURON 80 WG	TRITON 80 WDG
DIURON 80 WG	

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
DIURON 80 WP	TROMBO 80 WG
DIURON 80 WP	UNIURON 80 WP

Epoxiconazol. Uso autorizado según los registros oficiales.

El **fungicida** está registrado en Costa Rica para ser utilizado en 5 cultivos: arroz, banano, café, piña, plátanos, de los cuales el **banano el plátano** son los cultivos más probables donde se utiliza el epoxiconazol en la CBR.

Los plaguicidas comerciales que contienen epoxiconazole y que están autorizados para comercializar en el mercado costarricense son los siguientes:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Bioquim Epoxiconazole 12,5 SC	Opus 12.5 SC
Bioquim Pyraclostrobin-Epoxiconazole 18,3 SE	SOPRAL 7.5 EC
Espiga 25 SC	Soprano 12,5 SC
JUWEL 25 SC	SOPRANO-C 25 SC
OPERA 18.3 SE	Trigold 25 SC
	Viathan 18,3 SE

El epoxiconazol se comercializa en Panamá con base en 32 registros realizados ante el MIDA:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ADEXAR ® 12,5 EC	OPTIMO 12,5 SC
AGROCOACH 80 WG	OPUS 12,5 SC
AGROCONQUER 18,3 SE	PAGROVIENTO 25 SC
BARRET 12,5 SL	PETEL 7,5 EC
EPOFANT 49,7 SC	PIRASTAR 80 WG
EPOK 12,5 SC	PIRAZOL 18,3 SE.
EPOXICARB XTRA 80 WG	POLCA 12,5 SC
EPOXICONAZOL + CARBENDAZIM 80 WG	SINFONIA 18,3 SE
EPOXICONAZOL+KRESOMIX METIL 80 WG	SOPRANO 12,5 SC
EPOXICONAZOL 7,5 EC	SPARTA COMBI 25 WG
FLORIX MIXX 18,1 EC	SPLIT 38 SC
FUNGICAR DUO 25 SC	TENOR 12,5 SC
JUWEL 25 SC	TRIGOLD 25 SC
KANTER 25 SC	VALIDUS 25 SC
KANTER 25 SC	ZANCOR 18,3 SE
OPERA ® 18,3 SE	ZANCOR 80 WG

Fenpropidin. Uso autorizado según los registros oficiales.

El fenpropidin es un **fungicida** registrado en Costa Rica para uso en un limitado número de cultivos: **banano y plátano**, con solo un producto comercial formulado registrado:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Seeker 75 EC	

En Panamá se han registrado dos productos comerciales con base en fenpropidin, según reporta el MIDA:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
SEEKER R 75 EC	SPYRALE® 47,5 EC

Fenpropimorf. Uso autorizado según los registros oficiales.

Este **fungicida** está registrado ante el SFE para uso en dos cultivos: **banano y plátano**. Así también se ha registrado solo un producto comercial formulado:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Volley 88 OL	

En Panamá hay solo dos productos comerciales registrados que contienen fenpropimorf:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
CANDIDO 75 EC	VOLLEY 88 OL

Fluopiram. Uso autorizado según los registros oficiales.

El fluopiram es uno de los **fungicidas** conocidos como “de nueva generación”, el cual se registró en Costa Rica para uso en dos cultivos: **banano y plátano**, con un solo producto comercial registrado hasta la fecha:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Verango 50 SC	

Por otra parte, en Panamá hay registrados cuatro productos comerciales que contienen fluopiram:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
CALILLA 50 SC	GORNA PLUS 50 SC
CALILLA PLUS 4 SC	VERANGO 50 SC

El fluopiram tiene relativamente poco tiempo de estar en uso en Costa Rica, pero tiene características de preocupación respecto a su comportamiento ambiental, su ecotoxicidad y su toxicidad para la salud humana. El hecho de que en tan corto tiempo se esté detectando como

contaminante en aguas superficiales evidencia un mal manejo en el campo, por cuanto desde el punto de vista ambiental su registro en Costa Rica tiene limitaciones de uso, ya que eran conocidos sus factores de peligrosidad desde la fase de registro del producto.

Fluxapiroxad. Uso autorizado según los registros oficiales.

El **fungicida** fluxapiroxad está registrado ante el SFE para ser utilizado solamente en dos cultivos: banano, frijol.

También existen solo dos productos comerciales formulados que están registrados para su venta y uso en el mercado costarricense:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Lonselor 30 SC	Sistiva 33,3 FS

La siguiente es la lista de plaguicidas comerciales que contienen fluxapiroxad registrados en Panamá:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
LONSELOR® 30 SC	FLORIX PLUS 50SC
VIVACE 50 SC	FLORIX MIXX 18,1 EC
ADEXAR® 12,5 EC	

Glifosato. Uso autorizado según los registros oficiales.

El glifosato es el **herbicida** más utilizado en Costa Rica. Ante el SFE se ha registrado para utilizar en los siguientes **30 cultivos**: aguacate, algodón, arroz, banano, cacao, café, caña de azúcar, chayote, cítricos, coco, frijol, guanábana, macadamia, maíz, mango, maní, manzana, melón, ornamentales, palma aceitera, papa, papaya, pasto bermuda, piña, plátanos, sandía, sorgo, soya, tamarindo y uva.

En la CBRS es posible que se utilice glifosato en **los cultivos de banano, cacao, frijol, maíz y plátano**, pero también en cualquier otro cultivo, incluyendo hasta el mantenimiento de las orillas de carreteras y caminos vecinales.

Ante el SFE hay **registrados 78 productos comerciales** que contienen glifosato, lo cual lo convierte en uno de los plaguicidas con mayor oferta en el mercado. La siguiente es la lista de nombres comerciales con los que podría estar en el mercado este plaguicida:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Agente 36 SL	GLIFOSATO NORTOX 35.6 SL
Agr. Glifosato+Terbutilazina 50 SC	GLIPHOGAN 35.6 SL
Agrocom Glifosato 35,6 SL	Glyfosan 35,6 SL
Agromart Glifosato 24 SL	Glyfosan 68 WG
ARRASADOR 36 SL	Glyphosate Original 35.6 SL
ARRASADOR 75,7 SG	Helosate 35.6 SL
	INQUIGRASS 35.6 SL

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ATILA 35.6 SL Atred 35.6 SL Az Rondo 15.38 SL Az Rondo 30,77 SL Balazo 35.6 SL Batalla 35.6 SL Biokil 24 SL BIOKIL 35.6 SL Biokim Glifosato 35.6 SL Bronco 35,6 SL Brusato 35.6 SL Cañaxato 35,6 SL CAVALIER 35.6 SL Clipper 68 WG Colono Glifosato 36 SL CPCP Glifosato 35,6 SL Credit 35.6 SL Devastador 75,7 SG DOMINANTE 35.6 SL Drexel Glifosato 35,6 SL Durango 48 SL Estelar 36 SL EVIGRAS 24 SL EVIGRAS 35.6 SL Fedecoop Glifosato 35.6 SL Folar 46 SC Forastero 35.6 SL Glifocol 35,6 SL Glifolaq 35,6 SL GLIFOMAX 35.6 SL GLIFONOX 35.6 SL Glifos 35.6 SL Glifosato 35.6 SL	JINETE 24 SL JINETE 35.6 SL Kila 44.9 TB Kila 44.9 WP Labriego 35.6 SL Lince 36,5 SL NOSWEAT 35.6 SL PANTEK 36 SL Pasaglif 35.6 SL RAMBO 24 SL RAMBO 35.6 SL RAMBO M 20,4 SL Ranger 24 SL Rastrillo 35,6 SL Raydon 35.6 SL Rimaxato 20.5 SL RIMAXATO 24 SL Rimaxato 35,6 SL Rimaxato 68 WG Rimaxato 75 WG RIVAL 68 SG Rodeo 35.6 SL ROKA 35.6 SL Rondo 35.6 SL ROOT OUT 36 SL Roundup 35.6 SL Roundup Max 68 SG Rula 35.6 SL SERACSA GLIFOSATO 35.6 SL Skoba 35.6 SL Sunup 36 SL Touchdown Forte 50 SL

Glifosato es uno de los plaguicidas que tiene más registros comerciales en Panamá, para un total de 76 productos, descritos en la siguiente lista:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AGENTE 36 SL ARRASADOR 75,7 SG	GLISAN 75,7 SG GLYFOPRO 35,6 SL

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ATILA 35,6 SL	GLYFOPRO 75,7 SG
BIOKIL 35,6 SL	GLYFOSAN 35,6 SL
CAMPO-SATO 360 SL	GLYKAMBA 24 SL
CAMPO-SATO 75,7 SG	GLYPHOGAN 35,6 SL
CANDELA 35,6 SL	HELOSATE 35,6 SL
CANDELA 68 WG	INQUIGRASS 35, 6 SL
CANDELA SUPER 36,5 EW	JARIPEO 68 SG
CARPIDORA 48 SL	JINETE 35,6 SL
CLIPPER 68 WG	KILA 44,9 TB
COMANDER 75,7 SG	KING GRASS 75,7 SG
DEBUT 42 SL	NOVAMAX ® 36 SL
DESEKTOR 50 SL	PANTEK 36 SL
DKLIFOSAT 48 SL	PILAROUND 35,6 SL
DKLIFOSAT 75,7 SG	PILARSATO 35,6 SL
DURANGO 48 SL	RAMBO 35,6 SL
EVIGRAS 35,6 SL	RECOIL 31,8 SL
FASTFIELD 35,6 SL	REVOLVER PLUS 54 SL
FERSATO 35,6 SL	REVOLVER XTRA 68 SG
FERSATO SUPER 35,6 SL	RIDONA 75 SG
GARABATO 41 SL	RIDONA LITE 51 SL
GLIFOCOL 35,6 SL	RIMAXATO 24 SL
GLIFOLAQ 35,6 SL	RIMAXATO 75 WG
GLIFONOX 35,6 SL	RIPPER ULTRA 35,6 SL
GLIFOSAN FORTE 48 SL	ROOT OUT 36 SL
GLIFOSATO + 2,4-D 39,8 SL	ROUNDUP 35,6 SL
GLIFOSATO 35,6 SL	ROUNDUP MAX 68 SG
GLIFOSATO 35,6 SL	SPARTACO 54 SL
GLIFOSATO 48 SL	TITAN 68 SG
GLIFOSATO ALEMAN 35,6 SL	TORNADO 48 SL
GLIFOSATO DREXEL 35,6 SL	TOUCHDOWN FORTE® 50 SL
GLIFOSATO ORIGINAL 35,6 SL	TOUCHDOWN PRO® 36 SL
GLIFOZELL 35,6 SL	VALSAGLIF 35,6 SL
GLIFOZELL 68 SG	VALSAGLIF 68
GLIFOZELL 48 SL	VELFOSATO 35,6 SL

Metsulfuron metil. Uso autorizado según los registros oficiales.

El **herbicida** metsulfuron metil está registrado ante el SFE para ser utilizado en los siguientes cultivos: arroz, café, caña de azúcar, palma aceitera, pastos. Por lo tanto, habría que presumir que en la CBRS se está **utilizando en el mantenimiento de pasturas, a menos que también se esté dando un uso no autorizado en otros cultivos**. Esto último no sería de extrañar, tomando en cuenta los débiles

controles de uso de plaguicidas que hay en Costa Rica, así como la escasa asistencia técnica especializada que reciben los agricultores.

Existen en el mercado costarricense 28 plaguicidas comerciales formulados que contienen metsulfuron metil, con los siguientes nombres:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Aliado 60 WG Aliado 60 WP ALLY 60 WG Arranque 60 WP Cash 60 WP Combo 60 WG/24 SL Crystal Sulfonil 51 SC Errasin 60 WP Espada 60 WP Fulminante 60 WP GALLO 60 WP Galloper 52,9 WP Glock 60 WP Kila 44.9 TB	Kila 44.9 WP Kila 70,5 WP MALBAN 50 WP Matamonte 50,6 SL Matancha 60 WG METSULFOZELL 60 WP Met-Weed 60 WG Misil 60 WP Neptuno 60 60 WG Plot 60 WG PURESTAND 60 WG RIMAC - ONVO 60 WG/24 SL Rimac Metsulfuron Metil 60 WG Tronazell 60 WP

Según los reportes del MIDA, en Panamá hay 37 plaguicidas comerciales que contienen metsulfuron metil:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ALFALLY 60 WG ALIADO 60 WG ALIADO 60 WP ALLIED 60 WG ALLY 60 WG ARRANQUE 60 WP BEST CHEM METSULFURON METHYL 60 WG CAMPOFURON 60 WG COMBO 60 WG/24 SL ERTUS 60 WDG ESPADA 60 WP FORZA 60 WP GALLOPER 52,9 WP KAPUT 60 WG/ 24 SL KILA 44,9 TB MAGNUM 60 WP MATANCHA 60 WG	METSULFURON 60 WG METSULFURON METHYL 60 WDG METSULFURON METIL 60 WG METSULFURON METIL 60 WG METSULMAX 60 WG NEPTUNO 60 WG NEWKILL 60 WG PANALY 60 WG RIMAC ONVO 60 WG/ 24 SL ROSULFURON 60 WG SEMBRO DIRVO 60 WG SOCIO 72,37 SL SULFONIL 48,3 SC SUNTAL 60 WG TARZAN 60 WDG TRONAZELL 60 WP TURIA 60 WG

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
MESUMET GUADAGRO 60 WDG METSUK 60 WG METSULFOZELL 60 WP	VALAY 60 WG ZUMBA 60 WG

Miclobutanil. Uso autorizado según los registros oficiales.

El **fungicida** miclobutanil está registrado en Costa Rica para ser utilizado en los cultivos de arroz, banano, manzana, melón, ornamentales, rosa, sandía y uva. Por lo tanto, es de esperar que en la CBRS se utilice en **el cultivo de banano y, probablemente, también en plátano, aunque el registro no lo autorice.**

En Costa Rica existe solo un registro comercial formulado disponible para este plaguicida:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
RALLY 40 WP	

En Panamá existen 8 productos comerciales registrados formulados con miclobutanil:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
RALLY 40 WP MICLOBUTANIL 96 % TÉCNICO MYCLON 12,5 EC BLAST PRO 66 EC	TRIWAY 55 EC DUELO 40 WP ESTRUENDO 24 EC SYSTHANE 24 EC

Oxamilo. Uso autorizado según los registros oficiales.

Insecticida-nematicida altamente peligroso para las personas y para el ambiente. Recientemente fue tomada la decisión en la **Unión Europea de sacarlo del mercado (no se aprobó su continuación en el registro)** ²⁸. En Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) tiene al oxamilo en la lista de **“productos de uso restringido” (RUP, por sus siglas en inglés)** ²⁹. Esto implica que no cualquier persona puede aplicarlo, si no pasa un proceso de capacitación y acreditación especial, coordinado por dicha agencia ambiental, o si el aplicador no está supervisado por una persona acreditada.

En Costa Rica el oxamilo está registrado para uso en los siguientes cultivos: algodón, apio, banano, café, cebolla, cítricos, lechuga, melón, ornamentales, papa, pasto estrella, pasto kikuyo, pepino, piña, plátanos, sandía, tabaco y tomate

En la zona de la CBRS el oxamilo probablemente se utiliza en los **cultivos de banano y plátano.**

De acuerdo con los registros de este plaguicida ante el SFE, en Costa Rica se comercializa con los siguientes nombres comerciales:

²⁸ EUR-LEX, Commission Implementing Regulation (EU) 2023/741 DEL 05/04/2023. ([EUR-Lex - 32023R0741 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/741/20230405/eng))

²⁹ US-EPA. Restricted Use Products (RUP) Report <https://www.epa.gov/pesticide-worker-safety/restricted-use-products-rup-report>

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Armeril 10 GR Armeril 24 SL	Raizate 24 SL Sunxamil 24 SL
Bazuka 24 SL BIOQUIM OXATE 24 SL OXAMIL 24 SL	Vydate 24 SL Vydate Azul 24 SL Vydox 24 SL

El oxamilo está clasificado en Costa Rica en la categoría de “**altamente peligroso**” (**Banda de color roja**); **por lo tanto, su venta debe ser solamente bajo receta profesional**. No obstante, no existe una restricción específica para este plaguicida, a pesar de su alta peligrosidad.

Por otro lado, en Panamá son 9 los plaguicidas comerciales, registrados formulados con oxamilo:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ARMERIL 24 SL <i>BIOQUIM OXATE 24 SL</i> <i>KING 24 SL</i> OXAMIL 24 SL OXAMIL 24 SL	<i>OXAMIZELL 24 SL</i> RAIZATE 24 SL VYDATE AZUL 24 SL VYDATE 24 SL

Además, en Panamá el **oxamilo es un plaguicida de uso restringido**, según el RESUELTO N° DAL-043-ADM-2011 (del 14 de septiembre de 2011).

Pirimetanil. Uso autorizado según los registros oficiales.

Este **fungicida** está registrado en Costa Rica para uso en banano, clavel, ornamentales, rosa y tomate. Por lo tanto, es de esperar que en la CBRS se utilice en el **cultivo de banano y, podría ser, también en plátano**, a pesar de no tener registro para ese uso.

El registro de productos comerciales formulados en Costa Rica a base de pirimetanil se limita a cuatro nombres:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
BIOQUIM PIRAMIDE 60 SC Compeer 60 SC	Scala 40 SC Siganex 60 SC

Por otro lado, en Panamá hay dos plaguicidas comerciales registrados que contienen pirimetanil:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
PIM 60 SC	SPARTANIL 60 SC

Spiroxamina. Uso autorizado según los registros oficiales.

La spiroxamina es un **fungicida** que está registrado en Costa Rica solamente para uso en el cultivo de **banano**. Así también hay solo dos productos comerciales registrados ante el SFE para uso en la agricultura:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
BIOQUIM ESPIRAL 80 EC	Impulse 80 EC

En Panamá se reportan 6 productos comerciales formulados con el ingrediente activo spiroxamina:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
BIOQUIM ESPIRAL 80 EC	SPARKUP MIXX 46 EC
BLAST PRO 66 EC	SPIROXAMINA 80 EC
IMPULSE 80 EC	SPLENDID 80 EC

De acuerdo con PPDB, se advierte sobre la **alta peligrosidad de este fungicida para las aves y los peces**.

Tebuconazol. Uso autorizado según los registros oficiales.

Fungicida altamente peligroso para aves y peces. Además, se señala una alta preocupación por **efectos adversos para la salud humana** como ser un disruptor endocrino y producir efectos adversos para la reproducción y el desarrollo.

En Costa Rica está registrado su uso en los cultivos de arroz, banano, café, cebolla, maíz, melón, papaya y plátano.

El SFE reporta un total de 24 productos comerciales formulados que contienen tebuconazol:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Argento 25 EC	Horizell 25 EC
Argento Plus 30 EC	NATIVO 75 WG
Benosol 25 EC	Orius 25 EW
BIOQUIM TEBUCONAZOLE 25 EC	RIMAC TEBUCONAZOLE 25 EC
Campeador 30 EC	Silvacur Combi 30 EC
CHEMOZOLE 25 EC	Slammer Duo 30 EC
Coloso 30 EC	Supreme 40 EW
Custodia 32 SC	TEBUCONAZELL 25 EC
Espectro 30 EC	
FOLICUR 25 EC	Tebutrianol 30 EC
FOLICUR 25 EW	TEBUTRIAZELL 30 EC
Forastero 75 WG	Zamir 40 EW
GRAND 25 EW	

En Panamá existen 51 plaguicidas comerciales que contienen tebuconazol, que están registrados ante el MIDA:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ACENTOZELL 32 SC	PILARTED 34,5 SC
AGROHERO 30 EC	PORTO 37,5 SC
AGROPIONNER 37 SC	SCANNER 37 SC
AGRORAID 32 SC	SEMBRO GRADUS 43 SC
AS 30 EC	SILVACUR COMBI 30 EC
AZOTELA MAX 85 WG	SILVZOLE PLUS 41,67 SC
BOXER 25 EC	SPARKUP MIXX 46 EC
BUZZ ULTRA 75 WG	SUPER METEORO 30 EC
CALILLA PLUS 4 SC	SUPREME 40 EW
CAMPO CARZOL 37,5 SC	TEBUCONAZELL 25 EC
COMBI PRO 24,6 FS	TEBUCONAZOL 25 EW
CUSTODIA 32 SC	TEBUCONAZOL 43 SC
DECOR 25 EC	TEBUCONAZOL 75 WG
EVITO T 45 SC	TEBUCONAZOL+ TRIADIMENOL 30 EC
FENOMENO 75 WP	TEBUCONAZOLE 25 EW
GRAND 25 EW	
IMPERIO 32,5 SC	TEBUCOZ 25 EC
KAMIKAZE 32 SC	TEBUFOR 25 EC
KROPAX 75 WG	TRIBUNOL 75 WG
LINUX 75 WG	TRIDIUM 70 WG
LINUX 75 WG	TRIFLOXISTROBINA+TEBUCONAZOL 75 WG
NATIVO 30 SC	TRIPTON COMBI 75 WG
NATIVO 75 WG	TRIX FORTE 75 WG
NOMAD 50 EC	TRIZOLE 30 EC
PARACAMPO- TEBU 25 EW	UNICORN 74,5 WG
PILARTEBU 25 EW	XSTRATA GOLD 24 SC

Terbufos. Uso autorizado según los registros oficiales.

El terbufos es un **insecticida y nematocida altamente peligroso** tanto para organismos silvestres, como peces, artrópodos y lombriz de tierra, así también como para el ser humano. Por su alta peligrosidad, el terbufos es un plaguicida que está incluido por la US-EPA en la lista de **“productos de uso restringido” (RUP, por sus siglas en inglés)**³⁰. Esto implica que no cualquier persona puede aplicarlo en USA, si no pasa un **proceso de capacitación y acreditación** especial, coordinado por dicha agencia ambiental.

³⁰ US-EPA. Restricted Use Products (RUP) Report <https://www.epa.gov/pesticide-worker-safety/restricted-use-products-rup-report>

Los plaguicidas formulados con base en terbufos están considerados oficialmente por parte del SFE en la categoría de altamente peligrosos (Banda de color roja); por lo tanto, deben ser comercializados con receta profesional.

El terbufos está registrado en Costa Rica para usar en los siguientes cultivos: algodón, arroz, banano, café, caña de azúcar, maíz, plátano, sorgo, soya y tabaco. Con base en este listado, presumimos que en la CBRS el plaguicida se utiliza, principalmente, en los **cultivos de banano y plátano**.

Así también, se observa que hay 15 productos comerciales registrados por el SFE, para uso en la agricultura, que contienen terbufos:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AGROMART TERBUFOS 10 GR	Forater 10 GR
BIOKIM TERBUFOS 10 GR	FORATER 15 GR
Biosban 10 GR	RIMAFOS 10 GR
BIOSBAN 15 GR	SHARDA TERBUFOS 10 GR
	Terbufos 10 GR
Counter 10 GR	TERBULAN 10 GR
COUNTER 15 GR	TERBULAN 15 GR
FCC Terbufos 10 GR	TERRAFOX 10 GR

En Costa Rica, el uso de terbufos está restringido, según el decreto ejecutivo No. 34143 del 15/05/2007.

En Panamá se reportan 6 plaguicidas comerciales que contienen terbufos, todos los cuales se registran como **de uso restringido**, según el RESUELTO N° DAL-024-ADM-2011 (del 10 de junio de 2011):

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
BIOKIM TERBUFOS 10 GR	COUNTER 15 GR
BIOSBAN 15 GR	FORATER 10 GR
COUNTER 10 GR	FORATER 15 GR

En el monitoreo de residuos de plaguicidas en las aguas de la CBRS no se detectó el terbufos, pero se encontraron residuos de terbufos sulfone, el cual es un conocido metabolito (producto de degradación) del plaguicida terbufos³¹. Por lo tanto, para este estudio hemos tomado como referencia al plaguicida terbufos.

En esta misma publicación los investigadores señalan lo siguiente:

³¹ FAO, JMPR, 2005. TERBUFOS (167). First draft prepared by Dr Salwa Dogheim, Central Laboratory of Residue Analysis of Pesticides and Heavy Metals in Food, Agriculture Research Centre, Ministry of Agriculture, Cairo, Egypt (https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/IPM_Pesticide/JMPR/Evaluations/2005/Terbufos.pdf)

“Los importantes metabolitos terbufos sulfóxido y terbufos sulfone son más móviles y persistentes que el terbufos original. Las vidas medias de sulfóxido y sulfone son de 116 y 96 días, respectivamente.

Estos metabolitos también son móviles en todos los suelos analizados y pueden llegar al agua subterránea cuando se usa terbufos en un lugar donde el agua de riego o de lluvia se mueve a través del perfil del suelo hasta el agua subterránea. Además, terbufos y sus metabolitos pueden ingresar a las aguas superficiales como resultado de eventos de escorrentía.” Así también indicaron que *“Para el terbufos sulfone, las vidas medias de hidrólisis a 25° C se estimaron en 127, 93.5 y 7.00 días a pH 5, 7 y 9, respectivamente.”* O sea, en suelos ácidos la vida media del terbufos sulfone es mayor que en suelos neutros o alcalinos.

Esta combinación entre la movilidad de la molécula del terbufos sulfone y su alta vida media en suelos ácidos explica su presencia en los cuerpos de agua estudiados.

Terbutrina. Uso autorizado según los registros oficiales.

El **herbicida** terbutrina está registrado en Costa Rica para uso en los siguientes cultivos: caña de azúcar, dracaena, maíz, ornamentales y sorgo.

Parece sorprendente que se detecten residuos de este herbicida ya que no hay muchos cultivos que se produzcan de forma comercial en la CBRS donde esté autorizado su uso; si acaso el maíz.

Hay que prestar especial atención al uso que se pueda estar dando de este plaguicida en la CBRS, ya que el mismo es **altamente peligroso tanto para el ambiente (alta toxicidad para las abejas, por contacto) así también como para la salud humana (disruptor endocrino).**

Los plaguicidas comerciales formulados que contienen terbutrina, disponibles en Costa Rica, son los siguientes:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ABOPAC TERBUTRINA 80 WG	DVA TERBUTRINA 50 SC
Agromart Terbutrina 50 SC	IGRAN 50 SC
AMIGAN 50 SC	Rimac Terbutrina 50 SC
Amigan 65 WG	RIMAC TERBUTRINA 50 SC
AMIGAN 65 WP	RIMAC TERBUTRINA 80 WG
Aterbutox 50 SC	RIMATILAZINA 50 SC
Cañatrex 50 SC	Sable 50 SC
Cañatrex 80 WG	Samba 50 SC
Colono Terbutrina 50 SC	Terbupax 50 SC
Cozaid Terbutrina 50 SC	TERBUTREX 50,1 SC
CPCP Terbutrina 50 SC	Terbutrex 80 WG
Drexel Terbutrina 50 SC	Terbutrina-Laq 50 SC
	Trial 50 SC

En Panamá los productos comerciales registrados que contienen terbutrina son:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AMIGAN 65 WG	SUGAR TR YN 65 WG
CAMPO-TRYN 50 SC	TERBUNICA 80 WG
CAÑATREX 50 SC	TERBUPAX 50 SC
CAÑATREX 65 WG	TERBUTREX 50 SC
DREXEL TERBUTRINA 50 SC	TERBUTRINA 50 SC
IGRAN 50 SC	TERBUTRINA 80 WG
SABLE 50 SC	TERBUTRIZELL 50 SC
SAMBA 50 SC	TRIAL 50 SC
	VERITRYN 50 SC

Tiametoxam. Uso autorizado según los registros oficiales.

El tiametoxam es un **insecticida del grupo de los neonicotinoides**, considerados de **alta peligrosidad para los insectos polinizadores**. Adicional a la toxicidad, otra característica de preocupación del tiametoxam es su **alto potencial de contaminación de aguas subterráneas y superficiales (GUS=3.58)**.

Recordemos, también, que durante su descomposición **el tiametoxam produce clotianidina³²**, otro insecticida **altamente tóxico para organismos silvestres (especialmente para abejas y otros polinizadores), pero también para humanos (neurotóxico)**. Esta sustancia es señalada como **persistente en el ambiente (DT50=121-545 días) y con un alto potencial de lixiviación (GUS=3,74)**, razón por la cual es de esperar la contaminación no solo con tiametoxam, sino también con clotianidina, una vez aplicado el tiametoxam.

En Costa Rica el tiametoxam está registrado para uso en los siguientes cultivos: algodón, arroz, caña de azúcar, cebolla, chayote, chile dulce, cítricos, melón, naranja, papa, pasto kikuyo, pasto peludo, pastos, piña, sandía y tomate. En esta lista de cultivos no se observan los cultivos de mayor extensión en la CBRS; por lo tanto, se recomienda prestar atención al uso que se pueda estar dando el tiametoxam, que origine la presencia de sus residuos, así como del metabolito, en las aguas superficiales.

Hay 12 plaguicidas comerciales formulados, registrados en Costa Rica, que contienen tiametoxam, de acuerdo con la siguiente lista:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
ACT UP 25 WG	ENGEO 24.7 SC
Actara 25 WG	Mactar 25 WG
Actta 25 WG	Orbita 24,7 SC
Actta Plus 24,7 SC	Pehuen 54 SC

³² La clotianidina no está registrada para uso en la agricultura en Costa Rica. Sin embargo, la clotianidina es un metabolito del tiametoxam, por lo cual no es sorprendente su aparición en las muestras de agua superficiales: (<https://www.nature.com/articles/s41598-018-33334-4#:~:text=Thiamethoxam%20is%20transformed%20to%20clothianidin.with%20its%20metabolite%20clothianidin6.>)

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
Centric 75 SG Cruiser 35 FS	Reno 35 FS Renova 25 WG

En Panamá la lista de plaguicidas comerciales registrados que contienen tiametoxam se limita a 3 productos, según los reportes del MIDA:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
AMISTAR FULL ® 60 SC CONFIABLE 60 WG	TRIPLEFIX 38 FS

Tiabendazol. Uso autorizado según los registros oficiales.

El tiabendazol es un **fungicida altamente peligroso para peces** que además **es muy persistente (DT50=500-724 días) y con un alto potencial de transporte de partículas**; por eso es preocupante la presencia de sus residuos en las aguas del río Sixaola.

En Costa Rica, el tiabendazol está registrado para uso en los siguientes cultivos: aguacate, arroz, ayote, banano, cebolla, cítricos, fresa, frijol, mango, manzana, melón, ornamentales, papa, papaya, plátanos, remolacha, soya y zanahoria. En la CBRS probablemente se está utilizando en los **cultivos de banano y plátano**.

Los productos comerciales formulados que contienen tiabendazol que están registrados en Costa Rica son los siguientes:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
BIOQUIM THIABENDAZOLE 22 SL BIOQUIM THIABENDAZOLE 50 SC Lotos 26,7 SL Lotos 40 SL	MERTECT 22 SL MERTECT 50 SC TB-LAQ 20 SL

En Panamá el tiabendazol se contiene en 6 productos comerciales registrados ante el MIDA:

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMERCIAL
LOTOS 40 SL MERTEC ® 50 SC MERTEC ® 22 SL	TIABENDAZOL 50 SC TB-LAQ 20 SL TBZ 50 SC

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se observan diferencias en el nivel de sensibilidad de los laboratorios involucrados en el análisis de residuos de plaguicidas en este proyecto. Si el nivel de sensibilidad del laboratorio tiene valores de cuantificación superiores a los niveles críticos de los plaguicidas,

por debajo de los cuales se pueden ver afectados los organismos acuáticos, se considera conveniente realizar mejoras en el nivel de sensibilidad en los métodos de análisis utilizados.

2. Tanto en Costa Rica como en Panamá no se cuenta con normas de calidad de aguas superficiales que consideren residuos de los plaguicidas de uso agrícola que están en uso en esos países. Por lo tanto, se considera conveniente revisar la normativa en dichos países e introducir las mejoras correspondientes, de tal manera que se protejan los organismos acuáticos y terrestres del efecto adverso de los plaguicidas que se utilizan en la agricultura.
3. La revisión de las bases oficiales de datos de los ministerios de agricultura de Costa Rica (MAG) y Panamá (MIDA) muestra que en ambos países existe una abundante oferta de plaguicidas para uso en la agricultura.
4. La revisión de las características de peligrosidad de los plaguicidas cuyos residuos han sido encontrados en los cuerpos de agua estudiados en la CBRS muestra que algunos son de alta peligrosidad para la vida silvestre, así como también tienen características de preocupación para la salud humana.
5. De los plaguicidas estudiados, en algunos casos las autoridades de ambos países ya conocen de su peligrosidad y algunos de ellos están catalogados como altamente peligrosos y son de venta restringida.
6. Según las evaluaciones de peligrosidad y riesgo realizadas de los plaguicidas encontrados en estos monitoreos, **7 de ellos estaban en niveles de concentración que podrían estar afectando a los organismos acuáticos. Estos plaguicidas son: azoxistrobina, clorotalonil, clotianidina, diazinon, metsulfuron metil, terbufos y terbutrina.**
7. De 26 plaguicidas estudiados se observa que en el mercado de ambos países hay registrados numerosos productos comerciales que son coincidentes al menos por su nombre comercial y sus ingredientes activos. Esta información podría ayudar en los procesos de capacitación de los agrónomos que brindan asistencia técnica, así como de los agricultores de la zona, sobre el uso adecuado de los plaguicidas, así como de los riesgos asociados para la salud de los agricultores y los pobladores y la protección del ambiente.
8. Es de especial preocupación la presencia de residuos de varios plaguicidas altamente peligrosos y en concentraciones altas en la laguna Gandoca, que es parte del Refugio Nacional de Vida Silvestre mixto Gandoca-Manzanillo. Las autoridades agrícolas y ambientales de Costa Rica deberían prestar atención al uso de la tierra y el manejo de las actividades agrícolas en el ámbito del refugio para buscar las vías para prevenir la contaminación de la laguna con residuos de plaguicidas.
9. 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 necesariamente tienen que ser otras sustancias químicas sintéticas, sino que pueden ser controladores biológicos o formas y métodos de producción que prevengan la aparición de plagas, con un enfoque de manejo integrado de cultivos.
10. Es conveniente capacitar a los agricultores de la zona sobre la peligrosidad de los plaguicidas que están utilizando, tanto para su salud como para el ambiente. Así también es conveniente capacitarlos sobre el manejo adecuado de los plaguicidas, incluyendo la forma adecuada del control de plagas en que se requiera el mínimo uso de sustancias químicas sintéticas. Los plaguicidas son importantes en la agricultura, pero deben ser la última opción

que el agricultor utilice, una vez que se hayan agotado las demás medidas agronómicas para prevenir la aparición de plagas en el campo.

Elaborado por: Dr. Elídier Vargas Castro, Ingeniero Agrónomo, consultor. 08/09/2023.

**IRET
REPORTE No. 2**

2023





Proyecto

“Hacia la Gestión Integrada del Recurso Hídrico transfronterizo de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá”

MONITOREO FÍSICO Y QUÍMICO DE LA CUENCA BINACIONAL DEL RÍO SIXAOLA

Noviembre, 2023

Elaboración técnica: PhD. Silvia Echeverría-Sáenz & M.Sc. Clemens Ruepert

Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET).

silvia.echeverria.saenz@una.ac.cr; clemens.ruepert@una.ac.cr

<http://www.iret.una.ac.cr/>

Telf.: (506) 22773584

Copyright: © 2024. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Esta publicación puede citarse sin previa autorización con la condición de que se mencione la autoría correspondiente.

Firma Responsables Técnicos

Contenido

Introducción.....	3
Metodología.....	4
Parámetros físico-químicos	6
Índice de calidad de las aguas.....	7
Metodología del análisis de residuos de plaguicidas.....	8
Resultados y Discusión.....	9
Calidad fisicoquímica del agua	9
Análisis de residuos de plaguicidas	11
Conclusiones.....	14
Referencias	14

Introducción

Según la UNESCO (2020), se dispone de suficiente agua para abastecer a la comunidad mundial, sin embargo, debido al mal manejo y falta de gobernanza del recurso hídrico, se considera que hay una crisis a nivel mundial. La preocupación por el faltante de recursos hídricos es un tema muy relevante por la contaminación y extracción desmedida del agua en algunas regiones del planeta y además, Vörösmarty et al. (2010), menciona que el 65% de la descarga global de los ríos y el hábitat acuático se encuentra bajo amenaza moderada y alta.

Costa Rica no es una excepción, se conoce que en el país el mal manejo de aguas residuales industriales y domésticas en zonas urbanas, así como la contaminación difusa por sedimentos y agroquímicos en zonas rurales, han sido de las principales falencias en temas de protección ambiental y de saneamiento de recurso hídrico (Alpizar, 2018).

La cuenca Binacional del Río Sixaola ha sido objeto de varias investigaciones relacionadas con monitoreo de calidad de agua y contaminación en el transcurso de los años (Polidoro et al., 2008; Morra et al., 2009; Polidoro y Morra, 2016; Gutiérrez-Acuña, 2019; Badilla et al., 2020). Esta cuenca tiene un interés particular, pues atañe a las jurisprudencias de dos países, que son Costa Rica y Panamá. La cuenca ha sido utilizada por la población de ambos países para sus actividades recreativas, culturales, comerciales e incluso de transporte, pues el Río Sixaola tiene grandes secciones navegables que han servido para el tránsito e intercambio de productos, tanto a lo interno de cada país, como para la exportación (Porras, 2016).

A lo largo de la cuenca existen diversas actividades productivas agrícolas, como el cultivo de plátano, de pequeña y gran escala, banano de tipo monocultivo convencional y orgánico de muy pequeña escala, así como también hay cultivos de cacao, hortalizas y pastos, pero también hay seis territorios indígenas, centros urbanos y áreas naturales protegidas (Porras, 2016), todos ellos usuarios de las aguas del río, ya sea para fines de obtención de agua, como para transporte de mercadería o insumos, así como para el manejo de sus desechos.

Debido a la preocupación por las condiciones de calidad del agua en esta cuenca, se conformó un grupo de trabajo para realizar un monitoreo de varios cuerpos de agua con diferente grado de intervención en la cuenca y generar información actualizada para que esté disponible en la toma de decisiones. Este Monitoreo está circunscrito al Proyecto “*Hacia la Gestión Integrada del Recurso Hídrico transfronterizo de la Cuenca del Río Sixaola compartida por Costa Rica y Panamá*” y su objetivo es el de evaluar y clasificar la calidad del agua, así como identificar las fuentes de contaminación en la cuenca del Río Sixaola.

Los resultados del informe en cuestión generan datos valiosos para la planificación y organización, así como la comunicación con los actores clave de la cuenca binacional del Río Sixaola. La calidad del agua en estos puntos y las acciones que se tomen para mejorarla en

el futuro, inciden en el reporte de cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que el país debe entregar a la ONU, especialmente relacionados están los ODS 3, 6, 12, 14 y 15.

Metodología

Se realizó un muestreo puntual en la cuenca del Río Sixaola entre el 07-08 de noviembre del año 2023, abarcando 9 puntos de muestreo distribuidos en la parte alta, media y baja de la Cuenca Binacional del Río Sixaola, Costa Rica, de acuerdo con la descripción indicada en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los puntos de muestreo de la cuenca del Río Sixaola

ID	Río o cuerpo de agua	Descripción	Comentarios
1	Río Telire	Cuenca media Río Telire	Condición que se tomaría como referencia (aunque ya hay comunidades), es arriba de las actividades humanas del Valle de Talamanca.
2	Río Telire	Aguas arriba de donde desemboca el río Urén	Ya habría recibido la influencia de los poblados y actividades del Valle de Talamanca.
3	Río Yorkín	Río Yorkín antes de su desembocadura en el Sixaola	Es el último de los 5 ríos grandes (Telire, Coen, Lari, Urén y Yorkín) que se unen para formar el Río Sixaola. La subcuenca está en muy buena condición, pero hay un incremento reciente en el cultivo de plátano.
4	Río Carbón	Río Sixaola aguas abajo antes de donde el Río Carbón tributa sus aguas.	Mostraría el impacto del centro poblado de Bribri y representa la condición de la cuenca antes de ingresar a la zona dedicada más intensamente a monocultivos de plátano y las grandes bananeras.
5	Río Sixaola	Río Sixaola, entre Margarita y Annia	Zona dedicada más intensamente a monocultivos de plátano y las grandes bananeras.
6	Quebrada Quiebra Caña*	En la calle Boca Sixaola*	Recibe todas las aguas de la actividad bananera del Valle del Sixaola en Costa Rica. Mayor probabilidad de detectar plaguicidas por la canalización.
7	Laguna Gandoca		En el Refugio Gandoca Manzanillo, es un humedal RAMSAR.
8	Río Sixaola	Puente de Sixaola	En la ribera costarricense.
9	Río Sixaola	Sixaola, La California	Mostraría el estado del Sixaola antes de desembocar en el mar.

* El sitio es aguas más abajo, cercano a la desembocadura hacia el Río Sixaola (9.545674, -82.604380).

Los puntos de muestreo difieren principalmente con respecto a su posición en la cuenca, y todos drenan áreas que presentan terrenos de uso forestal, urbano o agrícola, donde existe liberación de aguas residuales o aplicación de plaguicidas y fertilizantes, que pueden

representar una amenaza para la biodiversidad y una barrera para la conectividad y la libre distribución de las especies.

En la Figura 1a-b se observa la posición geográfica de los distintos puntos de muestreo en el área de estudio. La codificación de los sitios se corresponde con la que aparece en el Cuadro 1 (excepto por el punto de la Quebrada Queiebra Caña, que se movió de acuerdo a lo indicado).



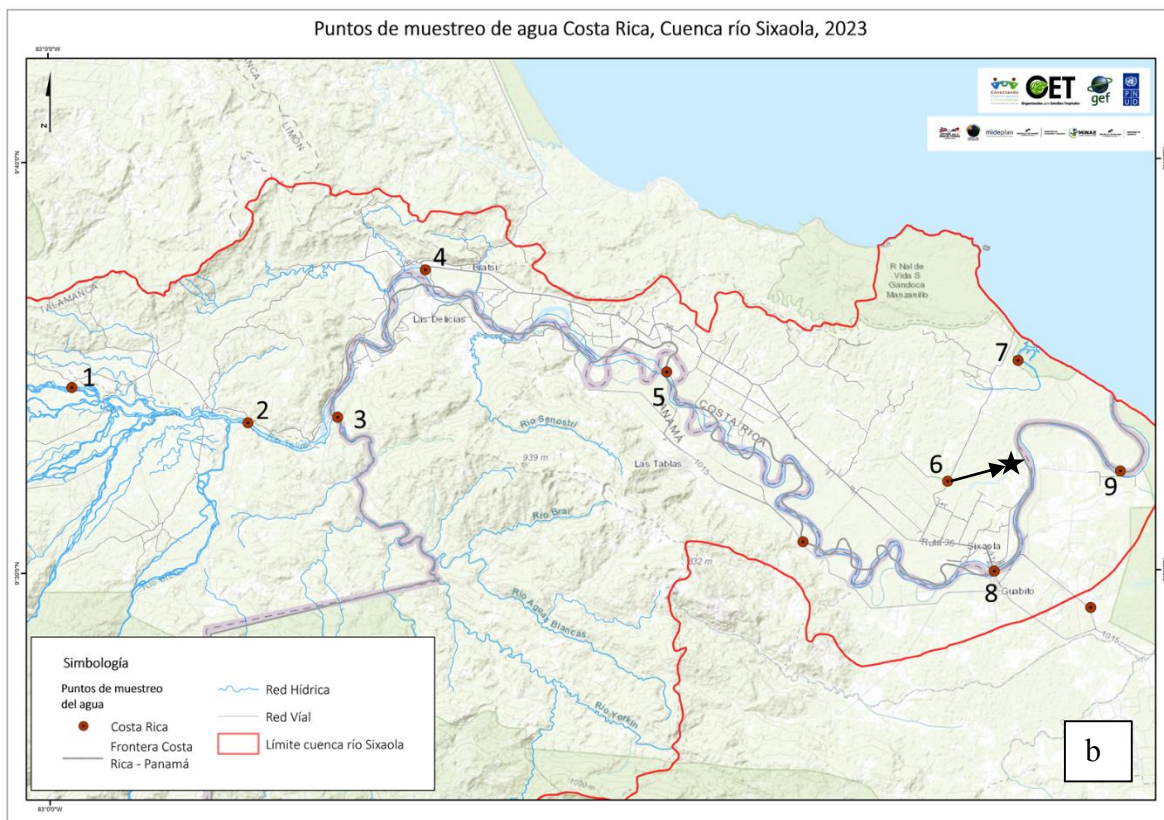


Figura 1. a. Mapa del área de estudio con ubicación espacial de los puntos de muestreo seleccionados para el monitoreo de la cuenca del Río Sixaola (2022). **b.** Acercamiento al área de estudio. Diseño: Proyecto Conectando Comunidades y Ecosistemas, Cuenca Binacional del Río Sixaola. Se indica mediante una flecha y estrella el nuevo punto de muestreo en la Quebrada Quebra Caña.

Parámetros físico-químicos

Se procedió a tomar parámetros físicos y químicos en campo (pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura) con ayuda de un equipo multisonda portátil HANNA, en cada uno de los puntos de muestreo.

También, en cada punto, se tomaron 5.5 L de agua con el siguiente detalle:

- 2 L se destinaron a análisis de DBO y Amonio
- 1.5 L a análisis de residuos de plaguicidas
- 1 L a determinar sólidos (totales y suspendidos)
- 1 L a determinar nutrientes (fosfatos y nitratos)

Las muestras de agua fueron tomadas a una profundidad de 0.2-0.3 m y guardadas en botellas de vidrio (análisis de plaguicidas) y de plástico (DBO, nutrientes y sólidos). Todas las

botellas se guardaron en hielo durante el tiempo de muestreo y se transportaron hasta el Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas (LAREP), del IRET y al Laboratorio de Análisis Ambiental (LAA), de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional; donde se refrigeraron a 4-6°C hasta su análisis.

Índice de calidad de las aguas

El índice utilizado para determinar la calidad de las aguas de los puntos de muestreo en la cuenca del Río Sixaola es un ICA basado en el índice NSF de los Estados Unidos de América, modificado para su aplicación en el país por el Instituto Costarricense de Electricidad. Este ICA está siendo propuesto dentro del Comité Técnico de Revisión del DE-33903-MINAE-S (Reglamento de clasificación de la calidad de los cuerpos de agua superficiales) como una alternativa de sustitución del Índice Holandés.

El ICA-ICE se basa en los siguientes parámetros: Porcentaje de oxígeno disuelto (%OD), Potencial de hidrógeno (pH), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5,20), Fosfatos (PO₄⁻³), Nitratos (NO₃⁻) y Sólidos totales (ST) y se calcula con base en las fórmulas del Cuadro 2.

Cuadro 2. Fórmulas para cálculo del Índice ICA-ICE

Parámetro	Función (Q _i)	Peso (w)	Valor máximo de la función	Restricción	Aporte Individual
%OD(Sat)	$Q_i = \left(\frac{(2.14E08)^{0.24-10.84 \frac{(\%OD-101.06)^2}{6.39E05+\%OD^{2.73}}}}{99.84} \right) * 100$	0.23	99.84	Si %OD > 140%, entonces Q _{%OD} =50	$A_{\%OD} = (Q_{\%OD})^{0.23}$
pH	$Q_i = \left(\frac{116.47}{1 + 0.24(pH - 7.45)^2 - 23.29} \right) / 93.18 * 100$	0.17	93.18	Si pH < 3,5, entonces Q _{pH} = 2; y si pH > 11, entonces Q _{pH} = 3	$A_{pH} = (Q_{pH})^{0.17}$
DBO _{5 20°C}	$Q_i = ((95.419/e^{0.1DBO})/95.42)*100$	0.17	95.42	Si DBO > 30 mg/L, entonces Q _{DBO} = 2	$A_{DBO} = (Q_{DBO})^{0.17}$
PO ₄ ⁻³ (T)	$Q_i = ((98/(1 + 1.372 PO_4)/98) * 100$	0.15	98	Si PO ₄ ⁻³ >10 mg/L, entonces Q _{PO4-3} = 2	$A_{PO4} = (Q_{PO4-3})^{0.15}$
NO ₃ ⁻	$Q_i = ((97.92(3.61)^{-0.09(NO_3)^{0.7}})/97.92)*100$	0.15	97.92	Si NO ₃ ⁻ > 100 mg/L, entonces Q _{NO3-} = 1	$A_{NO3} = (Q_{NO3-})^{0.15}$
ST	$Q_i = ((101.32e^{-(1/E10)(0.69ST-219)^4} - 0.14ST)/83.33) * 100$	0.13	83.33	Si ST > 500 mg/L, entonces Q _{ST} = 20	$A_{ST} = (Q_{ST})^{0.13}$
$ICA = A_{\%OD} * A_{pH} * A_{DBO} * A_{PO4} * A_{NO3} * A_{ST}$					

Fuente: Índice de Calidad de Agua (ICA) de parámetros fisicoquímicos para cuerpos de agua lóticos, presentado por el subcomité fisicoquímico de revisión del DE-33903-MINAE-S.

* **Nota:** hubo una modificación en las fórmulas, con respecto a las utilizadas en el Informe de 2022. Se re-calcularán los índices anteriores para comparabilidad.

La clasificación de la calidad del agua según el índice ICA-ICE, obedece al puntaje final obtenido y los colores indican la interpretación de la calidad del agua (Cuadro 3).

Cuadro 3. Categorías de clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo con el Índice ICA-ICE (2022)

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

Metodología del análisis de residuos de plaguicidas

Las muestras de agua se analizaron por cromatografía de gases con detector de masas Agilent 7890A-5975C GC-MS (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA), usando monitoreo selectivo de iones (SIM). También se analizaron por cromatografía líquida Waters Acquity UPLC H-Class con detector de masas-masas XEVO T-QS Micro, LC-MS/MS (Waters, Milford, MA, USA), usando monitoreo de reacción múltiple (MRM). Después de añadir estándares internos, las muestras de agua fueron extraídas por duplicado mediante extracción en fase sólida (SPE), con cartuchos Strata-X (200 mg / 6 mL) (Phenomenex, EEUU), previamente acondicionados.

Para GC-MS el cartucho fue eluido con etil acetato y para LC-MSMS el otro cartucho fue eluido con metanol, cada extracto fue concentrado con nitrógeno a un volumen final de 0.25 mL y 0.5 mL respectivamente y fue inyectado en el respectivo equipo.

Los analitos fueron identificados por sus tiempos de retención y se confirmaron con SIM o MRM. La cuantificación se realizó con curvas de calibración internas o externas de los analitos de interés.

Resultados y Discusión

Calidad fisicoquímica del agua

Los sitios de la Cuenca Binacional del Río Sixaola se clasificaron como aguas de calidad buena y regular (Cuadro 3).

Cuadro 3. Calidad del agua según el índice ICA y el índice Holandés, para la cuenca del Río Sixaola, noviembre, 2023.

Código	Río	Puntuación ICA-ICE	Interpretación de calidad del agua	Índice Holandés
1	Telire	81.15	BUENA	Incipiente
2	Telire (Boca Urén)	79.94	BUENA	Incipiente
3	Yorkín	83.30	BUENA	Incipiente
4	Carbón	77.14	BUENA	Incipiente
5	Sixaola	73.65	BUENA	Incipiente
6	Quebra Caña	60.42	REGULAR	Moderada
7	Laguna Gandoca	47.19	MALA*	Moderada
8	Sixaola (Puente)	76.00	BUENA	Incipiente
9	Sixaola (California)	78.62	BUENA	Incipiente

*Recordar que este índice está diseñado para cuerpos de agua lóticos y no necesariamente responde bien a las condiciones de cuerpos de agua lénticos.

En ambos índices, los resultados fueron similares. En el caso de la Quebrada Quebra Caña, la clasificación se da debido al bajo valor del PSO que fue de 40%. Este es un valor muy bajo que indica limitada disponibilidad de oxígeno para la fauna acuática. Estos valores pueden ser resultado de la dificultad en la incorporación de oxígeno atmosférico al agua por la disminución del caudal y baja velocidad de la corriente, junto con la disminución de la turbulencia del agua. Asimismo, podría denotar presencia de materia orgánica. Por su parte, la Laguna de Gandoca tiene una clasificación de calidad mala, pues tuvo una altísima concentración de nitratos (34 mg/L), junto con una DBO alta (17.6 mg/L) y alta concentración de sólidos totales, que en su mayoría eran sólidos disueltos (20 g/L). Sin embargo, es importante tomar en cuenta que este índice está desarrollado para cuerpos de agua lóticos, por lo que los resultados en la Laguna no necesariamente representan mala calidad de agua para las condiciones de este tipo de ecosistema.

Cuadro 7. Parámetros fisicoquímicos de la cuenca del Río Sixaola, noviembre, 2023. Se resaltan en **negrita** los valores máximos de cada parámetro (mínimos en el caso de OD y PSO).

Código de sitio	1	2	3	4	5
Nombre	Telire	Telire (Boca Urén)	Yorkín	Carbón	Sixaola
Temperatura (°C)	23.5	25.7	27.5	29.7	25.9
pH	7.3	7.1	7.3	7.6	7.0
conductividad (µS/cm)	133	129	157	323	133
OD (mg/L)	10.1	9.0	9.24	7.45	9.3
PSO (%)	100	92	99	79	96
DBO (mg/L)	4.8 ± 0.9	5.3 ± 0.9	3.5 ± 0.8	5.50 ± 0.90	8.2 ± 1.0
SST (mg/L)	75.3 ± 9.9	20.7 ± 2.9	d	nd	31.3 ± 4.3
Fosfatos (mg/L)	d	d	d	d	1.04 ± 0.24
Sólidos Totales (mg/L)	128 ± 25	100 ± 25	44 ± 25	184 ± 25	120 ± 25
Amonio (µg/L)	230.9 ± 3.5	252.0 ± 3.6	180.0 ± 3.6	269.5 ± 3.6	292.3 ± 3.7
Nitratos (mg/L)	nd	nd	nd	nd	nd
Código de sitio	6	7	8	9	
Nombre	Quebra Caña	Laguna Gandoca	Sixaola (Puente binacional)	Sixaola (La California)	
Temperatura (°C)	28.6	31	27.1	26.8	
pH	7.2	7.4	7.4	8.1	
conductividad (µS/cm)	180	35 mS/cm	86	140	
OD (mg/L)	4.3	7	7.2	8	
PSO (%)	40	80	92	80	
DBO (mg/L)	5.6 ± 0.9	17.6 ± 1.8	5.9 ± 0.9	3.8 ± 0.8	
SST (mg/L)	nd	nd	42.1 ± 5.6	23.7 ± 3.3	
Fosfatos (mg/L)	d	nd	d	d	
Sólidos Totales (mg/L)	188 ± 25	20 016 ± 32	192 ± 25	124 ± 25	
Amonio (µg/L)	181.3 ± 3.5	51.2 ± 3.9	67.5 ± 3.9	148.9 ± 3.6	
Nitratos (mg/L)	nd	34.28 ± 0.77	4.79 ± 0.59	d	

Nota: Laguna Gandoca, a 1 m de prof. la conductividad subía a 38 mS/cm, el OD bajó a 3 mg/L (15% saturación) y la temperatura subió a 32 °C. A 5 m de prof., la conductividad subía a 44 mS/cm, el OD bajó a 1.8 mg/L y la temperatura subió a 34.3 °C.

Los sólidos suspendidos totales (comúnmente relacionados con eventos de erosión y escorrentía) permanecieron en niveles bajos en todos los sitios muestreados. Durante el muestreo se nos indicó que no se presentaron precipitaciones en los últimos días y la concentración de SST puede ser un reflejo de esta situación puntual. Se espera que en época lluviosa este valor podría aumentar.

El pH se mantuvo en niveles cercanos a la neutralidad en todos los puntos, con un valor ligeramente más alto en el Río Carbón y en el Río Sixaola (punto 9).

En cuanto a los nutrientes (fósforo y nitratos), que se relacionan con actividades agrícolas por uso de fertilizantes o incluso aguas negras no tratadas, se observó un aumento muy fuerte en la concentración de nitratos en la Laguna Gandoca (34 mg/L) y en el río Sixaola, donde la concentración es cercana a los 5 mg/L (punto 8). Los nitratos se mantuvieron en niveles relativamente bajos (<5 mg/L) en todos los demás puntos y no sobrepasa el límite establecido para la protección a la vida acuática (Decreto 33903-MINAE-S). Los nitratos y los sólidos disueltos y suspendidos, son comunes en zonas con fuerte producción agrícola debido a la aplicación de fertilizantes, pero deben controlarse para evitar eutrofización de las aguas.

Los fosfatos fueron máximos en el Río Sixaola (punto 5; 1.04 mg/L), mientras que se mantuvieron entre 0.19-0.72 mg/L en el resto de los sitios y el valor más bajo (no detectable; <0.19 mg/L) se registró en la Laguna de Gandoca. Estas concentraciones exceden en todos los puntos (excepto en Gandoca) los valores recomendados por USEPA (0.1 mg/L) para evitar afloramientos de algas en los sistemas.

Cabe destacar que se evidencia una fuerte entrada de agua de mar en la Laguna Gandoca en este muestreo. El agua alcanza los 20 g/L de sólidos totales y tomando en cuenta que los SST fueron “no detectables”, se entiende que este dato se refiere principalmente a sólidos (sales) disueltas de Sodio y cloruro. Asimismo, se observa una conductividad muy alta (35 mS/cm), característica también de las aguas saladas.

Análisis de residuos de plaguicidas

En total, en la cuenca del Río Sixaola se detectó 26 diferentes residuos de plaguicidas y también fue posible detectar cafeína en varios puntos de muestreo (Laguna Gandoca, Quebrada Quebra Caña y Río Carbón; Cuadro 8). Entre los plaguicidas detectados, el grupo de acción biocida más frecuente fueron los fungicidas con 14 diferentes ingredientes activos (i.a.), seguido de insecticidas (8 i.a.) y herbicidas (2 i.a.).

Los sitios con el mayor número de sustancias identificadas fueron la Quebrada Quebra Caña (Pto 6; 23 i.a.), Río Sixaola (Pto 9; 12 i.a.), Laguna Gandoca (Pto 7; 6 i.a.), Río Sixaola (Pto 8; 4 i.a.) y el Río Carbón (Pto 4; 2 i.a.). El sitio 3 (Río Yorkín) no presentó ningún residuo

de plaguicida detectable, mientras que los puntos 1 y 2 en el Río Telire, así como el punto 5 en el Río Sixaola, solamente presentaron trazas de 1-2 plaguicidas (Cuadro 8).

Las concentraciones más altas de la gran mayoría de los plaguicidas identificados en este muestreo, se encuentran en la Quebrada Quebra Caña. Dichas concentraciones, cabe destacar, son comparativamente más bajas que las reportadas en otros estudios de la zona Caribe, donde también hay monocultivos de banano (Rämo et al., 2018; Arias-Andrés et al., 2018; Echeverría-Sáenz et al., 2018). Sin embargo, se deberá seguir evaluando el comportamiento de detección de las sustancias en las siguientes campañas.

Un aspecto muy interesante es que hay ciertos i.a. que fueron comunes a tres o más puntos de muestreo y que, por lo tanto, parecen ser utilizados regularmente en las actividades productivas de varias regiones de la cuenca. Tal es el caso de azoxistrobina, diuron, epoxiconazol, fenpropidin, fluopiram, fluxapiraxad, pirimetanil, spiroxamina y tiabendazol (todos ellos fungicidas de uso común en cultivo de banano y plátano, a excepción del herbicida diuron y el fluopiram es también utilizado como nematicida). Sin embargo, algunos i.a. solo se detectaron en 1 sitio. Tal es el caso del insecticida clorpirifos que solamente se detectó en el Río Telire (pto 1) a nivel de traza; los fungicidas boscalid, buprofezin, carbendazim, difenoconazol, propiconazol, y miclobutanil, así como los insecticidas fenamifos, imidacloprid, oxamil y terbufos y el herbicida metsulfurón metil, todos los cuales solamente se detectaron en la Q. Quebra Caña. En este último sitio también se detectó un producto de transformación del fungicida clorotalonil.

A diferencia del informe de 2022, la Laguna Gandoca presenta mucho menor concentración de i.a., la mayoría detectados únicamente como trazas (<1 ng/L) y que además son similares a los que se encuentran en el resto de la zona de estudio (principalmente fungicidas). En este muestreo no se detectó sustancias diferenciadas como insecticidas o herbicidas que evidencien otras fuentes de contaminación. Sin embargo, sí tuvo concentraciones de nutrientes muy altas, como se indicó anteriormente.

Sobre los fungicidas detectados, es importante indicar que hay muy poca información sobre la toxicidad y los efectos de este grupo de plaguicidas en los ecosistemas acuáticos, ya que es difícil trabajar con hongos acuáticos en laboratorio y no hay información suficiente en las bases de datos ecotoxicológicas para calcular adecuadamente el riesgo de muchos de dichos i.a (Zubrod et al., 2019). Sin embargo, se ha observado que ejercen efectos y alteración de procesos ecosistémicos a nivel de microorganismos, en la base de las cadenas tróficas (Bundschuh et al., 2021) y, además, sus mecanismos de acción tienden a ser muy generales, por lo que pueden ser tóxicos para un espectro grande de organismos, más aún al encontrarse en las aguas de manera frecuente, como es el caso de la cuenca del Río Sixaola.

Otro aspecto interesante de mencionar es la concentración detectada de cafeína, que es un indicativo de presencia de aguas residuales domésticas y la mayor concentración se observó

en la Laguna Gandoca, donde no se esperaba, pues el poblado cercano es muy pequeño, seguida de la Q. Quiebra Caña y el Río Carbón (que es presumible por la influencia del pueblo de Bribri).

Cuadro 8. Residuos de plaguicidas (todos en **ng/L**) detectados en la cuenca del Río Sixaola, noviembre, 2023. Se resaltan en **negrita** los valores máximos de cada sustancia

Ingrediente activo	#1 Río Telire medio	#2 Río Telire, Boca Urén	#3 Río Yorkin	#4 Río Carbón	#5 R. Sixaola, Margarita	#6 Q. Quiebra Caño	#7 Laguna Gandoca	#8 Sixaola, puente binacional	#9 R. Sixaola, La California
CTB*)						P			
azoxistrobina	-	-	-	-	T	1200	-	T	8.5
boscalid	-	-	-	-	-	6.6	-	-	-
buprofezin	-	-	-	-	-	T	-	-	-
cafeína**)	-	-	-	17.2	-	40.5	84.7	-	-
carbendazim	-	-	-	-	-	6.5	-	-	-
clorpirifos	T	-	-	-	-	-	-	-	-
diazinon	-	-	-	8.1	-	-	-	-	T
difenoconazol	-	-	-	-	-	26.7	-	-	-
diuron	-	T	-	-	-	77.8	-	-	2.4
epoxiconazol	-	-	-	T	-	11.5	-	-	T
etoprofos	-	-	-	-	T	-	T	-	-
fenamifos	-	-	-	-	-	11.1	-	-	-
fenpropidin	-	-	-	-	-	60.4	T	-	T
fenpropimorf	-	-	-	-	-	31.6	-	-	T
fluopiram	-	-	-	-	-	149	T	T	2.8
fluxapiroxad	-	-	-	-	-	9.5	T	-	6.0
imidacloprid	-	-	-	-	-	11.8	-	-	-
metsulfuron metil	-	-	-	-	-	1.6	-	-	-
miclobutanil	-	-	-	-	-	10.2	-	-	-
oxamil	-	-	-	-	-	1.9	-	-	-
pirimetanil	-	-	-	-	-	79.8	-	T	2.4
propiconazol	-	-	-	-	-	1.6	-	-	-
spiroxamina	T	-	-	-	-	370	T	-	3.6
terbufos	-	-	-	-	-	13.3	-	-	-
terbufos sulfone ***)	-	-	-	-	-	53.8	3.1	-	1.3
tiabendazol	-	-	-	-	-	915	-	2.3	12.4

- = no detectado; T = traza, entre límite de detección (LOD) y límite de reporte (LD); P = presente falta cuantificar.

*) CTB = 1,3 dicarbamoil-2,4,5,6 tetraclorobenceno producto de degradación del fungicida clorotalonil; **) cafeína se clasifica como un contaminante emergente; ***) terbufos sulfone es un producto de degradación de terbufos

Conclusiones

- Según el índice de calidad ICA la mayoría de los sitios se clasificaron como aguas de calidad buena; solamente dos de ellos (Quebrada Quebra Caña y Laguna Gandoca) se clasificaron con agua de calidad regular y mala, respectivamente. Sin embargo, la clasificación de la Laguna de Gandoca no debe interpretarse de la misma forma, pues al ser un cuerpo de agua léntico, su nivel de oxígeno disuelto es siempre menor y además es un sitio donde la interacción con agua de mar es muy alta, por lo que la conductividad y los sólidos disueltos aumentan significativamente por efecto de las sales presentes. En este muestreo, sin embargo, es importante recalcar que se midió una demanda bioquímica de oxígeno muy alta (>17 mg/L), una concentración de nitratos muy alta (34 mg/L) y la concentración de sólidos totales fue sumamente alta ($> 20\ 000$ mg/L).
- Las concentraciones de fosfatos en todos los sitios evidencian un aporte de estos nutrientes por fertilizantes, ya que, en condiciones basales, el fósforo es siempre un elemento limitante en los ecosistemas de agua dulce. Los nitratos no fueron tan altos en los puntos de ríos, pero debe continuar el monitoreo. Otros estudios en Costa Rica han identificado a los nitratos como un contaminante clave en el ecosistema acuático.
- La cuenca del río Sixaola presenta residuos de 24 plaguicidas principalmente en la cuenca media/baja, los cuales en su mayoría son fungicidas de uso en cultivo de banano y plátano, sin embargo, existe contaminación también por herbicidas e insecticidas principalmente en la Quebrada Quebra Caña, donde se detectó las mayores concentraciones de la mayoría de los plaguicidas.

Referencias

- Alpízar F, Madrigal R, Salas A. 2018. Retos ambientales de Costa Rica. *Nota técnica del BID 1531*, p. 66. <https://doi.org/IBD-TN-153>
- Arias-Andrés M, Råmo R, Mena Torres F, Ugalde R, Grandas L, Ruepert C, Castillo LE, van den Brink PJ, Gunnarsson JS. 2018. Lower tier toxicity risk assessment of agriculture pesticides detected on the Río Madre de Dios watershed, Costa Rica. *Environ Sci Pollut Res Int* 25, 13312–13321. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7875-7>
- Badilla P, Silva FJ, García L. 2020. Informe de ensayo en muestras de Agua superficial (parámetros Físicos, químicos y residuos de plaguicidas). AGQLabs MIT-19/00555.

- Bundschuh M, Feckler A, Schäfer RB, Schulz R, Zubrod JP. 2021. How Toxicants Influence Organic Matter Decomposition in Stream. *In* Swan CM, Boyero L, Canhoto C. (Eds.), *The Ecology of Plant Litter Decomposition in Stream Ecosystems*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72854-0_17
- Cortés J. 2016. The Caribbean Coastal and Marine Ecosystems. Chapter 17 (pp. 591-620), *In* Kappelle M (ed.). *Costa Rican Ecosystems*. The University of Chicago Press, USA.
- Echeverría-Sáenz S, Mena F, Arias-Andrés M, Vargas S, Ruepert C, van den Brink PJ, Castillo LE, Gunnarsson JS. 2018. In situ toxicity and ecological risk assessment of agro-pesticide runoff in the Madre de Dios River in Costa Rica. *Environ Sci Pollut Res Int* 25, 13270–13282. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7817-4>
- Gutiérrez Acuña S. 2019. Muestreo de macroinvertebrados e identificación a través del índice BMWP en trece puntos. AGQ Labs. 13 p.
- Morra MJ, Polidoro BA, Ruepert C, Castillo LE. 2009. Pesticide sequestration in passive samplers (SPMDs): considerations for deployment time, biofouling, and stream flow in a tropical watershed. *J. Environ Monit* 11, 1866–1874. <https://doi.org/10.1039/b904329b>
- Polidoro BA, Dahlquist RM, Castillo LE, Morra MJ, Somarriba E, Bosque-Pérez NA. 2008. Pesticide application practices, pest knowledge, and cost-benefits of plantain production in the Bribri-Cabécar Indigenous Territories, Costa Rica. *Environ Res.* 108(1):98-106. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.04.003>
- Polidoro BA, Morra MJ. 2016. An ecological risk assessment of pesticides and fish kills in the Sixaola watershed, Costa Rica. *Environ Sci Pollut Res* 23: 5983–5991. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-6144-0>
- Porras, N. 2016. *La Cuenca del Río Sixaola: Costa Rica y Panamá*. San José, Costa Rica: UICN, 12 pp.
- Rämo RA, van den Brink PJ, Ruepert C, Castillo LE, Gunnarsson JS, 2018. Environmental risk assessment of pesticides in the River Madre de Dios, Costa Rica using PERPEST, SSD, and msPAF models. *Environ Sci Pollut Res Int* 25, 13254–13269. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7375-9>
- UNESCO, ONU-Agua, 2020: *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático*, París, UNESCO.
- Vörösmarty CJ, McIntyre PB, Gessner M, Dudgeon D, Prusevich A, Green P, Glidden S, Bunn SE, Sullivan CA, Reidy Liermann C, Davies PM, 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467: 555-561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>

Zubrod JP, Bundschuh M, Arts G, Brühl CA, Imfeld, Knäbel A, Payraudeau S, Rasmussen JJ, Rohr J, Scharmüller A, Smalling K, Stehle S, Schulz R, Schäfer RB, 2019. Fungicides: an overlooked pesticide class? *Environ Sci Technol* 53, 3347–3365. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04392>