



REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- REDALYC
- REDIB
- SCIELO
- DRJI
- INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
- LATINDEX
- DOAJ
- REVENCYT
- CHEMICAL ABSTRACT
- MIAR
- AEROSPACE DATABASE
- CIVIL ENGINEERING ABTRACTS
- METADEX
- COMMUNICATION ABSTRACTS
- ZENTRALBLATT MATH, ZBMATH
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA
- BIBLAT
- PERIODICA

UNIVERSIDAD DEL ZULIA



REVISTA TÉCNICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



*Dr. Jesús Enrique Lossada – Primer rector en la reapertura de LUZ 1946.
Abogado, docente, poeta, escritor, ensayista, dramaturgo,
traductor, parlamentario, periodista y profesor universitario zuliano.*

Determinación de Plaguicidas Organofosforados en Aguas del Río Carrizal como Posible Amenaza Tecnológica

Christina Sharlene Mero-Peñarrieta^{1,2*}, Freddy Enrique Yandún-Patiño³, Soraya Modesta Peñarrieta-Bravo²

¹Maestría de Prevención y Gestión de Riesgos. Instituto de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador

²Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Manabí. 130105. Portoviejo. Manabí. Ecuador

³Universidad de Barcelona. Barcelona. España

*Autor de correspondencia: christina.mero@utm.edu.ec

<https://doi.org/10.22209/rt.v45n3a06>

Recepción: 01 de julio 2022 | Aceptación: 20 de agosto de 2022 | Publicación: 01 de septiembre de 2022

Resumen

En las zonas agrícolas aledañas al río Carrizal (Ecuador) se cultivan diversas especies vegetales, aplicándose indiscriminadamente plaguicidas, que producen una contaminación inminente del agua. Se planteó como objetivo determinar la concentración de plaguicidas organofosforados en el río Carrizal. La detección y cuantificación de nueve plaguicidas se realizó mediante extracción en fase sólida y cromatografía de gases. Se tomaron 15 muestras de aguas superficiales en cinco puntos de áreas agrícolas en tres meses. Para indagar sobre el conocimiento y la amenaza tecnológica por el uso de plaguicidas, se aplicó una entrevista a pobladores del área. Los análisis determinaron la presencia de los plaguicidas phorate y famphur, según la localidad y mes de muestreo, pero no sobrepasaron los límites máximos permisibles de la normativa ambiental de Ecuador para agua destinada a consumo humano y uso doméstico (0,1 µg/ml); en phorate se evidenciaron límites de cuantificación y detección de 0,004 y 0,001 µg/ml, mientras que en famphur de 0,011 y 0,004 µg/ml, respectivamente. La entrevista demostró escaso conocimiento sobre la amenaza que representa el uso de estos compuestos en actividades agropecuarias, lo que amerita continuar investigaciones de esta naturaleza, tanto en el contexto ambiental como socio-cultural.

Palabras clave: afluentes fluviales; contaminación; cromatografía de gases; extracción en fase sólida, insecticidas.

Determination of Organophosphate Pesticides in Waters of the Carrizal River as a Possible Technological Threat

Abstract

In the agricultural areas near the Carrizal River (Ecuador), various plant species are cultivated and pesticides are applied indiscriminately, causing imminent water contamination. The objective was to determine the concentration of organophosphorus pesticides in the Carrizal River. The detection and quantification of nine pesticides was carried out by solid-phase extraction and gas chromatography. Fifteen surface water samples were taken at five points in agricultural areas in three months. To find out about the knowledge and technological threat from the use of pesticides, an interview was conducted with local residents. The analyses determined the presence of the pesticides phorate and famphur, depending on the locality and month of sampling, but they did not exceed the maximum permissible limits of Ecuador's environmental regulations for water intended for human consumption and domestic use (0.1 µg/ml); the limits of quantification and detection for phorate were 0.004 and 0.001 µg/ml, while for famphur they were 0.011 and 0.004 µg/ml, respectively. The interview showed little knowledge about the threat

posed by the use of these compounds in agricultural activities, which merits further research of this nature, both in the environmental and socio-cultural context.

Keywords: gas chromatography; insecticides; pollution; river tributaries; solid-phase extraction;

Determinação de Pesticidas Organofosforados em Águas do Rio Carrizal como Possível Ameaça Tecnológica

Resumo

Nas áreas agrícolas do entorno do Rio Carrizal (Equador) são cultivadas várias espécies de plantas, aplicando indiscriminadamente pesticidas, que produzem contaminação iminente da água. O objetivo foi determinar a concentração de pesticidas organofosforados no Rio Carrizal. A detecção e quantificação de nove agrotóxicos foi realizada por extração em fase sólida e cromatografia gasosa. Quinze amostras de águas superficiais foram coletadas em cinco pontos em áreas agrícolas em três meses. Para indagar sobre o conhecimento e a ameaça tecnológica devido ao uso de agrotóxicos, foi aplicada uma entrevista a moradores da área. As análises determinaram a presença dos pesticidas forato e famfur, de acordo com o local e mês de amostragem, mas não ultrapassaram os limites máximos permitidos da regulamentação ambiental do Equador para água destinada ao consumo humano e uso doméstico (0,1 µg/ml). ; em forato, foram observados limites de quantificação e detecção de 0,004 e 0,001 µg/ml, enquanto em famfur foram de 0,011 e 0,004 µg/ml, respectivamente. A entrevista mostrou pouco conhecimento sobre a ameaça representada pelo uso desses compostos nas atividades agrícolas, o que justifica a continuidade de pesquisas dessa natureza, tanto no contexto ambiental quanto sociocultural.

Palavras-chave: afluentes fluviais; poluição; cromatografia em fase gasosa; extração em fase sólida, inseticidas.

Introducción

El aumento de la población mundial ha forzado al desarrollo intensivo del área agrícola; en dichos sistemas intensivos, el daño ocasionado por plagas y enfermedades en los cultivos ha determinado que la agricultura sea una de las actividades que más requiere el uso de sustancias químicas sintéticas, con demandas de un 85 %, para generar una producción de alto rendimiento (FAO, 2019; Vera-Díaz *et al.*, 2020). El incremento de la cantidad y frecuencia de aplicación de los plaguicidas se ha convertido en un tema de preocupación a nivel mundial (Betancourt y Díaz, 2018), debido a que ha generado numerosos problemas ambientales a largo plazo, lo que conlleva a que residuos de estas sustancias puedan ser detectados en los recursos agua, suelo y aire, poniendo en riesgo la salud de las personas (Varga, 2021), lo que amerita la evaluación de manera sistemática de las sustancias que son utilizadas para el control de plagas agrícolas (Padilla, 2019). El crecimiento agrícola ha incrementado la demanda del recurso agua, lo cual ha ocasionado que por causas tanto naturales como artificiales disminuya su calidad (FAO, 2011). La contaminación por plaguicidas es de tipo difusa y se mueve a través de escorrentía superficial, erosión, lixiviación y mala disposición de los envases vacíos, lo que provoca que estos compuestos se detecten lejos de su punto de aplicación en bajas concentraciones debido a que son degradados lentamente (Rodríguez *et al.*, 2019).

Es importante recordar que los plaguicidas de tipo organoclorados fueron los primeros utilizados a nivel mundial de una forma masiva, resultando muy eficaces y económicos. No obstante, desde entonces se han suscitado numerosos problemas por su presencia en tejidos humanos y animales, ya que se han relacionado con altas tasas de probabilidad en el desarrollo de afecciones cancerogénicas y mutagénicas; además de su acción tóxica en el sistema nervioso y su capacidad de bioacumulación y persistencia en el ambiente, entre otros problemas; lo que provocó que su uso fuera restringido en muchos países. Esto condujo al descubrimiento de otros compuestos, como los insecticidas organofosforados que contienen enlaces fósforo-carbono, utilizados en el control de plagas. Sin embargo, los plaguicidas organofosforados, al igual que los clorados, presentan una alta persistencia en el ambiente, permaneciendo por largos períodos en los suelos, siendo difícilmente biodegradables (Díaz *et al.*, 2017).

El cuadro de intoxicación ocasionado por los insecticidas organofosforados en seres humanos es conocido como síndrome colinérgico, siendo los síntomas clínicos más comunes: debilidad muscular, acetilcolinesterasa

elevada, problemas digestivos (dolor abdominal, náuseas y vómitos), tos y falta de aire, lesiones en mucosas de cavidad oral y faringe, fiebre y pérdida de conciencia, incluyendo convulsiones, diarrea, daño de pulmones, riñones e hígado (Marrero *et al.*, 2017; Prado *et al.*, 2018). Se ha demostrado que la repercusión ecológica que tienen los plaguicidas sobre la biota acuática puede ir desde pequeños hasta grandes daños ecológicos, tanto en animales como peces, debido a que algunos son extremadamente tóxicos a bajas concentraciones, dependiendo de la especie en cuestión (Vargas y Ramírez, 2019). En muchos países se ha prohibido su uso, debido al efecto que causa en la salud (Morales *et al.*, 2014; Muñoz *et al.*, 2016). Desafortunadamente, en países que se encuentran en vías de desarrollo se siguen aplicando estas sustancias, tal es el caso del Ecuador, y específicamente en las zonas agrícolas aledañas al río Carrizal, provincia de Manabí, donde se utilizan de manera indiscriminada gran cantidad de plaguicidas, como: insecticidas, fungicidas, nematocidas y herbicidas, sin las precauciones y controles necesarios, en cultivos de ciclo corto (maíz, tomate, pimiento, entre otros) y cultivos perennes (cacao, café, plátano y banano), pudiendo representar un inminente riesgo o amenaza tecnológica. Esto se agrava, como lo establece Ramírez (2010), cuando la labor de las entidades oficiales encargadas de la regulación de estos productos aprueba su implementación, sin existir una supervisión eficaz de los efectos que ocasionan.

Por otra parte, el término amenaza tecnológica se refiere al contexto de peligros de origen antropogénico relacionado con accidentes tecnológicos en los que puede incurrir la sociedad, causando una alteración del funcionamiento de la misma; una de estas amenazas es la producida por el uso indiscriminado y vertido de sustancias químicas y peligrosas en el recurso agua (García, 2011; Vargas-González *et al.*, 2019). Una definición más completa del término la enuncia Lavell (2007), quien establece que amenaza tecnológica es aquella relacionada con accidentes tecnológicos o industriales, procedimientos peligrosos, fallos de infraestructura o de ciertas actividades humanas, que pueden causar muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Como ejemplos, se incluyen la contaminación industrial, descargas nucleares y radioactividad, desechos tóxicos, ruptura de presas, explosiones e incendios.

Soler (2022) señaló que la amenaza está dada por la aplicación regular de plaguicidas particularmente en las áreas agrícolas; en otras palabras, se trata de una fuente de contaminación difusa, de liberación intermitente y a largo plazo. En este sentido, Jiménez-Quintero *et al.* (2016) indicaron que la amenaza tecnológica a la que se encuentran expuestos los agricultores de la microcuenca “La Pila” está relacionada con su salud, debido al uso excesivo y manejo inadecuado de plaguicidas químicos. Ramírez (2009), acotando que en español los términos “riesgo” y “amenaza” usualmente se aplican indistintamente, comentó que desde un punto de vista académico no se ha podido establecer una definición unitaria de los mismos. Si bien la literatura sobre el riesgo tecnológico proporciona una serie de clasificaciones del propio término, es posible identificar dos orientaciones generales: los enfoques de carácter positivista en la línea de las ciencias naturales, que trabajan con datos y hechos cuantificables, y, por otro lado; las aproximaciones de tipo interpretativo o hermenéutico que se centran en los aspectos más cualitativos del concepto (Ortega-García *et al.*, 2019).

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta investigación fue determinar la concentración de nueve plaguicidas organofosforados en las aguas superficiales del río Carrizal, generando información útil que contribuya a analizar el riesgo o amenaza tecnológica que implica el uso de estos plaguicidas para los habitantes de las zonas aledañas.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio

La cuenca del río Carrizal se ubica entre los cantones Bolívar y Chone, tendiendo una superficie de aproximadamente 2267 km² (Carreño *et al.*, 2019); a lo largo del río se distinguen la zona alta, media y baja. El estudio se realizó en cinco puntos desde las localidades de Quiroga hasta Bachillero, los cuales se seleccionaron con base en su cercanía a las localidades agrícolas (Figura 1). La definición de las coordenadas cartográficas proyectadas en unidades UTM de los puntos de muestreo, se presenta en la Tabla 1.

Tipo y frecuencia de muestreo

Se realizaron tres muestreos puntuales de tipo sistemático en los cinco puntos seleccionados (Figura 1),

durante los meses de junio, julio y agosto de 2018, para un total de 15 muestras. Estas muestras fueron tomadas en botellas de 1000 ml tipo PET (tereftalato de polietileno), introduciéndolas a una profundidad intermedia de 15 a 20 cm entre la superficie y el fondo, con la boca del envase en contra corriente hasta llenar la botella, evitando que la muestra incluyera impurezas. Cada botella se identificó con una etiqueta que tenía la información correspondiente a cada punto de muestreo, colocándolas posteriormente en una caja térmica a una temperatura de 2 a 5 °C.

Plaguicidas evaluados

Se analizaron nueve plaguicidas organofosforados diferentes: O,O,O – triethylphosphorothioate, thionazin, sulfotep, phorate, dimethoate, disulfoton, methylparathion, pharation y famphur. Para ello, se prepararon 10 patrones de trabajo a partir del estándar de referencia correspondiente: 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 y 5 µg/ml, usando micropipetas de 0,5 y 1 ml, y efectuando tres lecturas por cada nivel. Haciendo uso del programa Chromeleon Console, con el cual se maneja el cromatógrafo de gases automáticamente se generaron 270 datos en total, pertenecientes al área y concentraciones de cada uno de los plaguicidas en estudio. El estándar de plaguicidas organofosforados utilizado fue *Organophosphorus Pest Mix*, 1x1 ml, 2000 µg/ml hexano:acetona (80:20) de SUPELCO SIGMA-ALDRICH, Alemania.

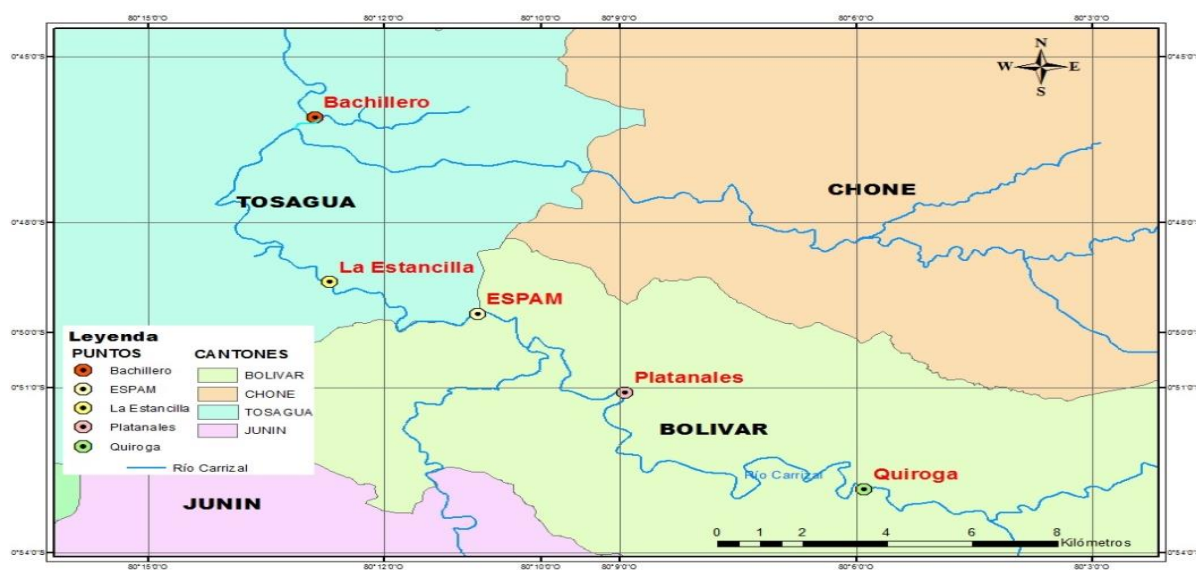


Figura 1. Cuenca del río Carrizal (Ecuador): localización del área de estudio y puntos de muestreo (modificado de Mero, 2018).

Tabla 1. Georreferenciación de los puntos de muestreo en la cuenca del río Carrizal.

N°	Puntos de muestreo (localidades)	Coordenadas proyectadas	
		X	Y
1	Quiroga	600327	9902651
2	Platanales	594687	9905890
3	ESPAM	591219	9908520
4	La Estancilla	587735	9909591
5	Bachillero	587370	9915098

Extracción en fase sólida (SPE)

Para la extracción y pre-concentración de las muestras en fase sólida se emplearon cartuchos para *clean up* C18 LiChrolut RP-18 marca MERCK, con fase estacionaria de 500 mg y de 6 ml de capacidad. Se usó un equipo de concentración HyperSep™ Glass Block Vacuum Manifolds marca THERMO FISHER SCIENTIFIC, conectado a

una bomba de vacío. Los cartuchos se acondicionaron con 6 ml de hexano, 6 ml de acetonitrilo y 6 ml de agua MilliQ. Posteriormente, se agregaron 500 ml de muestra previamente filtrada para eliminar impurezas, aplicándose un vacío por 30 min. La elución de los analitos se llevó a cabo utilizando 2 ml de acetona (Augusto *et al.*, 2013).

Cromatografía de gases (CG)

Para la separación, identificación y cuantificación de los nueve plaguicidas se utilizó un cromatógrafo de gases TRACE™ 1310 Gas Chromatograph, marca THERMO FISHER SCIENTIFIC, con detector de ionización de llama (FID, según sus siglas en inglés), columna capilar TR-II PESTICIDE marca THERMO FISHER SCIENTIFIC e inyector en modalidad *splitless*.

Las condiciones para el procesamiento fueron las siguientes: volumen de inyección de 1 µl, temperatura del inyector de 280 °C, temperatura del detector FID de 280 °C, flujo de purga de 5,0 ml/min, flujo de helio de 108,2 Kpa, flujo de aire de 350 ml/min y de hidrógeno de 35 ml/min. La temperatura del horno inició en 50 °C por 2 min, a razón de 10 °C por min y se incrementó a 150 °C donde se mantuvo por 1 min, a razón de calentamiento de 30 °C/min se elevó a 280 °C por 2 min. El tiempo total de la corrida por muestra fue de 19,33 min. Este procedimiento se basó en la metodología propuesta por Martínez-Lara y Páez-Melo (2017) para cromatografía gaseosa. Se determinaron los límites de detección, límites de cuantificación y porcentajes de recuperación de cada analito (SPE), a partir del estándar de plaguicidas.

Validación del método analítico

Para la validación de método se aplicaron los siguientes parámetros estadísticos: coeficiente de correlación, desviación estándar, desviación estándar relativa, límite de detección y cuantificación, de acuerdo al estudio realizado por Betancourt-Arango *et al.* (2021).

Aplicación de entrevista relacionada con la amenaza tecnológica

Se implementó una entrevista para determinar el conocimiento que sobre estos aspectos posee la población aledaña a la zona de estudio. La población entrevistada estuvo integrada por agricultores y habitantes de cada localidad evaluada. Del total de 25 personas entrevistadas, 28 % correspondió a la localidad de Quiroga, 20 % a Platanales y a Bachillero, 16 % a La Estancilla y a ESPAM.

En la entrevista se realizaron las siguientes preguntas:

1. ¿Posee conocimiento sobre el concepto de amenaza tecnológica?:
Sí: _____, No: _____
2. ¿Qué grado de conocimiento posee sobre la amenaza tecnológica asociada al uso de plaguicidas organofosforados?
Conocido: _____, Medio: _____, Desconocido: _____

Resultados y Discusión

Con la metodología aplicada en esta investigación SPE-CG (extracción en fase sólida-cromatografía de gases), se pudo detectar la presencia de algunos residuos de plaguicidas organofosforados en aguas del río Carrizal. Los parámetros estadísticos obtenidos para la extracción en fase sólida y porcentajes de recuperación, se presentan en la Tabla 2, mientras que los límites de cuantificación, detección y máximos permisibles de la legislación ecuatoriana (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015), se incluyen en la Tabla 3.

Los parámetros establecidos para la validación del método cumplieron con los criterios de excelente linealidad de la curva de calibración en el rango de trabajo establecido, coeficiente de correlación igual a 0,9963 (mayor a 0,995) (Aguilar *et al.*, 2021). En cuanto a la precisión del método, la medida de la desviación estándar menor a 20 %, con un valor de 4,38 %, límites de detección que estuvieron entre 0,001 a 0,006 µg/ml y límites de cuantificación entre 0,004 y 0,017, demostraron una muy buena sensibilidad (García, 2019); asimismo, el porcentaje

de recuperación de la extracción en fase sólida, se encontró entre 70 y 127 %. Todo esto indicó una relación entre las variables límite de detección y límite de cuantificación (García, 2019). Estos resultados destacan la aplicabilidad de las técnicas analíticas utilizadas en esta investigación, y refuerzan lo establecido por Köck (2014), quien indicó que para la extracción y concentración de plaguicidas en muestras de agua, la más recomendada es la SPE debido a su selectividad, precisión, rendimiento, ya que la muestra está sujeta a muy poca manipulación. Por su lado, Bastidas *et al.* (2019) aclararon que la recuperación de los analitos mediante SPE depende de la polaridad de los eluyentes, de modo especial cuando se extraen varios de manera simultánea.

Tabla 2. Parámetros estadísticos y porcentajes de recuperación de los plaguicidas organofosforados durante el análisis con extracción en fase sólida (SPE) y cromatografía de gases.

Plaguicida	Coefficiente de correlación	DE	SPE (%)
O,O,O – Triethylphosphorothioate	0,995	0,003	70,78
Thionazin	0,997	0,002	96,58
Sulfotep	0,996	0,001	97,43
Phorate	0,997	0,001	97,03
Dimethoate	0,995	0,001	12,16
Disulfoton	0,996	0,001	90,26
Methylparathion	0,997	0,001	94,76
Pharation	0,995	0,002	100,33
Famphur	0,995	0,002	127,36

DE: desviación estándar.

Tabla 3. Límites de cuantificación (LC), detección (LD) y máximos permisibles (LMP) durante el análisis de plaguicidas por cromatografía de gases.

Plaguicida	LC (µg/ml)	LD (µg/ml)	LMP (µg/ml)
O,O,O – Triethylphosphorothioate	0,005	0,002	0,1
Thionazin	0,012	0,004	0,1
Sulfotep	0,011	0,004	0,1
Phorate	0,004	0,001	0,1
Dimethoate	0,017	0,006	0,1
Disulfoton	0,009	0,003	0,1
Methylparathion	0,005	0,002	0,1
Pharation	0,014	0,005	0,1
Famphur	0,011	0,004	0,1

LMP: límite máximo permisible para agua destinada a consumo humano y uso doméstico, según Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015).

Como se muestra en la Tabla 2, el 90 % de los plaguicidas presentaron un porcentaje de recuperación eficiente, de acuerdo al método EPA 505 (Environmental Protection Agency, 1995). El mayor y menor porcentaje de recuperación fue para famphur y dimethoate, con 127,36 y 12,16 %, respectivamente. Estos resultados coincidieron parcialmente con los reportados por Rodríguez *et al.* (2016), quienes consideraron que los porcentajes aceptables de recuperación de los analitos en SPE estuvieron entre 70 y 130 %. El bajo porcentaje de recuperación alcanzado por dimethoate (12,16 %), puede atribuirse, según García *et al.* (2017), a su alta polaridad, lo que contribuyó a un bajo rendimiento durante la extracción mediante SPE; así mismo, Guerrero y Velandia (2014) en un

estudio comparativo de dos metodologías para la determinación de residuos de plaguicidas en agua potable, demostraron que los organofosforados con mayor polaridad, como es el caso del dimethoate, presentaron un porcentaje de recuperación muy bajo o nulo, con una elevada solubilidad en el agua.

Con respecto a los límites de cuantificación y detección de los plaguicidas organofosforados evaluados, se determinó que los valores más altos fueron para dimethoate (0,017 y 0,006 µg/ml, respectivamente) y los menores para phorate (0,004 y 0,001 µg/ml, respectivamente). Dichos niveles se compararon con los límites máximos permisibles establecidos en el texto unificado de la legislación secundaria del ministerio del ambiente, libro VI, anexo 1, de las normas de calidad y de descarga de efluentes al recurso agua, criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y uso doméstico (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015) y que se presentan en la Tabla 3, evidenciándose que se obtuvieron límites de detección por debajo de lo que establece la normativa.

Detección y concentración de plaguicidas por localidad y mes de muestreo

La localidad en la que se determinó la presencia de plaguicidas en los tres meses de evaluación fue ESPAM, con la detección de famphur; mientras que phorate se presentó durante el mes de junio en Quiroga. Famphur fue detectado en cuatro localidades en el mes de junio, en tres localidades en el mes de julio y en una localidad en el mes de agosto, siendo el plaguicida de mayor ocurrencia; los otros plaguicidas no lograron ser detectados en las muestras (Tablas 4, 5 y 6).

Tabla 4. Detección y concentración (mg/ml) de plaguicidas organofosforados en el mes de junio en la cuenca del río Carrizal (Ecuador).

Plaguicida	Quiroga	Platanales	ESPAM	Estancilla	Bachillero
O,O,O –Triethylphosphorothioate	ND	ND	ND	ND	ND
Thionazin	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfotep	ND	ND	ND	ND	ND
Phorate	0,001	ND	ND	ND	ND
Dimethoate	ND	ND	ND	ND	ND
Disulfoton	ND	ND	ND	ND	ND
Methylparathion	ND	ND	ND	ND	ND
Parathion	ND	ND	ND	ND	ND
Famphur	ND	0,002	0,003	0,006	0,003

ND: no detectado.

Tabla 5. Detección y concentración (mg/ml) de plaguicidas organofosforados en el mes de julio en la cuenca del río Carrizal (Ecuador).

Plaguicida	Quiroga	Platanales	ESPAM	Estancilla	Bachillero
O,O,O – Triethylphosphorothioate	ND	ND	ND	ND	ND
Thionazin	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfotep	ND	ND	ND	ND	ND
Phorate	ND	ND	ND	ND	ND
Dimethoate	ND	ND	ND	ND	ND
Disulfoton	ND	ND	ND	ND	ND
Methylparathion	ND	ND	ND	ND	ND
Parathion	ND	ND	ND	ND	ND
Famphur	0,002	ND	0,004	ND	0,073

ND: no detectado.

Tabla 6. Detección y concentración (mg/ml) de plaguicidas organofosforados en el mes de agosto en la cuenca del río Carrizal (Ecuador).

Plaguicida	Quiroga	Platanales	ESPAM	Estancilla	Bachillero
O,O,O – Triethylphosphorothioate	ND	ND	ND	ND	ND
Thionazin	ND	ND	ND	ND	ND
Sulfotep	ND	ND	ND	ND	ND
Phorate	ND	ND	ND	ND	ND
Dimethoate	ND	ND	ND	ND	ND
Disulfoton	ND	ND	ND	ND	ND
Methylparathion	ND	ND	ND	ND	ND
Parathion	ND	ND	ND	ND	ND
Famphur	ND	ND	0,001	ND	ND

ND: no detectado.

Un aspecto que se debe destacar es que la concentración más alta del plaguicida famphur fue detectada durante el mes de junio en La Estancilla, localidad en la cual se realiza la captación del agua para su tratamiento y distribución a cinco cantones de la provincia de Manabí: Calceta, Junín, Tosagua, Bahía y San Vicente, con los consecuentes riesgos de contaminación que ello implica, donde las concentraciones mostraron una pequeña diferencia por cada mes que se realizó el muestreo. Famphur, así como en general todos los plaguicidas organofosforados, son utilizados ampliamente en la agricultura y ganadería para el tratamiento de plagas y enfermedades (Esparza-Olalla *et al.*, 2020), y por lo tanto, no se exime su uso en el control fitosanitario de los cultivos agrícolas presentes en la localidad. También famphur, de acuerdo a (Lee y Myung, 2019), es un insecticida de uso sistémico de animales tipo ganado para infecciones causadas por gusanos, larvas, piojos. En la lista de plaguicidas de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), el famphur se encuentra como altamente peligroso, indicando que causa muchos problemas de salud, especialmente a niños y generando daños al ambiente.

Por su parte, el phorate, también conocido como forato y detectado en Quiroga (Tabla 4), es un insecticida de uso exclusivo para la agricultura, siendo un producto altamente tóxico, ya que suele estar sujeto a un proceso de separación denominado hidrólisis lenta, generando varios compuestos que contribuyen a la aparición de cáncer en las personas. Este tipo de hidrólisis ocurre en el agua, produciendo dietil disulfuro, ácido sulfhídrico y formaldehído como productos de degradación (Pesticide Action Network, 2018; Dar *et al.*, 2022). De acuerdo a Brunton *et al.* (2020), el phorate tiene una persistencia moderada en el ambiente, siendo catalogado como extremadamente peligroso por su toxicidad aguda y crónica, aun encontrándose a bajos niveles. También, Martin-culma y Arenas-Suárez (2018) demostraron que fue altamente tóxico para las abejas.

Aunque en general los valores obtenidos de plaguicidas organofosforados en esta investigación se encontraron por debajo del límite permisible que establece la normativa ambiental vigente del Ecuador para agua destinada a consumo humano y uso doméstico, estos a bajas concentraciones pueden ser tóxicos, y causan problemas a la salud y al ambiente, debido a que suelen ser resistentes a la degradación, con persistencia en periodos de tiempo extensos, llegando a convertirse en compuestos muy riesgosos (Rodríguez *et al.*, 2019; Grondona *et al.*, 2022). Planteándose esta misma problemática, Álvarez-Sánchez (2020) llevó a cabo una investigación donde el objetivo fue evaluar el riesgo de impacto ambiental que genera la aplicación de plaguicidas en arveja (*Pisum sativum*), en el municipio de Ipiales, departamento de Nariño, Colombia. Entre los resultados más relevantes se identificaron 44 ingredientes activos, con un valor medio de uso de 25,1 kg ia/ha/año, mostrando una alta dependencia de plaguicidas en el sistema productivo del cultivo. Así, considerando el tipo de productor, se presentó un riesgo moderado para los campesinos, y la contaminación de fuentes hídricas superficiales representó la mayor amenaza derivada del uso de estos productos.

Por otra parte, con respecto a los resultados de la entrevista, en la Figura 2 se presentan los relacionados con el conocimiento que la población posee sobre el concepto de amenaza tecnológica. El 80 % de la población entrevistada afirmó no conocer el concepto, y apenas un 20 % indicó tener nociones generales sobre el mismo, lo que pone en evidencia una desinformación con relación a los riesgos a los que puede estar expuesta, atribuyéndolo a un bajo nivel educativo y al desconocimiento de los riesgos de los agroquímicos, subestimando los posibles efectos que pueden desencadenar el uso y exposición a estas sustancias.

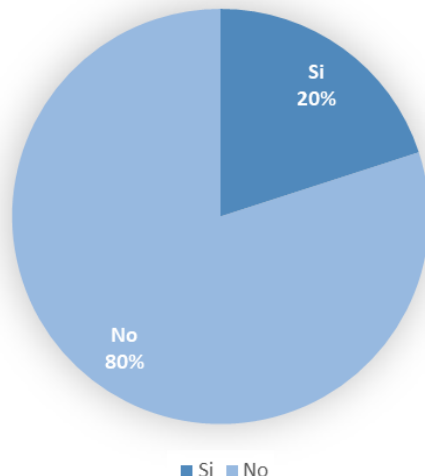


Figura 2. Distribución porcentual del conocimiento que posee la población entrevistada sobre el concepto de amenaza tecnológica (n= 25).

En la Figura 3 se presentan los resultados relacionados con el conocimiento de la población entrevistada sobre el nivel de peligro asociado al uso de plaguicidas organofosforados. El 52 % de los entrevistados manifestaron un nivel desconocido, un 40 % nivel medio y un 8 % indicaron un nivel conocido; así mismo, manifestaron que no sería corregible el daño que podría ocasionar este factor, es decir, que hubo una leve percepción de la amenaza tecnológica asociada al uso de plaguicidas debido al desconocimiento del riesgo por la exposición por el uso y manejo inadecuado de plaguicidas químicos, para el control fitosanitario de sus cultivos

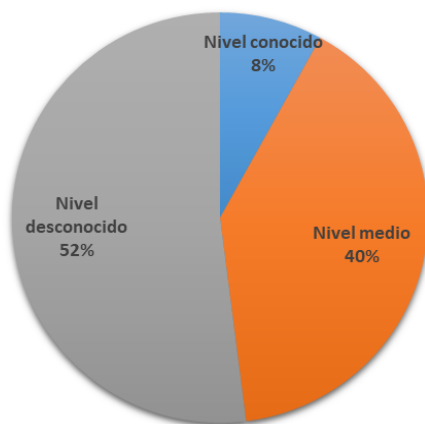


Figura 3. Distribución porcentual del conocimiento que posee la población entrevistada sobre la amenaza tecnológica asociada al uso de plaguicidas organofosforados.

En una investigación similar, Ramírez (2010) analizó la percepción de los riesgos ambientales generados por el uso intensivo de plaguicidas en soja transgénica en Argentina, empleando metodologías de investigación cualitativa como la técnica de la entrevista. De manera similar a los resultados obtenidos aquí, el autor afirmó que el uso de plaguicidas en soja no fue percibido como una actividad riesgosa para el ambiente, debido a las siguientes razones: confianza en el mejoramiento de la calidad de los productos, así como en los procesos de innovación

tecnológica acontecidos en los últimos años, y a la labor de las entidades oficiales encargadas de la regulación de plaguicidas que aprueban su implementación.

Finalmente, las zonas aledañas a la cuenca del río Carrizal donde se realizó la investigación presentó evidencias de peligros antrópicos, donde las inminentes causas de contaminación superficial de las aguas estuvieron relacionadas con el uso indiscriminado de plaguicidas organofosforados en actividades agropecuarias. Aunque la información no se recabó en la entrevista, se pudo constatar mediante observación el manejo inadecuado de los plaguicidas, lo que sienta las bases para la estimación de la amenaza tecnológica a la que se encontró expuesta la población. Estas amenazas pueden afectar la calidad de vida de los pobladores de forma directa, sobre todo a los grupos poblacionales que viven cerca del área de influencia de los cultivos, quienes se encuentran expuestos a los plaguicidas, lo que incide en daños a su salud por la ingesta de alimentos y agua contaminada; adicionalmente, pueden causar pérdidas económicas en sistemas de producción agrícolas y pecuarios derivados de desequilibrios ecológicos; de esta manera, se debe tener muy en cuenta que los insecticidas evaluados pueden tener una permanencia prolongada en el ambiente, con tendencia a bioacumularse (García *et al.*, 2022; Palacio, 2022).

Conclusiones

Con los métodos de extracción en fase sólida y cromatografía de gases se detectó la presencia de algunos plaguicidas organofosforados en aguas del río Carrizal, validándose su precisión con los parámetros estadísticos aplicados. En el 60 % de las muestras analizadas hay presencia de phorate y famphur en bajas concentraciones, encontrándose dentro de los límites máximos permisibles por la legislación ecuatoriana para agua destinada a consumo humano y uso doméstico.

Se identificó que existe un riesgo a la salud de la población aledaña al río Carrizal por el uso y manejo inadecuado de estas sustancias, dichas consecuencias se agravan debido a que la misma posee escasos conocimientos sobre los peligros y amenazas que representa la exposición y manipulación de este tipo de compuestos químicos, enfrentándose a un inminente riesgo.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez-Sánchez, D. (2020). Estimación del riesgo ambiental causado por plaguicidas en cultivos de arveja de Ipiales, Nariño-Colombia. *Tecnológicas*, 23(47), 77-91.
- Augusto, F., Hantao L. W., Mogollón, N. G. S., Braga, S. C. G. N. (2013). New materials and trends in sorbents for solid-phase extraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 43, 14-23.
- Aguilar, B., Magaña, C., Campos, V., Valencia, R. (2021). Método analítico para la determinación de plaguicidas y su aplicación en aguas superficiales de Colima y Guanajuato. *Ra Ximhai*, 17(3), 255-277.
- Bastidas, P., Leyva, J., Olmeda, C., Pineda, J., Martínez, I. (2019). Comparison of two methods for multi-residue analysis of organophosphorus pesticides in agricultural products with high and low moisture content. *Revista Bio Ciencias*, 52(311), 1-19.
- Betancourt-Arango, P., Ossa-Jaramillo, A., Taborda-Ocampo, G. (2021). Extracción de plaguicidas en el aguacate Hass (*Persea americana* Mill. cv.) mediante el uso de C18 y arcillas funcionales como fase adsorbente en la metodología QuEChERS. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(174), 286-299.
- Betancourt, R., Díaz, O. (2018). Los pesticidas: clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6, 14-30.
- Brunton, D., Boutsalis, P., Gill, G., Preston, C. (2020). Varying responses of field-selected herbicide resistant rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) populations to combinations of phorate with pre-plant incorporated herbicides. *Weed Science*, 68(4), 1-20.

Carreño, Á., Lucas, L., Hurtado, E., Barrios, R., Silva, R. (2019). Sistema de tratamiento de aguas superficiales para consumo humano. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 21, 97-112.

Dar, M. A., Baba, Z. A., Kaushik, G. (2022). A review on phorate persistence, toxicity and remediation by bacterial communities. *Pedosphere: An International Journal*, 32(1), 171-183.

Díaz, S., Sánchez, F., Varona, M., Eljach, V., Muñoz, M. (2017). Niveles de colinesterasa en cultivadores de papa expuestos ocupacionalmente a plaguicidas, Totoró, Cauca. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 49(1), 85-92.

Esparza-Olalla, J. E., Forero-Lugo, F. C., Mardones-Montanares, M. A. (2020). Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos. *Revista Ciencia y Agricultura*, 17(1), 31-50.

Environmental Protection Agency (U.S. EPA). (1995). *Analysis of organohalide pesticide and commercial polychlorinated biphenyl (PCB) products in water by microextraction and gas chromatography*. Ohio: U. S. EPA.

FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma: Creative Commons.

FAO. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Madrid: Mundi-Prensa Madrid.

García, C., Fuentes, O., Ortega, M., Ceballos, C., Márquez, L., Chávez, C., Terrazas, L. (2022). Determinación y cuantificación de residuos de plaguicidas en suelo y agua en pastizales del noreste de México, hábitat del perrito de la pradera mexicana. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 12(1), 33-48.

García, M. L. (2019). *Evaluación de la presencia de contaminantes y metabolitos en alimentos y muestras biológicas mediante técnicas cromatografías acopladas a espectrometría de masas de alta resolución*. Tesis doctoral. Almería: Universidad de Almería.

García, A., Rodríguez, C., Restrepo, E., Sánchez, A. (2017). Residuos de plaguicidas en tomate (*Solanum lycopersicum*) comercializado en Armenia, Colombia. *Revista Vitae*, 2(2), 68-79.

García, H. (2011). The other story of the causes of technological accidents México. *Educación Química*, 22(4), 306-317.

Grondona, S., Massone, H., González, M., Bedmar, F. (2022). Evaluación del peligro de contaminación del agua subterránea en áreas agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 38, 111-125.

Guerrero, A., Velandia, Y. (2014). Avaliação de metodologias para a análise dos produtos de degradação tóxicos dos ditiocarbamatos fungicidas. *Revista Colombiana de Química*, 43, 17-22.

Jiménez-Quintero, C. A., Pantoja-Estrada, A., Leonel, H. F. (2016). Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca “La Pila”. *Revista Universidad y Salud*, 18(3), 417-43.

Köck, M. (2014). *Plaguicidas polares en el medio ambiente: análisis, presencia y evaluación de riesgo*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.

Lavell, A. (2007). *Apuntes para una reflexión institucional en países de la subregión Andina sobre el enfoque de la gestión del riesgo. Apoyo a la prevención de desastres de la Comunidad Andina PREDECAN*. Lima: Comisión Europea. Comunidad Andina. Secretaría general CAPRADE. Consultora Nacional Spazio Ingeniería y Medio Ambiente.

- Lee, S., Myung, S. (2019). An efficient analysis of residual famphur in several species of honey using gas chromatography/mass spectrometry. *Korean Chemical Society*, 40(7), 719-723.
- Marrero, S., González, S., Guevara, H., Eblen, A. (2017). Evaluación de la exposición a organofosforados y carbamatos en trabajadores de una comunidad agraria. *Comunidad y Salud Año*, 17(1), 30-41.
- Martin-Culma, N. Y., Arenas-Suárez, N. E. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Revista Ciencias Agrícolas*, 14(1), 232-240.
- Martínez-Lara, J. M., Páez-Melo, M. I. (2017). Diseño de experimentos aplicado en la optimización del método de extracción QuEChERS para la determinación de plaguicidas organoclorados y organofosforados en suelos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 559-573.
- Mero, C. (2018). *Evaluación de la concentración de plaguicidas organofosforados en el agua del río Carrizal*. Trabajo de investigación. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente. *Acuerdo Ministerial 061*. Ecuador.
- Morales, Y., Miranda, L., Bernado, M. (2014). Neurotoxicidad de los plaguicidas como agentes disruptores endocrinos. *Revista del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel"*, 45(2), 55-68.
- Muñoz, M., Lucero, B., Paz, V., Muñoz, P., Antini, C., Lucero, N. (2016). Organophosphate pesticides and cancer in Latin America: evidence for a bioethical discussion. *Revista Académica*, 15(2), 1-23.
- OMS. (2019). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan*. Organización Mundial de la Salud (OMS). Ginebra: OMS.
- Ortega-García, J., Tellerías, L., Ferrís-Tortajada, J., Boldo, E., Campillo-López, F., Vanden-Hazel, P. (2019). Threats challenges and opportunities for paediatric environmental health in Europe, Latin America and the Caribbean. *Anales de Pediatría (Barc)*, 90(2), 124.e1-124.e11.
- Padilla, W. (2019). *Determinación de los plaguicidas utilizados en el cultivo de haba (*Vicia faba*, L.), en la zona de San Gabriel, cantón Montufar, provincia del Carchi*. Tesis de pregrado. Carchi: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Palacio, D. (2022). *Toxicología. Química de plaguicidas. Manual moderno de toxicología*. 5th. ed. Bogotá: El manual moderno.
- Pesticide Action Network. (2018). *Lista de plaguicidas altamente peligrosos* [en línea] disponible en: https://www.rapam.org/wp-content/uploads/2021/08/LISTA-PAN_PAP-2021_ESP_F03082.pdf [consulta: 12 enero 2022].
- Prado, G., Olivares, J., Payán, F., Alarcón, G. (2018). Naturaleza y acciones de los plaguicidas organofosforados sobre el ambiente y la salud. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 18(35), 151-179.
- Ramírez, O. (2010). Percepción del riesgo del sector agroindustrial frente al uso agrícola de plaguicidas: la soja transgénica en la pampa Argentina. *Ambiente y Desarrollo*, 14 (26), 36-62.
- Ramírez, O. (2009). Riesgos de origen tecnológico: apuntes conceptuales para una definición, caracterización y reconocimiento de las perspectivas de estudio del riesgo tecnológico. *Revista Luna Azul*, 29, 82-94.
- Rodríguez, B. A., Martínez, L. M., Peregrina, A. A., Ortiz, C. I., Cárdenas, O. G. (2019). Analysis of pesticide residues in the surface water of the Ayuquila-Armería river watershed, Mexico. *Terra Latinoamericana*, 37(2), 151-161.
- Rodríguez, Y., Pérez, M., Suárez, Y. (2016). Validación del método cromatográfico para control de calidad de

ibuprofeno en suspensión oral. *Revista Cubana de Farmacia*, 50(4), 2-3.

Soler, M. (2022). *Análisis de riesgo asociado a la exposición crónica a plaguicidas, con el uso de sistemas de información geográfica y percepción remota*. Tesis doctoral. México D. F.: Universidad Autónoma Metropolitana.

Varga, A. (2021). Análisis jurídico de la protección del suelo, su repercusión en la salud de las personas y los ecosistemas y la nueva perspectiva hacia la salud del suelo en el marco del “One Health”. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 8(2), 1-49.

Vargas, J., Ramírez, M. (2019). Avances en la investigación agropecuaria en México. *Avance en Investigación Agropecuaria*, 14(1), 67-76.

Vargas-González, G., Álvarez-Reyna, V., Guigón-López, C., Cano-Ríos, P., García-Carrillo, M. (2019). Impacto ambiental por uso de plaguicidas en tres áreas de producción de melón en la Comarca Lagunera, México. *Ciencia UAT*, 13(2), 113-127.

Vera-Díaz, F., Castro-Arteaga, C., Gutiérrez-Mora, X. (2020). Alternativas agroecológicas para el control y manejo de arvenses en competencia específica con el cultivo de maíz. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 9(6), 1-25.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Vol. 45. N°3, Septiembre - Diciembre, 2022 _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada en Agosto 2022, por el **Fondo Editorial Serbiluz, Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela***

**www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientificaluz.org**