

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación
**Estudio de residualidad de pesticidas organoclorados y
organofosforados en lagunas de riego de la Escuela Agrícola
Panamericana, Zamorano**

Estudiante

Erick Ariel Amaya Aguilar

Asesores

Victoria Cortés Matamoros, D.C.A.

Lourdes Espinal Cabrera, Ing.

Ana Castillo Navarro, Dra.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora Departamento Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Agradecimientos

Al Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) por su valiosa contribución técnica y financiera a lo largo del estudio. Al Laboratorio de Energía, Ambiente y Desarrollo (LEAD) de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, por facilitar la logística para la realización de los muestreos. Al módulo de Innovación Tecnológica en la Producción (D-LAB), por facilitarme los materiales y el espacio para construir las boyas. A la unidad de SIG de Zamorano, por su apoyo técnico durante la elaboración del modelo digital de elevación (DEM). Finalmente, a la República de China Taiwán por brindarme el apoyo económico para cursar mi educación universitaria en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Contenido

Agradecimientos	3
Contenido.....	4
Índice de Cuadros.....	6
Índice de Anexos	8
Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Materiales y Métodos	17
Sitio de Estudio	17
Diseño de la Investigación	17
Modelación Geoespacial Exploratoria	19
Recolección de Muestras Puntuales	21
Instalación y Recolección de Muestreadores Pasivos.....	21
Caracterización de Parámetros Físicoquímicos	24
Extracción en Fase Sólida para Muestreos Puntuales	24
Procedimientos de Laboratorio para Muestras Acumulativas	26
Extracción de Analitos para Muestreos Pasivos	26
Análisis de Laboratorio para Determinar la Presencia de Analitos en las Muestras Puntuales y Acumulativas.....	27
Construcción de una Matriz del Uso de Pesticidas	29
Resultados y Discusión.....	32
Modelo de Acumulación de Flujo Superficial	32
Análisis de Laboratorio para Detección de Pesticidas	35
Inventario del Uso de Pesticidas en Zona 3	38

Interpretación de los Resultados de Laboratorio y los Datos Cualitativos de las Zonas Productivas ..	39
Conclusiones	47
Recomendaciones	48
Referencias.....	49
Anexos.....	57

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Fechas y profundidades de muestreos pasivos.....	23
Cuadro 2 Parámetros fisicoquímicos medidos en las muestras puntuales	24
Cuadro 3 Ajuste de pH de la muestra previo a su extracción	25
Cuadro 4 Soluciones para el ajuste del pH de las muestras	25
Cuadro 5 Disolventes utilizados en la primera fase de lavado	25
Cuadro 6 Disolventes utilizados en la segunda fase de lavado	26
Cuadro 7 Disolventes utilizados para el acondicionamiento de cartuchos	26
Cuadro 8 Analitos de interés presentes en las soluciones estándares.....	28
Cuadro 9 Clasificación de solubilidad en agua según el valor en mg/L (ppm) (FAO, 2000).....	30
Cuadro 10 Clasificación de la afinidad del contaminante hacia el agua según su Log (Kow) (Matos et al., 2019)	31
Cuadro 11 Tendencia de la sustancia química a ser absorbida a través de las membranas biológicas según el Log (Kow) del compuesto (EPA (2000) y EPA (2012)).....	31
Cuadro 12 Tendencias de movilidad del pesticida en el suelo de acuerdo al Log(Koc) (FAO, 2000) ...	31
Cuadro 13 Volatilidad del compuesto según su constante de Henry (EPA, 2012)	31
Cuadro 14 Detección en laboratorio de pesticidas en la Zonas muestreadas de forma puntual.....	37
Cuadro 15 Comparación de los resultados de los muestreos puntuales de Pivote Central con la normativa hondureña de agua potable	38
Cuadro 16 Comparación de los resultados de los muestreos puntuales de Zona 3 con la normativa hondureña de agua potable.....	38
Cuadro 17 Resumen de las familias químicas de pesticidas utilizadas en Zona 3	39
Cuadro 18 Categorización según el CE de los pesticidas detectados en los análisis de laboratorio (CEPAL, 2009)	43
Cuadro 19 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los compuestos detectados.....	46

Índice de Figuras

Figura 1 Área de agricultura extensiva e intensiva de la EAP Zamorano.....	17
Figura 2 Fases de investigación.....	18
Figura 3 <i>Delimitación de la posible área de influencia de las actividades agrícolas de Zona 3</i>	19
Figura 4 <i>Estructura de un modelo de acumulación de flujo (Stojkovic et al., 2012)</i>	20
Figura 5 Zonas acumulación y dirección de flujo, Zona 3	33
Figura 6 Zonas de acumulación de flujo, Zona 3.....	34
Figura 7 Pesticidas detectados en Zona 3 y pivote central a través de muestreos puntuales	35
Figura 8 <i>Resumen de los resultados obtenidos en los muestreos de Zona 3</i>	36
Figura 9 Antecedente de residualidad de pesticidas detectados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Adaptado de Kammerbauer y Moncada (1998).....	40
Figura 10 Comparación cualitativa de la presencia de residualidad de contaminantes reportados en ambos estudios (1998 y 2023)	42

Índice de Anexos

Anexo A Listado de pesticidas aplicados durante 2022 en las áreas productivas: Zona 3 (intensiva/extensiva) y Pivote Central	57
Anexo B Instrumento para entrevistas con ingenieros/colaboradores de Zona 3	62
Anexo C Parámetros fisicoquímicos de las muestras puntuales colectadas en la laguna del Pivote Central.....	63
Anexo D Parámetros fisicoquímicos de las muestras puntuales colectadas en la laguna de Zona 3 ...	64
Anexo E Cronología de muestreos puntuales y acumulativos en Zona 3	65
Anexo F Detección en laboratorio de pesticidas en la zonas muestreadas de forma acumulativa (pasiva).....	66
Anexo G Pesticidas utilizados en la producción de lechuga en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)	67
Anexo H Pesticidas utilizados en la producción de maíz dulce en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)	68
Anexo I Pesticidas utilizados en la producción de zanahoria en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)	69
Anexo J Pesticidas utilizados en la producción de cebolla en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)	70
Anexo K Pesticidas utilizados en la producción de camote en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)	71
Anexo L Pesticidas utilizados en labores de mantenimiento en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)	72
Anexo M Pesticidas utilizados en la producción de chile en olericultura intensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)	73

Anexo N Pesticidas utilizados en la producción de tomate en olericultura intensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023).....	75
Anexo O Pesticidas utilizados en labores de mantenimiento en olericultura intensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023).....	77
Anexo P Pesticidas de origen biológico utilizados en Zona 3	78
Anexo Q Inventario total de ingredientes activos y familias químicas utilizadas en Zona 3	79
Anexo R Clasificación por familia química de pesticidas utilizados en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023).....	81
Anexo S Clasificación por familia química de pesticidas utilizados en olericultura intensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023).....	83
Anexo T Concentraciones de residualidad de pesticidas reportadas por Kammerbauer y Moncada (1998).....	85
Anexo U Propiedades fisicoquímicas de los compuestos detectados en el laboratorio	86

Resumen

Los pesticidas son un insumo clave en la dinámica agrícola mundial; sin embargo, un manejo incorrecto puede generar problemáticas como la residualidad en alimentos, contaminación de los ecosistemas y pérdida en la fertilidad de los suelos. En el siguiente estudio se realizó una caracterización de la aplicación de pesticidas en las áreas productivas de agricultura intensiva y extensiva de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se aplicaron entrevistas semiestructuradas con la finalidad de establecer un panorama general de las dinámicas que pueden experimentar los pesticidas al interactuar con el ambiente. Además, utilizando dos tipos de muestreo, se monitoreó la presencia de pesticidas en una laguna de riego ubicada en la parte central del área de agricultura intensiva y extensiva de Zamorano. De forma adicional, se tomaron muestras de agua en otra laguna de riego de Zamorano alimentada por la microcuenca Santa Inés. El monitoreo se realizó a nivel exploratorio, reportando la presencia o ausencia de pesticidas. Finalmente, se realizó una comparación de los dos métodos de muestreo aplicados en una de las lagunas de riego, para determinar si existieron diferencias en la detección de analitos. Estos resultados, en conjunto con la caracterización del uso de pesticidas, permitirá establecer una línea base para próximas investigaciones que permitan comprender la dinámica de ciertos contaminantes en las áreas productivas.

Palabras clave: Calidad del agua, DDT, persistencia de contaminantes, plaguicidas organoclorados

Abstract

Pesticides are a key input in the dynamics of global agriculture; however, incorrect management can generate problems such as residual pesticides in food, contamination of ecosystems and loss of soil fertility. The following study characterized the application of pesticides in the intensive and extensive agricultural production areas of Zamorano University. Semi-structured interviews were applied to establish an overview of the dynamics that pesticides may experience when interacting with the environment. In addition, two types of sampling were used to monitor the presence of pesticides in an irrigation pond located at the central section of the extensive and intensive farming area of Zamorano. Additionally, grab samples were taken in another Zamorano's irrigation pond fed by the Santa Ines micro-watershed. Monitoring was conducted at an exploratory level, reporting the presence or absence of pesticides. Finally, a comparison of the two sampling methods applied in one of the irrigation ponds was carried out to determine if there were differences in the analyte's detection. These results, together with the characterization of the use of pesticides, will allow establishing a baseline for future research to understand the dynamics of certain pollutants in productive areas.

Keywords: DDT, organochlorine pesticides, pollutant persistence, water quality

Introducción

Los pesticidas son un insumo agrícola clave en la agricultura ya que protegen los cultivos de malezas, insectos, bacterias, hongos y roedores no deseados (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022). El control de estos organismos es fundamental en la dinámica agrícola, ya que causan entre el 20 y el 40% de pérdidas en la producción mundial de cultivos (FAO, 2019). Si los agricultores no utilizaran productos químicos para contrarrestar el efecto de las plagas, enfermedades y malas hierbas; se perdería un tercio de la producción alimenticia del mundo (Sánchez y Sánchez, 1984). A pesar todos los beneficios, el uso de plaguicidas químicos puede generar problemáticas severas como la residualidad de compuestos tóxicos en alimentos, resistencia genética de organismos perjudiciales, aparición de nuevas plagas y enfermedades, disminución de la diversidad genética, contaminación de los ecosistemas y pérdida en la fertilidad de los suelos, entre otros (Ramírez, 2020).

Tras la aplicación de pesticidas, estos se desplazan entre los compartimientos ambientales (aire, agua, suelo y biota) hasta llegar a uno con el cual tengan mayor afinidad, a partir de ahí, las sustancias pueden ser nuevamente trasladadas a otros compartimientos. De igual manera, la mayoría de los plaguicidas, experimentan procesos de transporte, transferencia, transformación o degradación (Torri, 2015). Los pesticidas se transportan de la zona agrícola hacia los cuerpos de agua en varias formas incluyendo: disueltos, absorbidos en carbono orgánico, en partículas suspendidas o coloidales; teniendo en cada fase tienen diferentes modos de transporte y movilidad.

Uno de los procesos más importantes que afectan el destino de los plaguicidas en el medio ambiente es la sorción del suelo. Esta retarda el transporte de plaguicidas disueltos; pero puede aumentar el transporte de formas asociadas con coloides si la lluvia o el riego desencadenan la descarga de materia en suspensión. En particular, la adsorción del carbono orgánico disuelto puede aumentar de manera efectiva la movilidad de algunos plaguicidas y conducir a un transporte

significativo de estos compuestos a través del perfil del suelo o hacia aguas superficiales debido a la erosión y el transporte de partículas del suelo (Tang et al., 2012).

Para trazar la dinámica de los plaguicidas en el ambiente, es imprescindible conocer sus propiedades fisicoquímicas. Entre las más destacadas se encuentran la persistencia, volatilidad, solubilidad en agua y coeficientes de partición. La persistencia se define como la capacidad que tiene un agente químico, de conservar sus características físicas, químicas y funcionales en el suelo, aire o agua durante un periodo de tiempo limitado tras su aplicación en el entorno (Ramos, 2020). Para medir persistencia, se utiliza el tiempo de vida media ($t_{1/2}$), que representa el tiempo que tarda el compuesto en decaer a la mitad de su concentración inicial. Esta propiedad se asocia con procesos como fotólisis, hidrólisis, degradación microbiana y oxidorreducción. Es así como los plaguicidas con mayor $t_{1/2}$ son altamente persistentes en el ambiente y tienen mayor potencial de lixiviación o de erosión hídrica (Aparicio et al., 2015).

Un grupo de pesticidas que genera gran interés dentro la comunidad científica, es el perteneciente a los contaminantes orgánicos persistentes (COP). Estos compuestos son altamente tóxicos, poseen capacidad acumulativa y lenta tasa de degradación y sus residuos están presentes en el suelo, agua y sedimentos aún después de varios años de su aplicación. Además, estos se biomagnifican y se acumulan en los organismos vivos, incluidos los tejidos animales, la sangre humana, el tejido adiposo y la leche materna (Parween et al., 2014), es por ello que diversas iniciativas internacionales, como el Convenio de Estocolmo han intentado reducir y eliminar la liberación de dichos contaminantes al medio ambiente (Bellabarba, 2011).

El agua es una de las matrices donde más se estudia la dinámica de los pesticidas, esto se debe principalmente a que algunas moléculas se infiltran hacia abajo en las capas del suelo o son arrastradas por escorrentía superficial, especialmente durante eventos de precipitación. En consecuencia, altera la calidad del agua incrementando el riesgo para su consumo, ya que la

exposición prolongada bajas concentraciones de pesticidas puede resultar en efectos adversos para la salud (Syafrudin et al., 2021).

El método de monitoreo de pesticidas más utilizado para cuerpos hídricos, consiste en la recolección de muestras puntuales de agua, que seguidamente se someten a métodos de extracción y separación de alta sensibilidad como cromatografía de gases (CG) o cromatografía líquida (HPLC); sin embargo, en muchas ocasiones la concentración de los analitos en el ambiente es tan baja, que el resultado final de los análisis es de no detectable bajo los límites del método (Narváez y Jiménez, 2012).

Por ejemplo, Camper et al. (1994), monitorearon la presencia de pesticidas en estagues de contención de agua de escorrentía. El muestreo utilizado fue puntual y el análisis se realizó mediante un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC). Los resultados mostraron que las correlaciones entre la aplicación de los herbicidas y los niveles detectados sólo fueron evidentes en algunos momentos del muestreo. Los autores atribuyen estos resultados a las propiedades químicas de los pesticidas, la susceptibilidad a la degradación, el momento de la aplicación en relación con las precipitaciones o el riego y la adsorción a partículas o sedimentos. Este tipo de inconvenientes es muy común en los muestreos puntuales. Una solución es aumentar la frecuencia de muestreo; sin embargo, esto incrementa los costos significativamente y en muchos casos no proporciona suficiente información para detectar la fracción disuelta de los contaminantes.

Ante esta problemática, la aplicación de tecnologías de muestreo pasivo para la vigilancia de las sustancias químicas orgánicas heredadas y emergentes en el medio ambiente, está adquiriendo una gran aceptación en todo el mundo. El uso principal de los métodos de muestreo pasivo para estudios medioambientales es en el ámbito del control de las aguas superficiales; sin embargo, estas técnicas se han aplicado a estudios de control del aire y las aguas subterráneas. Dos de los muestreadores pasivos de contaminantes orgánicos más utilizados son el dispositivo de membrana semipermeable (SPMD) y el muestreador integrador químico orgánico polar (POCIS) (Alvarez, 2010).

Esta técnica aprovecha el diferencial de potenciales químicos de un analito, en dos medios distintos. Esto genera un flujo libre de moléculas de analito, desde el medio muestreado hasta una fase receptora, donde las moléculas quedan retenidas. Este flujo neto de moléculas continúa hasta que se establece el equilibrio en el sistema, o hasta que se detiene el período de muestreo (Vrana et al., 2005).

Para el caso de Zamorano y la microcuenca Santa Inés, se cuenta con estudios previos que denotan la presencia de residualidad de pesticidas. En la investigación de Guardado (2019) se colectaron muestras puntuales y se utilizó la técnica de Espectrometría de Masas por Cromatografía de Gases (GC/MS) para la identificación de plaguicidas. Los resultados, evidenciaron la presencia de 17 pesticidas en la microcuenca Neatapa, 10 en San Matías y 4 en Santa Inés. De los compuestos detectados, sobresalen triazinas, ureas herbicidas, carbamatos y organofosforados, ya que representan un riesgo para la salud humana, debido a su alta toxicidad, solubilidad y persistencia. Adicionalmente, una investigación de residualidad de pesticidas a lo largo de la cuenca del río Choluteca, encontró concentraciones de algunos organoclorados en muestras de suelo, agua y leche en la zona del Valle de Yeguaré. Entre los contaminantes se encuentran diclorodifeniltricloroetano (DDT), Dieldrín, Hexaclorobenceno, Lindano, Paratión-metilo y Quinometionato (Kammerbauer y Moncada, 1998).

El Centro de Estudios y Control de Contaminantes (CESCCO) fue creado el 11 de septiembre de 1986, como un proyecto de la Secretaría de Salud Pública apoyado mediante Convenio tripartito por la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS), con la finalidad de crear un organismo técnico-científico, orientado a la investigación de la problemática ambiental. En el año 2002 Honduras suscribió el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) y fue ratificado en 2005; es por ello que la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) por medio de CESCCO, ha promovido esfuerzos para el cumplimiento de las medidas establecidas como la restricción, monitoreo e investigación de estos

compuestos (Novoa, 2021). Actualmente CESCOO, cuenta con metodologías para el desarrollo de muestreos acumulativos en cuerpos hídricos, sin embargo, hasta la fecha no se ha realizado su aplicación y validación en Honduras

Además, las áreas productivas de Zamorano carecen de seguimiento para el uso de pesticidas, lo que representa una oportunidad para documentar esta actividad. El objetivo principal de este estudio fue identificar la presencia de plaguicidas en las lagunas de riego, ubicadas en Zona 3 y Pivote Central, ambas situadas en terrenos de uso permanente en agricultura. Para ello se desarrollaron los siguientes objetivos específicos: identificar posibles rutas de escorrentía superficial de pesticidas hacia la laguna de Zona 3 utilizando herramientas de información geográfica, identificar la presencia de pesticidas organoclorados y organofosforados en lagunas de riego utilizando dos métodos de muestreo; y analizar la influencia de la aplicación de pesticidas y procesos de residualidad en áreas agrícolas cercanas sobre la calidad del agua en la laguna utilizada para riego de Zona 3.

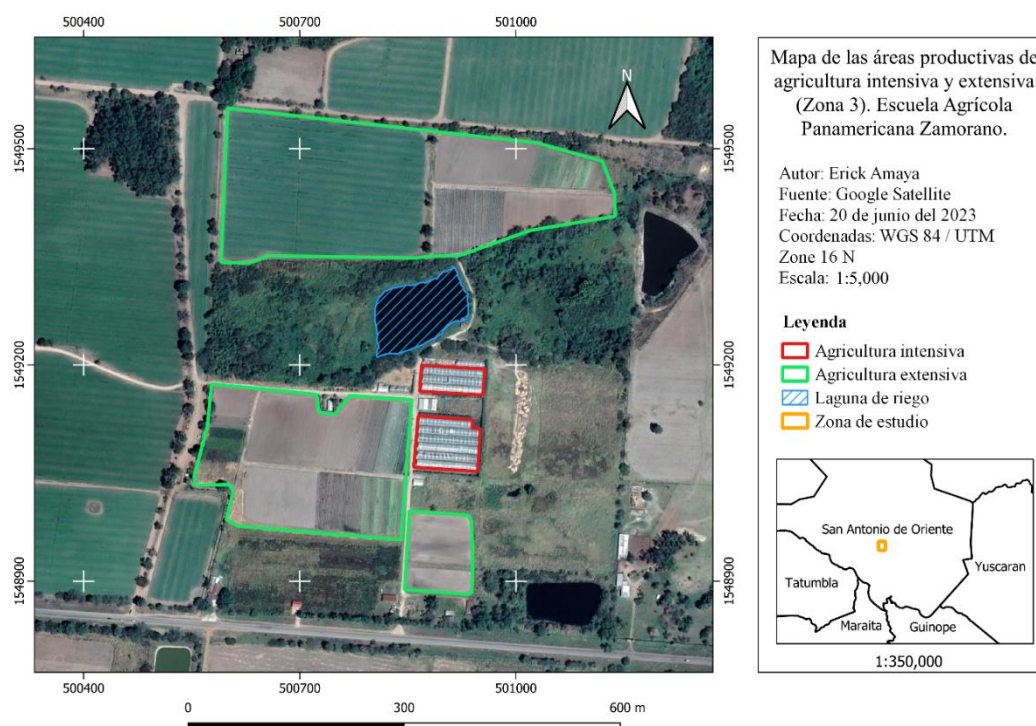
Materiales y Métodos

Sitio de Estudio

Se definió como área de estudio, la zona productiva de agricultura extensiva e intensiva de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) Zamorano (Figura 1). Esta zona fue seleccionada, ya que cuenta con lagunas de riego que podrían tener interacciones con los pesticidas utilizados para mantener la dinámica productiva.

Figura 1

Área de agricultura extensiva e intensiva de la EAP Zamorano



Diseño de la Investigación

Para el desarrollo del estudio se estableció un diseño a nivel exploratorio (Figura 2). Durante la primera etapa se utilizó un modelo geoespacial para determinar las zonas de acumulación y dirección de flujo hídrico en el área productiva Zona 3. Durante la segunda etapa se recolectaron muestras puntuales de agua en la laguna de riego ubicada en Zona 3, para su posterior análisis en el laboratorio de CESCO. Simultáneamente, se instalaron los muestreadores pasivos en el punto de

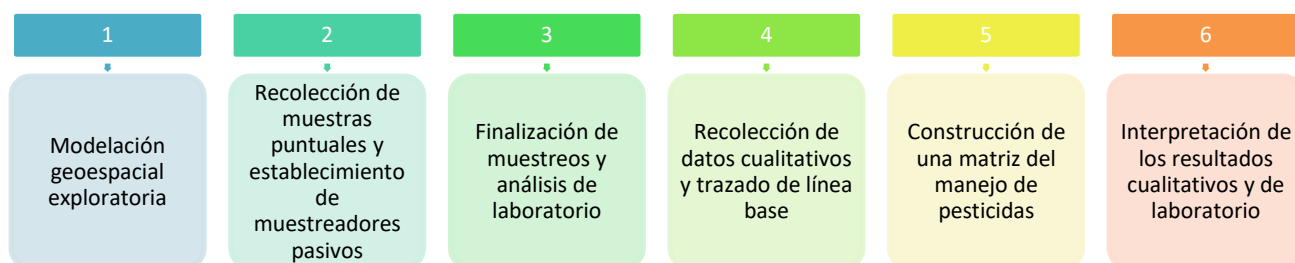
estudio seleccionado. Transcurrido el tiempo de muestreo pasivo, se recolectaron nuevamente muestras puntuales de las lagunas de riego y se retiró el muestreador pasivo.

En la tercera fase, se realizaron análisis de laboratorio para determinar la presencia de residualidad de pesticidas en el punto de muestreo. En la cuarta fase, se recolectaron datos generales de las aplicaciones de pesticidas en la zona de estudio. Para ello fue necesario realizar entrevistas abiertas a los encargados del manejo agrícola de las áreas de influencia. A partir de los datos preliminares obtenidos se elaboró un listado de pesticidas aplicados durante el 2022 en el área productiva Zona 3 (Anexo A).

Para la caracterización del uso de pesticidas en el sitio seleccionado, se elaboró una matriz de la aplicación de estos productos químicos durante los meses en que se realizaron los muestreos (enero a junio de 2023), el tipo de cultivo y el grupo químico al que pertenecen. Finalmente, esta información se comparó con compuestos detectados a partir de los muestreos realizados en las lagunas de riego, para comparar la presencia de productos aplicados en campo en las muestras de agua recolectadas de la laguna de Zona 3. Adicionalmente se realizó una revisión de literatura de los parámetros fisicoquímicos de los compuestos de los cuales se detectaron residualidad, para evaluar los patrones predominantes de movilidad y transporte.

Figura 2

Fases de investigación



Las fases uno a la seis, se aplicaron en las zonas dedicadas a producción agrícola intensiva y extensiva (Zona 3). Para la laguna de el Pivote Central, solamente de desarrollaron las fases dos y tres

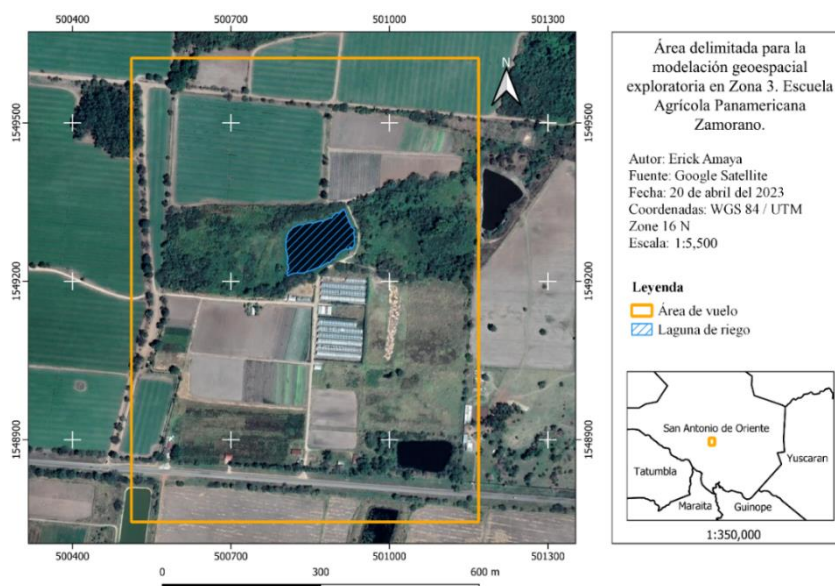
con la finalidad de presentar una línea base sobre la presencia de residualidad de pesticidas en dos diferentes lagunas de riego.

Modelación Geoespacial Exploratoria

Los plaguicidas utilizados en la agricultura llegan a los cursos de aguas subterráneas y superficiales (ríos y lagos) fundamentalmente por lixiviación y arrastre por escorrentía, fenómeno que está influenciado por el volumen de agua que cae al suelo y la topografía de la zona donde se desarrollan los cultivos (Benítez-Díaz y Miranda-Contreras, 2013). Partiendo de esta premisa, se utilizó un modelo geoespacial exploratorio del área productiva Zona 3, para determinar las zonas de acumulación y dirección de flujo hídrico, y así establecer si estas pueden ser rutas favorables para el transporte de pesticidas. El primer paso consistió en la delimitación de la posible área de influencia de las actividades agrícolas de Zona 3, para ello se utilizó el programa “Quantum Geographic Information System” (QGIS®) versión 3.16 y una imagen satelital de “Google”, con lo cual se obtuvo un polígono de un área aproximada de 57.7 ha (Figura 3).

Figura 3

Delimitación de la posible área de influencia de las actividades agrícolas de Zona 3



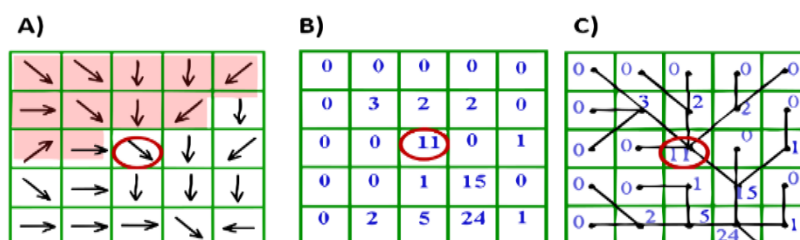
Posteriormente, las coordenadas fueron enviadas al Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano y este se encargó de ingresar estos datos en un vehículo aéreo no tripulado (VANT), con una cámara integrada que permitió capturar múltiples imágenes aéreas y datos de elevación. Este laboratorio proporcionó un modelo de elevación digital (DEM) con un tamaño de píxel de 10 cm.

El modelo digital de elevación es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno (Felicísimo, 1994). Este archivo permitió calcular la pendiente media de la zona, para ello fue necesario utilizar las herramientas: pendiente y estadísticas de zona de "QGIS 3.16®". A partir del DEM, se generaron diversas imágenes de la zona de estudio utilizando el programa "Surfer®" versión 25.3.290. Las herramientas utilizadas fueron: 1- "Grid Vector", 3D "Surface" y "watershed". La herramienta 1- "Grid Vector" genera líneas de dirección de flujo, 3D "Surface" permite generar vistas en tres dimensiones y "watershed" permite determinar las zonas de acumulación de flujo.

El resultado del modelo de acumulación de flujo fue un ráster de flujo acumulado para cada celda, con un tamaño de píxel de 22 cm, determinado por la aglomeración del peso de todas las celdas que fluyen hacia cada celda de pendiente descendente. Las celdas de salida con una mayor acumulación de flujo representan áreas de flujo concentrado que se pueden utilizar para identificar canales de curso de agua (Figura 4) (Environmental Systems Research Institute [ESRI], 2021). Finalmente, se marcaron los cursos de agua que se dirigen a la laguna de riego de Zona 3, que pueden ser una ruta de transporte de contaminantes.

Figura 4

Estructura de un modelo de acumulación de flujo (Stojkovic et al., 2012)



Recolección de Muestras Puntuales

Entre los meses de abril y junio se realizaron tres muestreos puntuales en cada una de las zonas estudiadas (laguna de Zona 3 y Pivote Central). Para la toma de muestras se utilizaron dos tipos de recipientes de 1 L: frascos de vidrio ámbar acondicionados y frascos de plástico. Para el muestreo se utilizaron guantes de látex, se retiró la tapa del recipiente con la precaución de no tocar los bordes y se recolectó agua a una profundidad de 20 cm, realizando triple lavado de los frascos previo a su completo llenado. Las muestras recolectadas en los recipientes de plástico se destinaron para la toma de parámetros fisicoquímicos. Las muestras en frasco ámbar fueron destinadas para el análisis de pesticidas, es por ello que el exterior de los recipientes se recubrió con aluminio para asegurar su preservación, previniendo su alteración y degradación debido a fotólisis u otras interacciones con el ambiente (Mejías y Jerez, 2006). Posteriormente, todas las muestras se almacenaron en una nevera. Los ensayos fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Energía, Ambiente y Desarrollo (LEAD) de Zamorano y el análisis de pesticidas se desarrolló en el laboratorio de contaminantes químicos de CESCO en Tegucigalpa. Este procedimiento se llevó a cabo en todos los muestreos puntuales realizados en el presente estudio.

Instalación y Recolección de Muestreadores Pasivos

Este enfoque de muestreo brinda una concentración promedio ponderada en el tiempo (TWA) del analito durante el período de despliegue en el campo del muestreador y, por lo tanto, se forma una imagen más realista de los niveles de concentración ambiental (Vallejo et al., 2013). Además, facilitan la preservación y estabilidad de las muestras, otra ventaja que presenta este equipo es que permite muestrear compuestos polares y no polares.

Para monitorear compuestos hidrofílicos (polares), se utiliza un muestreador integrador de química orgánica polar (POCIS). Este consta de un material de fase receptora sólida (sorbente) intercalado entre dos membranas limitadoras de difusión de polietersulfona microporosas. El tipo de sorbente utilizado se puede cambiar para apuntar específicamente a ciertos compuestos o clases

químicas. Para el muestreo de pesticidas, se utiliza la configuración genérica, que contiene una mezcla de tres adsorbentes en fase sólida (“Isolute” ENV+ poliestireno divinil benceno y “Ambersorb” 1500 carbón disperso en S X3 “Biobeads”). Los POCIS se utilizan ampliamente para monitorear compuestos con coeficientes de partición octanol-agua (“Kow”) menores a cuatro. Para atraer compuestos lipofílicos (apolares) cuenta con dispositivos de membrana semipermeable (SPMD), constituidos por tubos planos de polietileno de baja densidad (LDPE) rellenos con un lípido de alto peso molecular (generalmente trioleína sintética de alta pureza). Debido a que este material carece de poros, únicamente los contaminantes verdaderamente disueltos y no ionizados se difunden a través de la membrana de LDPE. Los SPMD, han demostrado gran efectividad en el muestreo de sustancias con coeficientes de partición octanol-agua (“Kow”) entre cuatro y ocho, como plaguicidas organoclorados y organofosforados (Narváez et al., 2013; Vrana et al., 2005).

Durante el estudio, se realizaron tres muestreos pasivos: dos en zona tres y uno en Pivote Central. En el armado del dispositivo, se tuvo la precaución de utilizar guantes de nitrilo para evitar la contaminación de la membrana. Para colocar los muestreadores fue necesario construir boyas, con los materiales disponibles en el módulo de Innovación Tecnológica en la Producción (D-LAB) de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Los muestreadores se instalaron en sistemas lagunares utilizados para riego; debido a naturaleza lentic, estos sitios carecían de flujos que pudiesen arrastrar los muestreadores. El uso de filtros POCIS estuvo limitado por su disponibilidad en inventario, por este motivo se utilizó únicamente en el primer muestreo. La duración media de un despliegue de muestreo pasivo es de 30 días; sin embargo, se han realizado muestreos de una semana a un año. Los despliegues cortos dan lugar a volúmenes de agua muestreada más pequeños, limitando así algunas de las ventajas de utilizar un muestreador pasivo. Por otro lado, los despliegues largos pueden dar lugar a cambios en la cinética de muestreo para ciertos contaminantes, además una acumulación sustancial de biopelícula podría inhibir la capacidad del muestreador para capturar sustancias químicas; por esta razón el despliegue en campo debe limitarse de 2 a 3 meses (Alvarez, 2010).

La metodología para muestreos pasivos recomienda una profundidad mínima de 12 in (≈ 30 cm); para garantizar el contacto continuo entre la membrana y el agua se utilizaron profundidades mayores en los diferentes muestreos realizados (Cuadro 1). Esta última consideración es crucial, ya que muchas sustancias químicas muestreadas por los SPMD son susceptibles a la fotodegradación, debido a que la membrana de polietileno del SPMD es transparente a la radiación UV. Por otra parte, la membrana de polietersulfona del POCIS es opaca, por lo que no es probable que la fotodegradación sea un problema (Alvarez, 2010).

Cuadro 1

Fechas y profundidades de muestreos pasivos

Sitio de muestreo	Profundidad (m)	Filtro utilizado	Fecha de establecimiento	Fecha de retiro	Días de muestreo
Pivote Central	1.5	POCIS + SPMD	13/3/2023	N/A	N/A
Zona 3	1.3	POCIS + SPMD	13/3/2023	19/4/2023	37
Zona 3	1.3	SPMD	19/4/2023	1/6/2023	43

Nota. N/A = no aplica. En el Pivote Central no se incluye la fecha de retiro, ni los días de muestreo debido a una intervención externa durante el muestreo.

Transcurrido el tiempo de muestreo se retiraron los muestreadores y se extrajeron los filtros. Para ello se utilizaron guantes de nitrilo y se retiraron los sedimentos de ambos filtros, utilizando una piseta con agua destilada. Los POCIS fueron recubiertos de aluminio y luego se colocaron en bolsas plásticas rotuladas; la membrana SPMD se almacenó en un recipiente de vidrio, se cubrió la superficie con aluminio y se colocó la tapa; posteriormente todas las muestras se almacenaron en una hielera. Debido al potencial de los filtros para concentrar cantidades significativas de contaminantes atmosféricos y a la sensibilidad de algunos contaminantes a la exposición del viento y luz solar; este procedimiento se realizó en un intervalo de 10 minutos para minimizar la contaminación potencial y pérdida de analitos (Alvarez, 2010). Finalmente, las muestras fueron transportadas al laboratorio de contaminantes químicos de CESCO en Tegucigalpa.

Caracterización de Parámetros Físicoquímicos

La caracterización de los parámetros físicoquímicos (Cuadro 2) se realizó en el Laboratorio de Energía, Ambiente y Desarrollo (LEAD) durante los mismos días que se realizaron los muestreos puntuales; para ello se utilizó el “Sensor InLab® Expert Pro-ISM de Mettler” Toledo.

Cuadro 2

Parámetros físicoquímicos medidos en las muestras puntuales

Parámetro	Referencia
Temperatura de la muestra (°C)	(Association American Public Health [APHA], 2017)
pH	(APHA, 2017)
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	(APHA, 2017)
Sólidos disueltos totales (mg/L)	(APHA, 2017)
Salinidad (ppm)	(APHA, 2017)
Turbidez (UNT)	(APHA, 2017)

Extracción en Fase Sólida para Muestreos Puntuales

Para la recolección de los analitos de interés, se utilizó el método 3535^a, extracción en fase sólida (SPE) (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2007a). Este método se utilizó para aislar analitos orgánicos presentes en las muestras acuosas. Si bien la EPA (2007a) recomienda el uso de discos para los analitos de interés del presente estudio (plaguicidas organoclorados y organofosforados); el medio de extracción utilizado fue el de cartuchos de sílice con alcanos (C18) con una capacidad de 6 mL. Esta técnica pudo utilizarse, puesto que diversas pruebas realizadas en CESCO han mostrado un rendimiento adecuado en la recuperación del analito. El análisis de pesticidas se realizó por duplicados, utilizando dos cartuchos por cada grupo (organoclorados y organofosforados) en cada muestreo. Puesto que se realizaron tres muestreos puntuales en cada sitio (zona y Pivote Central), en total se utilizaron 24 cartuchos. Durante la etapa de preparación se filtraron las muestras para retirar los sólidos en suspensión, puesto que el estudio tuvo como finalidad cuantificar únicamente los constituyentes solubles, además los niveles de sólidos en suspensión mayores al 1% puede afectar la eficacia de los medios de extracción. Posteriormente, se añadieron los dos estándares internos del laboratorio y un estándar surrogado. Luego, se midió el pH de la muestra

con una tira de papel indicador. Puesto que para la extracción de algunos analitos se requiere que la alícuota se encuentre en un intervalo de pH determinado (Cuadro 3), se ajustó el pH en el recipiente original de las muestras que lo requirieron. Además, dependiendo del pH de las muestras, se utilizó hidróxido de sodio para elevar el pH y ácido sulfúrico para reducirlo (Cuadro 4).

Cuadro 3

Ajuste de pH de la muestra previo a su extracción

Grupo de analito	Ajuste de pH
Plaguicidas organoclorados	5 – 9
Plaguicidas organofosforados	N/A

Cuadro 4

Soluciones para el ajuste del pH de las muestras

Solución	Concentración	Preparación
H ₂ SO ₄	1:1 v/v	Agregar 50 mL de H ₂ SO ₄ concentrado en 50 mL de agua de dilución libre de materia orgánica
NaOH	10N	Disolver 40 g de NaOH en 100 mL de agua de dilución libre de materia orgánica

Para el uso de extracción con cartuchos se utilizó el colector de extracción en fase sólida Visiprep (Supelco). Previo a cada extracción, el aparato y los cartuchos de extracción fueron sometidos a dos etapas de lavado. Dependiendo del grupo al que perteneció el analito de interés, se utilizaron diferentes disolventes para el lavado (Cuadro 5).

Cuadro 5

Disolventes utilizados en la primera fase de lavado

Grupo de analito	Disolvente	Volumen de lavado (mL)
Plaguicidas organoclorados	Cloruro de metileno (diclorometano)	20
Plaguicidas organofosforados	Acetona	5

Se utilizó un gotero para enjuagar las paredes del depósito de vidrio con el disolvente, se encendió la bomba (libre de aceite) y se aspiró una pequeña cantidad de disolvente a través del

cartucho. Luego, se apagó el vacío y se dejó empapar el cartucho durante un minuto y posteriormente se retiró el excedente del disolvente. Posteriormente, se realizó una segunda fase de lavado, se repitió el protocolo anterior, pero los disolventes utilizados variaron (Cuadro 6).

Cuadro 6

Disolventes utilizados en la segunda fase de lavado

Grupo de analito	Disolvente	Volumen de lavado (mL)
Plaguicidas organoclorados	Cloruro de metileno (diclorometano)	10
Plaguicidas organofosforados	Metanol	5

Al finalizar las fases de lavado, se procedió al acondicionamiento de los cartuchos dentro de una campana de extracción. Esto realizó para activar los poros del cartucho y que estos permitan el paso de la muestra. Dependiendo del analito que se deseaba detectar, se utilizaron volúmenes diferentes de disolvente (Cuadro 7) y tras dejar remojar por 1 minuto, se aplicaron 20 mL de agua reactiva para grupo de analito. Tras comenzar la fase de acondicionamiento, se dejó un margen de solvente como medida de precaución para evitar que los cartuchos se secan.

Cuadro 7

Disolventes utilizados para el acondicionamiento de cartuchos

Grupo de analito	Disolvente	Volumen de lavado (mL)
Plaguicidas organoclorados	Metanol	20
Plaguicidas organofosforados	Metanol	5

Finalmente, se vertió la muestra dentro del depósito, se activó el vacío y se filtró la muestra. El tiempo estimado de filtración fue de 30 minutos por cada litro de muestra. Tras realizar la extracción, esta se refrigeró en una zona con ausencia de luz.

Procedimientos de Laboratorio para Muestras Acumulativas

Extracción de Analitos para Muestreos Pasivos

Los métodos de recuperación de sustancias químicas de los muestreadores pasivos se ejecutaron conforme al protocolo desarrollado por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)

(Alvarez, 2010). Para la recuperación de analitos de la membrana SPMD, primero se realizó una limpieza para eliminar cualquier partícula superficial y biopelícula. Se frotó la superficie del SPMD utilizando un cepillo suave, luego se sumergió en ácido diluido para eliminar las sales, se enjuagó con agua desionizada y, a continuación, la superficie se enjuagó con acetona y hexano. El SPMD limpio se colocó en un recipiente de vidrio libre de contaminantes, con tapa hermética que contenía un volumen suficiente de hexano para cubrir el SPMD. Posteriormente, los recipientes de diálisis se colocaron en una incubadora a 18 °C durante 24 horas. Después de este período de diálisis, el hexano se transfirió a un recipiente separado, se añadió una segunda porción de hexano al recipiente que contenía el SPMD y se realizó un segundo periodo de diálisis durante 24 horas. Al finalizar este periodo de tiempo, se combinó el hexano de ambos períodos de diálisis y se desechó el SPMD.

El método de extracción de analitos de los filtros POCIS se realizó mediante una columna cromatográfica de vidrio con embudo para depositar el disolvente. Como paso previo, cada disco POCIS se remojó por 15 minutos en agua desionizada. La columna cromatográfica se empaquetó con lana de vidrio y 3 g de sulfato de sodio. Posteriormente, se abrió un filtro POCIS sobre el embudo ubicado en la parte superior de la columna y se enjuagó con 50 mL de metanol como disolvente. Luego se realizó un proceso de diálisis similar a la utilizada con los filtros SPMD, utilizando metanol como disolvente. Tras la extracción del sorbente sólido del interior del POCIS, se desecharon las membranas. Finalmente, los extractos SPMD y POCIS se almacenaron en un lugar refrigerado, sin incidencia de luz.

Análisis de Laboratorio para Determinar la Presencia de Analitos en las Muestras Puntuales y Acumulativas

Para determinar la presencia de pesticidas en las extracciones de las muestras recolectadas, se utilizó la técnica cromatográfica de gases (GC), que se adecua para compuestos orgánicos que puede volatilizarse sin descomponerse o reorganizarse químicamente como los organoclorados y organofosforados (EPA, 2018). Las soluciones estándar de referencia se prepararon a partir de los

materiales estándar disponibles en CESCO que contenían cada analito de interés. En total la solución estándar se preparó para la detección de 37 analitos (Cuadro 8).

Cuadro 8

Analitos de interés presentes en las soluciones estándares

Familia química del pesticida	Analito de interés
Organoclorados	4,4-DDD
Organoclorados	4,4-DDE
Organoclorados	4,4-DDT
Organoclorados	Aldrin
Organoclorados	Dieldrin
Organoclorados	Endosulfan I (α)
Organoclorados	Endosulfan II (β)
Organoclorados	Endosulfan III (sulfato)
Organoclorados	Endrin
Organoclorados	Endrin aldehído
Organoclorados	Endrin cetona
Organoclorados	Endrin kepone
Organoclorados	Heptacloro
Organoclorados	Heptacloro epóxido
Organoclorados	Hexaclorobenceno
Organoclorados	Metoxicloro
Organoclorados	α -BHC
Organoclorados	α -Clordano
Organoclorados	β -BHC
Organoclorados	γ -BHC
Organoclorados	γ -Clordano
Organoclorados	δ -BHC
Organofosforados	Azinphos-methyl
Organofosforados	Chlorpyrifos
Organofosforados	Dichlorvos
Organofosforados	Dimthoate
Organofosforados	Disulfoton
Organofosforados	Ethiprofos
Organofosforados	Famphur
Organofosforados	Fenclorphos
Organofosforados	Parathion
Organofosforados	Parathion methyl
Organofosforados	Phorate
Organofosforados	Prothiofos
Organofosforados	Sulfotep
Organofosforados	Thonazin
Organofosforados	Triethyl thiophosphate

Antes del procesamiento de las muestras, se verificó que el equipo en contacto con la muestra y los reactivos, estuviesen libre de interferencias; para ello se realizó el análisis de un método en blanco. Para el análisis de las muestras se utilizó cromatógrafo de gases marca Varían modelo 450-GC. Las muestras procedentes de la extracción en fase sólida se inyectaron en un cromatógrafo de gases marca Varían modelo 450-GC, equipado con un inyector 29 “plit/splitless”, una columna capilar BP5 30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m y un detector de captura de electrones (GC/ECD). La identificación y cuantificación del analito de interés se realizó siguiendo el método 8081B (EPA, 2007b) para organoclorados y el método 8141B (EPA, 2007c) para organofosforados. La identificación tentativa de un analito ocurrió cuando un pico de un extracto de muestra aparece en la ventana de tiempo de retención diario. Debido a inconvenientes con los estándares de organofosforados, su identificación se limitó a presencia o ausencia; los estándares de organoclorados no presentaron ningún inconveniente por lo cual fue posible realizar su cuantificación de concentración.

Construcción de una Matriz del Uso de Pesticidas

Debido a la naturaleza de la investigación, para la recolección de información de la dinámica productiva en el área de estudio, se procedió a realizar una entrevista semiestructurada a personas clave (Anexo B). En esta etapa utilizó un método de muestreo no probabilístico, con una muestra seleccionada de forma intencional. El perfil de los participantes consistió en operarios e instructores de las unidades de agricultura intensiva y extensiva de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Esta entrevista permitió identificar los cultivos establecidos a lo largo durante el tiempo de muestreo, los principales pesticidas utilizados y sus cronogramas de aplicación. De igual manera, recolectó información que permitió conocer las posibles rutas de transporte y movilidad que pueden tomar los pesticidas tras su aplicación. Adicionalmente a las entrevistas, se tuvo acceso las bitácoras de aplicaciones, lo cual favoreció a la construcción de un inventario que incluye la siguiente información: unidad en la que se aplica el pesticida, nombre comercial, ingrediente activo, tipo de pesticida, cultivos

a los que se aplica y su dosis aplicada. De igual forma se realizó un inventario general que indica las familias químicas a las que pertenecen los ingredientes activos de los plaguicidas.

Interpretación de los Resultados Cualitativos y de Laboratorio

Los analitos detectados mediante los muestreos puntuales y acumulativos se cotejaron con el inventario de plaguicidas aplicados en el periodo entre enero y junio del 2023, para determinar si las actividades agrícolas de Zona 3 se vinculan con la residualidad de estos compuestos químicos. Además, mediante una revisión bibliográfica en el portal de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), se determinaron sus siguientes propiedades fisicoquímicas: fórmula, solubilidad en agua, coeficiente de partición octanol/agua Log (Kow), coeficiente de partición suelo orgánico/agua Log (Koc) y constante de la ley Henry.

Posteriormente, se realizó una clasificación cualitativa de los pesticidas detectados, los criterios utilizados fueron: solubilidad en agua (Cuadro 9), afinidad del contaminante hacia el agua (

Cuadro 10), tendencia de la sustancia química a ser absorbida a través de las membranas biológicas (

Cuadro 11), tendencia de movilidad del contaminante en suelo (Cuadro 12) y volatilidad (Cuadro 13); con la finalidad de determinar su posible mecanismo de transporte, movilidad y destino final.

Cuadro 9

Clasificación de solubilidad en agua según el valor en mg/L (ppm) (FAO, 2000)

Solubilidad en agua	Solubilidad en agua (mg/L)
No soluble	< 0.10
Ligeramente soluble	[0.1 – 1[
Moderadamente soluble	[1 – 10[
Fácilmente soluble	[10 – 100[
Altamente soluble	≥ 100

Cuadro 10

Clasificación de la afinidad del contaminante hacia el agua según su Log (Kow) (Matos et al., 2019)

Afinidad hacia el agua	Coefficiente de partición octanol/agua Log (Kow)
Hidrofílico	< 0
Moderadamente lipofílico	0 – 1
Lipofílico	> 1

Cuadro 11

Tendencia de la sustancia química a ser absorbida a través de las membranas biológicas según el Log (Kow) del compuesto (EPA (2000) y EPA (2012))

Tendencia en membranas biológicas	Coefficiente de partición octanol/agua Log (Kow)
Absorción a través de la piel	2 – 4
Absorción y resistencia al metabolismo y la degradación	> 4
Bioconcentración en la porción lipídica	5 – 6

Cuadro 12

Tendencias de movilidad del pesticida en el suelo de acuerdo al Log(Koc) (FAO, 2000)

Movilidad	Coefficiente de partición suelo orgánico/agua Log(Koc)
Muy móvil	< 1
Móvil	[1 – 2[
Movilidad moderada	[2 – 3[
Ligeramente móvil	[3 – 4[
Apenas móvil	[4 – 5[
Inmóvil	≥ 5

Cuadro 13

Volatilidad del compuesto según su constante de Henry (EPA, 2012)

Volatilidad	C. Henry a 25 °C (atm x m ³ /mol)
Muy volátil	> 1 x 10 ⁻¹
Volátil	1 x 10 ⁻¹ – 1 x 10 ⁻³
Moderadamente volátil	1 x 10 ⁻³ – 1 x 10 ⁻⁵
Ligeramente volátil	1 x 10 ⁻⁵ – 1 x 10 ⁻⁷
No volátil	< 1x10 ⁻⁷

Resultados y Discusión

Modelo de Acumulación de Flujo Superficial

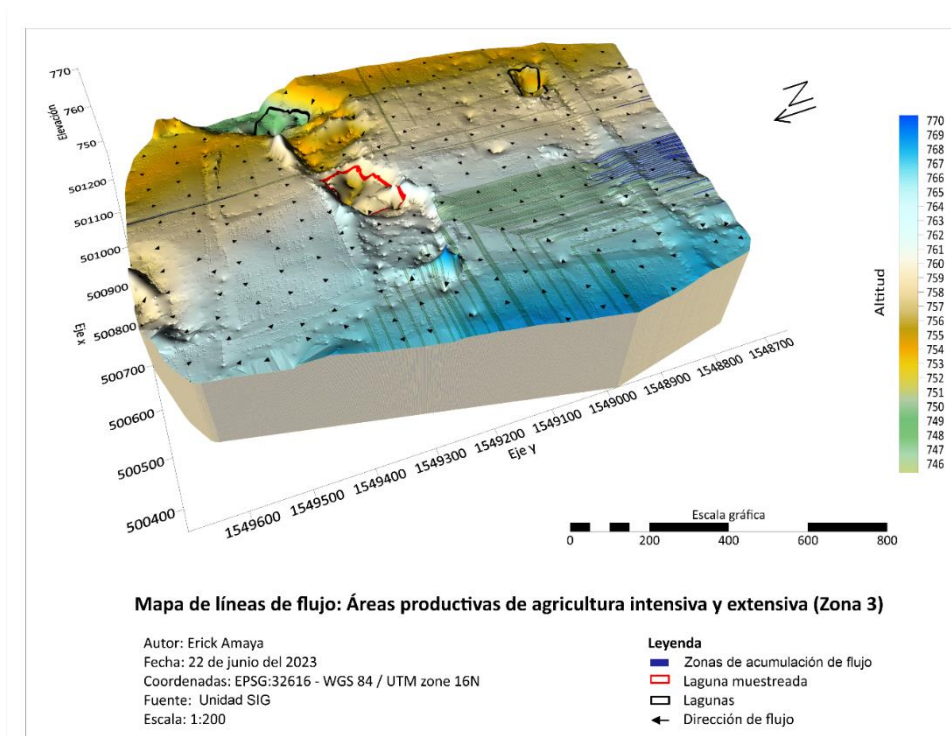
El flujo superficial es un proceso de flujo de agua mediante el cual los plaguicidas se transportan en forma disuelta y suspendida a lo largo de la superficie de la tierra en pendiente. El flujo superficial se puede clasificar en flujo superficial con exceso de infiltración o flujo superficial con exceso de saturación, según los mecanismos por los que ocurre. El tipo de flujo superficial de exceso de infiltración ocurre cuando la tasa de lluvia excede la tasa de infiltración de agua en el suelo. Este tipo de flujo superficial se observa durante tormentas, generalmente en suelos limosos que son propensos a la degradación de la estructura del suelo por compactación mecánica o impacto de gotas de lluvia.

El tipo de flujo superficial de exceso de saturación, por otro lado, ocurre como resultado de la saturación de agua en suelos que tienen horizontes subsuperficiales impermeables y en áreas con un nivel freático poco profundo. Este se inicia al pie de la pendiente al saturarse el suelo que recibe el flujo subterráneo pendiente abajo. Por esta razón, el área de pie de pendiente es más vulnerable a la pérdida de plaguicidas a través del flujo terrestre que el resto de la cuenca (Müller et al., 2006).

Dentro de este contexto, el modelo acumulación y dirección flujo obtenido (Figura 5) muestra que la mayor cantidad de escorrentía superficial generada se dirige hacia las cercanías de la Carretera Panamericana, CA-5, por lo cual se puede interpretar que hay un gran aporte de residualidad de pesticidas hacia esa zona.

Figura 5

Zonas acumulación y dirección de flujo, Zona 3

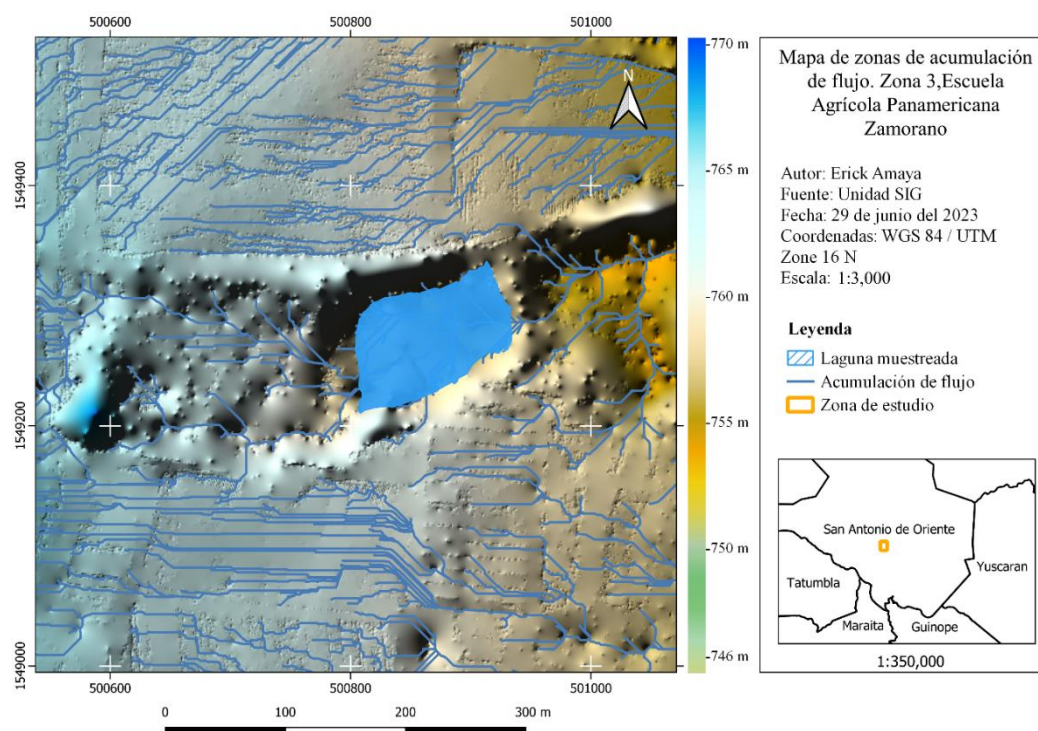


La cantidad e intensidad de las lluvias afectan fuertemente la contribución del flujo superficial y al transporte total de plaguicidas hacia las aguas superficiales, generalmente el primer evento de flujo superficial suele causar la mayor pérdida de plaguicidas, especialmente después de un largo período seco durante el cual se han realizado numerosas aplicaciones de plaguicidas (Tang et al., 2012). La pendiente media de la zona de estudio fue de 2.87%, este parámetro topográfico a menudo juega un papel clave para influir en la escorrentía superficial de pesticidas, en este caso se espera una baja tasa de erodabilidad. En general una pendiente pronunciada (> 5 – 10%) hace que el suelo sea fácilmente erosionable, especialmente en condiciones de suelo desnudo, lo cual resulta en escorrentía de sedimentos con compuestos de alta afinidad por el suelo (Rodríguez-Cruz y Sánchez-Martín, 2022). Algunas investigaciones han determinado que, en sitios bajo condiciones de pendiente empinada y ausencia de cobertura, la escorrentía genera movilidad de pesticidas con una alta solubilidad en agua y bajo K_{ow} (Niu et al., 2020).

Los resultados del modelo de acumulación de flujo facilitaron la identificación de algunas zonas que desembocan en la laguna de riego muestreada (Figura 6). Estos hallazgos son congruentes con la información recolectada en las entrevistas realizadas a los instructores de las unidades productivas en Zona 3. Estos mencionaron que efectivamente la mayoría de los drenajes tienen una dirección hacia la carretera Panamericana; de igual manera se mencionó que durante la estadía del proyecto Monsanto intencionalmente se desviaron algunos canales de drenaje hacia la laguna. Esto implica que podría haber arrastre de escorrentía procedente del área conocida como Zona 1, donde se cultivan sandías en época seca y granos básicos durante la época lluviosa.

Figura 6

Zonas de acumulación de flujo, Zona 3



Estos resultados indican que otras áreas productivas podrían aportar pesticidas a la laguna estudiada, ya que algunos plaguicidas se movilizan junto con partículas de arcilla y coloides orgánicos a través de los macroporos del suelo, lo cual ocasiona altas concentraciones transitorias de plaguicidas en zanjas agrícolas y cauces de agua (Brown et al., 2004).

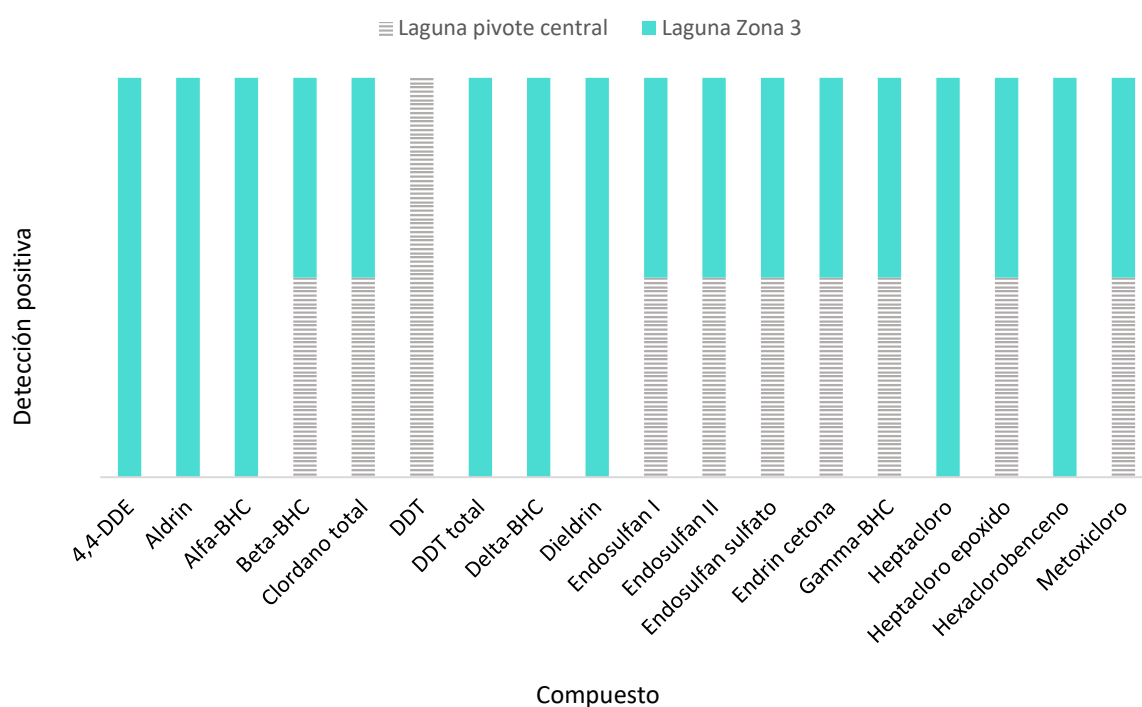
Análisis de Laboratorio para Detección de Pesticidas

A lo largo del estudio no se detectó la presencia de ningún pesticida organofosforado. Esto se puede atribuir a su baja persistencia ya que los procesos de transformación ambiental se efectúan con mayor eficiencia sobre los enlaces fosfoester de estas moléculas. Sin embargo, en numerosas ocasiones la degradación parcial genera subproductos de mayor toxicidad que los compuestos originales (Vittozzi et al., 2001).

Por otra parte, los muestreos puntuales y acumulativos permitieron identificar 18 compuestos organoclorados en los dos sitios muestreados lo largo del estudio, de los cuales 10 fueron encontrados en la laguna del Pivote Central y 17 en Zona 3; ambas lagunas coincidieron con la presencia de nueve compuestos (Figura 7).

Figura 7

Pesticidas detectados en Zona 3 y pivote central a través de muestreos puntuales

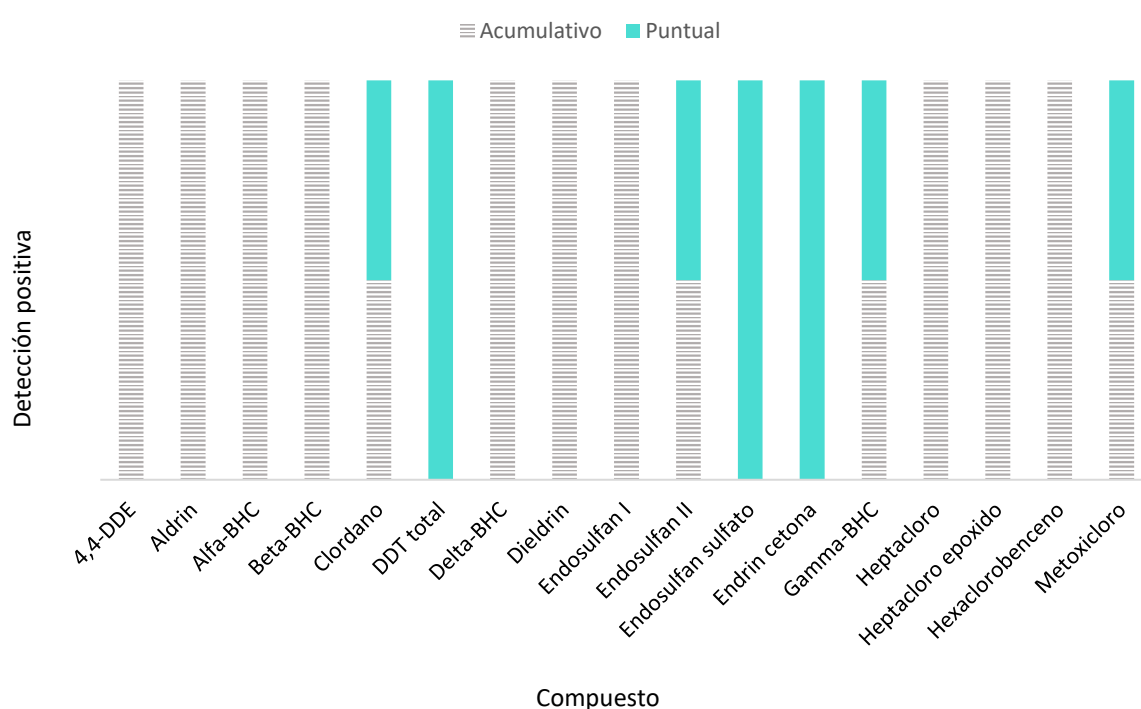


Para realizar una comparación más equilibrada de los métodos de muestreo, la mejor alternativa es considerar únicamente los resultados obtenidos en Zona 3 (Anexo C, D, E), puesto que

durante el estudio ocurrieron imprevistos que dañaron los filtros del muestreador pasivo colocado en la laguna del pivote. De la gama de 17 pesticidas encontrados en la laguna de Zona 3 a lo largo de todo el estudio, los dos muestreos pasivos lograron captar 14 compuestos; y solamente tres no fueron detectados en por este método de muestreo que fueron: DDT total, Endosulfan Sulfato y Endrin Cetona. Por su parte, los tres muestreos puntuales permitieron detectar únicamente siete analitos

Figura 8

Resumen de los resultados obtenidos en los muestreos de Zona 3



Una de las principales limitaciones del método de muestreos acumulativos, es que producen resultados de acumulación por flujo (masa/tiempo) en lugar de resultados de concentración (masa/volumen), que son los utilizados en las normativas a nivel mundial (Imbrigiotta y Harte, 2020). Si bien en el presente estudio se logró identificar y cuantificar analitos (μg), su concentración reportada se expresó con base en el volumen de diálisis utilizado en la extracción de la membrana SPMD (150 mL) (Anexo F). Este resultado no puede ser comparado con las normativas de calidad de agua que actualmente se encuentran vigentes y por lo tanto los datos obtenidos son de carácter exploratorio, para determinar la presencia o ausencia de un determinado compuesto. Por su parte,

los resultados de los muestreos puntuales no comparten esas limitaciones, a continuación, se reportan las concentraciones de analitos obtenidas en los dos puntos de muestreo (Cuadro 14).

Cuadro 14

Detección en laboratorio de pesticidas en la Zonas muestreadas de forma puntual

Procedencia	Fecha de muestreo	Analito detectado	Resultado (µg/L)
Laguna Pivote Central	13/3/2023	Gamma-BHC	0.025
Laguna Pivote Central	19/4/2023	Clordano total	0.003
Laguna Pivote Central	19/4/2023	DDT	0.019
Laguna Pivote Central	19/4/2023	Endosulfan II	0.008
Laguna Pivote Central	19/4/2023	Endosulfan sulfato	0.021
Laguna Pivote Central	19/4/2023	Metoxicloro	0.008
Laguna Pivote Central	19/4/2023	Endrin cetona	0.066
Laguna Pivote Central	1/6/2023	Endosulfan I	0.004
Laguna Pivote Central	1/6/2023	DDT	0.028
Laguna Pivote Central	1/6/2023	Endosulfan sulfato	0.016
Laguna Pivote Central	1/6/2023	Endrin cetona	0.016
Laguna Zona 3	13/3/2023	Gamma-BHC	0.010
Laguna Zona 3	13/3/2023	DDT total	0.110
Laguna Zona 3	13/3/2023	Endosulfan II	0.015
Laguna Zona 3	13/3/2023	Endosulfan sulfato	0.035
Laguna Zona 3	13/3/2023	Metoxicloro	0.028
Laguna Zona 3	13/3/2023	Endrin cetona	0.073
Laguna Zona 3	19/4/2023	DDT total	0.067
Laguna Zona 3	19/4/2023	Endosulfan II	0.071
Laguna Zona 3	19/4/2023	Endosulfan sulfato	0.144
Laguna Zona 3	19/4/2023	Metoxicloro	0.136
Laguna Zona 3	19/4/2023	Endrin cetona	1.020
Laguna Zona 3	1/6/2023	Clordano total	0.004
Laguna Zona 3	1/6/2023	Endrin cetona	0.024

Los datos anteriores permitieron realizar una comparación con la legislación de plaguicidas de Honduras, específicamente en los parámetros de calidad de agua (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2000). Tanto la laguna del Pivote Central (Cuadro 15) como la de Zona 3 (Cuadro 16) estuvieron dentro de la normativa de agua potable a lo largo del estudio para los compuestos: DDT, Clordano, Lindano y Metoxicloro.

Cuadro 15

Comparación de los resultados de los muestreos puntuales de Pivote Central con la normativa

hondureña de agua potable

Compuesto	Valor detectado (µg/L) el 13/3/2023	Valor detectado (µg/L) el 19/4/2023	Valor detectado (µg/L) el 1/6/2023	Valor Máximo Admisible (µg/L)
DDT	N.D.	0.019	0.028	2
Clordano total	N.D.	0.003	N.D.	0.2
Gamma-BHC (Lindano)	0.025	N.D.	N.D.	2
Metoxicloro	N.D.	0.008	N.D.	20

Nota. N.D. = No detectado

Cuadro 16

Comparación de los resultados de los muestreos puntuales de Zona 3 con la normativa hondureña de

agua potable

Compuesto	Valor detectado (µg/L) el 13/3/2023	Valor detectado (µg/L) el 19/4/2023	Valor detectado (µg/L) el 1/6/2023	Valor Máximo Admisible (µg/L)
DDT total	0.011	0.067	N.D	2
Clordano total	N.D	N.D	0.004	0.2
Gamma-BHC (Lindano)	0.01	N.D	N.D	2
Metoxicloro	0.028	0.136	N.D	20

Nota. N.D. = No detectado

Inventario del Uso de Pesticidas en Zona 3

El inventario de pesticidas realizado en las zonas productivas de olericultura extensiva e intensiva permitió conocer a rasgos generales la dinámica del uso de plaguicidas. Durante el periodo del 1 de enero al 1 de junio de 2023, se aplicaron 62 pesticidas distintos; de los cuales 45 se aplicaron en extensiva (Anexo G – Anexo L) (Anexo M - Anexo O), y 43 se aplicaron en ambas unidades. La agrupación de los ingredientes activos de estos plaguicidas en familias químicas permitió contabilizar el uso de 52 ingredientes activos y la presencia de 35 familias distintas (Cuadro 17) además se contabilizaron ocho pesticidas de origen biológico (Anexo P).

Cuadro 17*Resumen de las familias químicas de pesticidas utilizadas en Zona 3*

Familia	Ingredientes activos contabilizados	Porcentaje
Carbamatos	7	13.5%
Neonicotinoides	4	7.7%
Piretroides	4	7.7%
Triazoles	3	5.8%
Avermectinas	2	3.8%
Estrobilurinas	2	3.8%
Organofosforado	2	3.8%
Acetamidas	1	1.9%
Ariloxifenoxi-propionatos (FOP)	1	1.9%
Azufre	1	1.9%
Benzoilurea	1	1.9%
Bipiridilios	1	1.9%
Cloronitrilos	1	1.9%
Diamidas	1	1.9%
Dinitroanilinas	1	1.9%
Fenilpirazoles	1	1.9%
Fenoles	1	1.9%
Fosfonatos	1	1.9%
Hexopiranosilos	1	1.9%
Ketoenoles	1	1.9%
Malonanilato	1	1.9%
Metoxi-acrilato	1	1.9%
Metoxi-carbamatos	1	1.9%
Organoclorados	1	1.9%
Organofosfonatos	1	1.9%
Pirazolcarboxamidas	1	1.9%
Piridinas	1	1.9%
Piridinil-etil-benzamidas	1	1.9%
Pirroles	1	1.9%
Spinosinas	1	1.9%
Sulfonamidas	1	1.9%
Sulfoximinas	1	1.9%
Tioureas	1	1.9%
Triazinas	1	1.9%
Triazinonas	1	1.9%

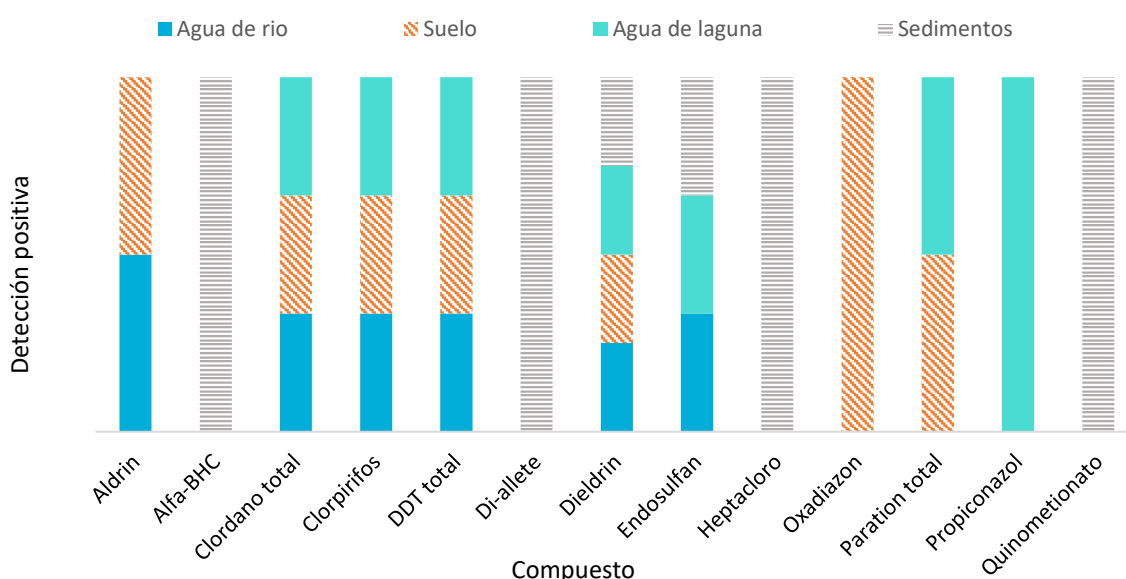
Interpretación de los Resultados de Laboratorio y los Datos Cualitativos de las Zonas Productivas

Al cotejar el inventario de ingredientes activos aplicados en el área productiva de Zona 3 (Anexo Q), con las detecciones positivas de los resultados de laboratorio expuestos anteriormente, no se encontró ninguna concordancia. Si bien este inventario reflejó la aplicación de un compuesto organoclorado (2,4- Diclorofenoxiacético), este no se encuentra dentro del listado de los 17 pesticidas

detectados en el laboratorio, por lo tanto, bajo las condiciones del presente estudio, no se puede determinar si las actividades productivas actuales de Zona 3 tienen influencia sobre la residualidad encontrada en la laguna de riego. Sin embargo, un antecedente sobre la dinámica de pesticidas a lo largo de la cuenca del río Choluteca, documentó concentraciones de 13 pesticidas en muestras de suelo, agua y sedimentos recolectadas en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (Figura 9) (Kammerbauer y Moncada, 1998).

Figura 9

Antecedente de residualidad de pesticidas detectados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Adaptado de Kammerbauer y Moncada (1998)



Nota. No se especifica el isómero de endosulfán identificado

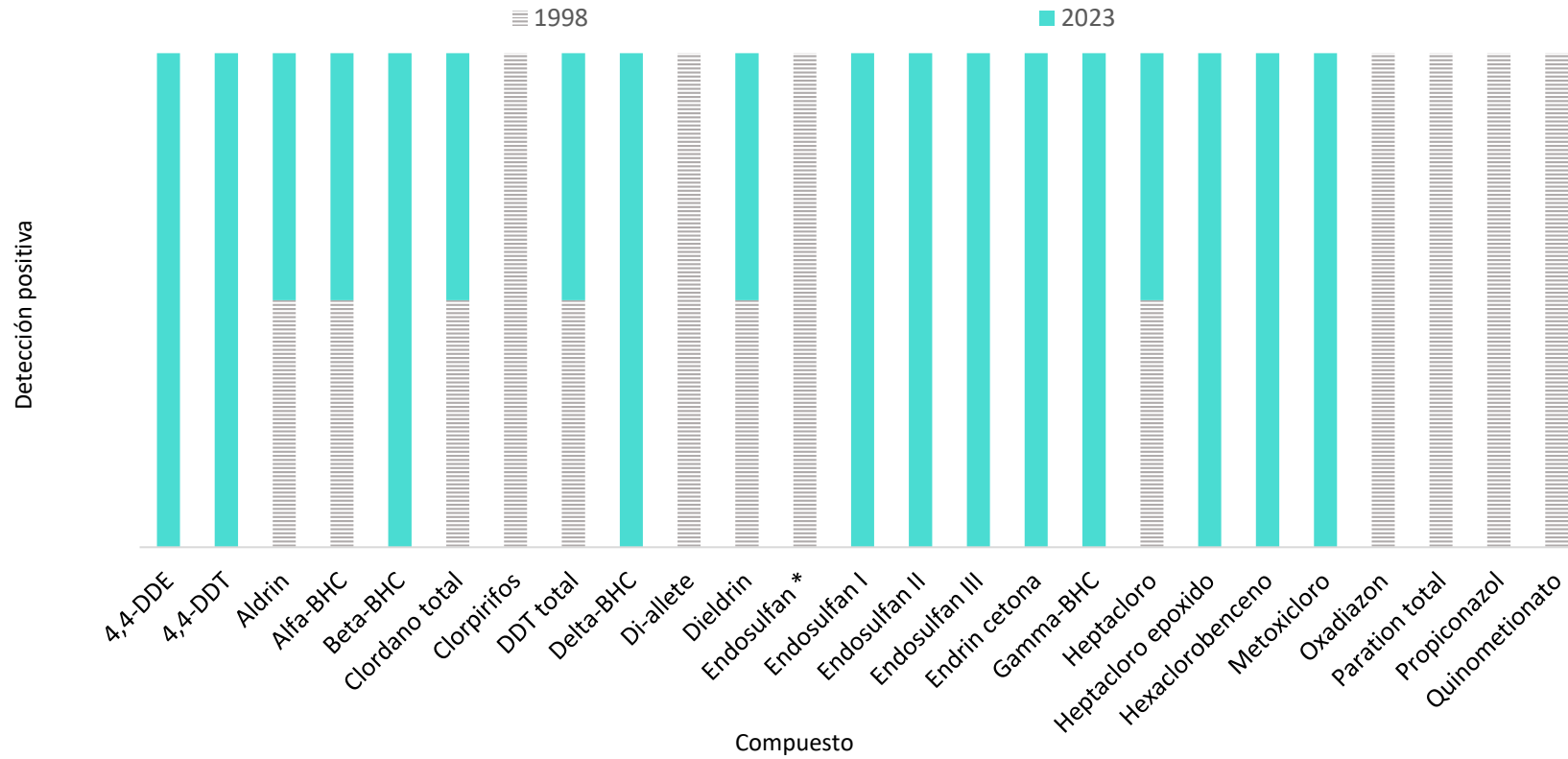
Se debe mencionar que los puntos de muestreo de este no se encuentran claramente delimitados; solo indica que se tomaron muestras de suelo de parcelas con producción agrícola, muestras de agua de un río aguas arriba y aguas abajo de la zona de producción, también se tomaron muestras de agua y sedimentos del lecho de dos lagunas. Debido a este vacío de información, no se realizó una comparación cuantitativa entre las concentraciones de contaminantes reportadas en el antecedente (Anexo T) y el presente estudio.

Para evidenciar la persistencia de pesticidas a lo largo del tiempo, se agruparon los resultados de laboratorio de ambos estudios (Figura 10). Sin embargo, se debe considerar que esta comparación está sujeta a interferencias que pueden propiciar la presencia de falsos negativos, ya que la metodología analítica utilizada y el origen de las muestras de cada estudio son distintas.

Considerando que no se pudo determinar que las aplicaciones actuales de pesticidas en Zona 3 tengan influencia sobre los compuestos encontrados en la laguna de riego; se puede plantear que la detección de contaminantes en el presente estudio podría estar relacionada a una residualidad que ha persistido a lo largo de los años. Prueba de ello es que los datos Kammerbauer y Moncada (1998) sugerían que los compuestos organoclorados estaban desapareciendo lentamente del suelo y del agua; sin embargo 25 años después se detectó nuevamente la presencia de los siguiente siete contaminantes organoclorados: Aldrin, Alfa-BHC, Clordano total, DDT total, Dieldrin, isómeros de Endosulfán y Heptacloro.

Figura 10

Comparación cualitativa de la presencia de residualidad de contaminantes reportados en ambos estudios (1998 y 2023)



Nota. No especifica el isómero de endosulfán identificado

Muchos de los compuestos detectados en los análisis de laboratorio de ambos estudios, se encuentran dentro del listado de contaminantes orgánicos persistentes (COP) del Convenio de Estocolmo (Cuadro 18), un acuerdo internacional jurídicamente vinculante, que exige a sus partes tomar acciones para reducir o eliminar, las emisiones de COP en el medio ambiente; puesto que la exposición a estos compuestos puede ocasionar efectos graves en la salud como: daños al sistema nervioso central y periférico, mutaciones genéticas, alteraciones del sistema reproductivo, trastornos disfuncionales e incluso la generación de diferentes tipos de cáncer (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [SERNA], 2015). Se les denomina persistentes porque sus tiempos de vida media ($t_{1/2}$) en el agua son superiores a dos meses y en sedimentos son mayores a seis meses (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2009).

Las disposiciones del Convenio de Estocolmo indican que los gobiernos deben de eliminar el uso y producción de los plaguicidas organoclorados incluidos en el Anexo A. Por otra parte, el Anexo B indica que los gobiernos deben eliminar el uso y producción de DDT, con dos excepciones: en el uso de programas de control de vectores transmisores de enfermedades (como el paludismo), y como intermediario en la producción de dicofol (otro insecticida) en un sistema cerrado (Bejarano, 2004).

Cuadro 18

Categorización según el CE de los pesticidas detectados en los análisis de laboratorio (CEPAL, 2009)

Categoría del Convenio de Estocolmo	Compuesto detectado
Anexo A	Aldrin
Anexo A	Alfa-BHC
Anexo A	Beta-BHC
Anexo A	Clordano
Anexo A	Dieldrin
Anexo A	Heptacloro
Anexo A	Hexaclorobenceno
Anexo A	Gamma-BHC (Lindano)
Anexo B	DDT

Es posible que muchos de estos compuestos hayan persistido en compartimientos ambientales como los sedimentos, debido a su alta estabilidad química que les permite resistir la

biodegradación. En general se estima que poseen un tiempo de vida media de aproximado de 5 años, el cual puede aumentar según el medio en el que se encuentre y la complejidad de la molécula (Zaragoza-Bastida et al., 2016). Además, el DDE y DDD son productos de la degradación del DDT, las bajas concentraciones encontradas de DDT y la detección del metabolito DDE en los análisis de laboratorio, nos indica que este compuesto se encuentra en un proceso de degradación. La persistencia del DDT y sus metabolitos tiene una dinámica muy variable dependiendo del compartimiento ambiental en el que se encuentra. Se ha estimado que su tiempo de vida media en forma de vapor es de 1.5 a 3 días; sin embargo, al integrarse al suelo, puede permanecer estable durante cientos de años. Algunas partículas de suelo con DDT, DDE o DDD pueden ingresar a cuerpos de agua superficial mediante el arrastre por escorrentía; al ingresar a este medio, el DDT se une a partículas en el agua, se deposita en el sedimento o se incorpora en la cadena trófica debido a su afinidad por los tejidos grasos (ATSDR, 2002a).

De igual forma ocurre con los isómeros de endosulfán, donde se observan bajas concentraciones y la presencia de su forma degradada; endosulfán sulfato. El endosulfán está sujeto a degradación tanto biótica como abiótica en el ambiente que puede resultar en oxidación al sulfato correspondiente o hidrólisis en sistemas acuáticos a endosulfán diol. Ambos isómeros de endosulfán se degradan dos veces más rápido en sedimentos no estériles en comparación con condiciones estériles, lo que indica la importancia de la degradación biótica con sulfato de endosulfán como único metabolito detectable. De hecho, el sulfato de endosulfán representa el residuo predominante en una variedad de medios ambientales, en los sistemas acuáticos, el isómero α se convierte más fácilmente en sulfato de endosulfán que el isómero β . El sulfato de endosulfán se degrada a un ritmo más lento y, por lo tanto, es más persistente que los isómeros originales, tienen menor toxicidad acuática aguda (Weber et al., 2010).

En la revisión bibliográfica de las propiedades fisicoquímicas de los compuestos detectados en el laboratorio (Anexo U), se omitieron clordano total y DDT total puesto que estos representan el

total de isómeros del compuesto. El coeficiente de partición de agua/carbono orgánico del suelo K_{oc} (coeficiente de adsorción) es una relación entre la masa de una sustancia química que se adsorbe en el suelo por unidad de masa de carbono orgánico y su concentración en una solución acuosa diluida, en equilibrio. Generalmente los valores de $\log(K_{oc})$ se utilizan para predecir la movilidad de los productos químicos orgánicos (Popek, 2003). Cuanto más altos sean los valores de $\log(K_{oc})$, más probable es que el producto químico se una al sedimento, especialmente al sedimento que contiene altas concentraciones de carbono orgánico, o se acumule en la grasa de los tejidos de la biota acuática y terrestre (EPA, 2000).

Para determinar la tendencia de volatilización de los pesticidas, el parámetro de referencia más utilizado es la constante de la ley de Henry. Esta se define como la concentración de pesticida en el aire dividida por la concentración en el agua. Este valor caracteriza la tendencia de un pesticida a moverse entre el aire y el agua del suelo; cuanto mayor sea la constante de la ley de Henry, más probable es que un pesticida se volatilice del suelo húmedo. Durante los períodos de luz solar directa, las temperaturas en la superficie del suelo pueden ser mucho más altas que las del aire circundante lo cual puede aumentar la volatilización en la superficie del suelo (Kerle et al., 1996).

La caracterización de los compuestos detectados según sus propiedades fisicoquímicas (Cuadro 19) muestra que todos los compuestos detectados tienen baja solubilidad, presentan una afinidad hacia compuestos lipofílicos, poseen una alta tendencia a permanecer en el suelo y una baja volatilidad.

Cuadro 19*Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los compuestos detectados*

Compuesto detectado	Solubilidad en agua	Afinidad hacia el agua	Tendencia en membranas biológicas	Movilidad en suelo	Volatilidad
4,4-DDE	Ligeramente soluble	Lipofílico	Bioconcentración en la porción lipídica	Apenas móvil	Moderadamente volátil
4,4-DDT	No soluble	Lipofílico	Bioconcentración en la porción lipídica	Inmóvil	Ligeramente volátil
Aldrin	No soluble	Lipofílico	Bioconcentración en la porción lipídica	Inmóvil	Moderadamente volátil
Alfa-BHC (α -Hexachlorocyclohexane)	Moderadamente soluble	Lipofílico	Absorción a través de la piel	Ligeramente móvil	Ligeramente volátil
Beta-BHC (β -Hexachlorocyclohexane)	Moderadamente soluble	Lipofílico	Absorción a través de la piel	Ligeramente móvil	No volátil
Delta-BHC (δ -Hexachlorocyclohexane)	Moderadamente soluble	Lipofílico	Absorción y resistencia al metabolismo y la degradación	Apenas móvil	No volátil
Dieldrin	Ligeramente soluble	Lipofílico	Bioconcentración en la porción lipídica	Inmóvil	Ligeramente volátil
Endosulfan I (alfa)	Ligeramente soluble	Lipofílico	Absorción a través de la piel	Ligeramente móvil	Moderadamente volátil
Endosulfan II (beta)	Ligeramente soluble	Lipofílico	Absorción a través de la piel	Apenas móvil	Moderadamente volátil
Endosulfan III (sulfato)	Ligeramente soluble	Lipofílico	Absorción a través de la piel	N.D.	N.D.
Endrin cetona	N.D.	Lipofílico	Absorción y resistencia al metabolismo y la degradación	N.D.	No volátil
Gamma-BHC (γ -Hexachlorocyclohexane)	Moderadamente soluble	Lipofílico	Absorción a través de la piel	Ligeramente móvil	Ligeramente volátil
Heptacloro	No soluble	Lipofílico	Bioconcentración en la porción lipídica	Apenas móvil	Moderadamente volátil
Heptacloro epóxido	Ligeramente soluble	Lipofílico	Bioconcentración en la porción lipídica	Ligeramente móvil	Moderadamente volátil
Hexaclorobenceno	No soluble	Lipofílico	Bioconcentración en la porción lipídica	Inmóvil	Moderadamente volátil
Metoxicloro	No soluble	Lipofílico	Absorción y resistencia al metabolismo y la degradación	Inmóvil	Moderadamente volátil

Nota. N.D. = No determinado.

Conclusiones

El modelo de acumulación de flujo de Zona 3 generado con herramientas SIG permitió identificar que la ruta predominante de drenaje se dirige hacia la carretera CA-5, en dirección opuesta a la laguna de riego. Sin embargo, se identificaron posibles canales de curso de agua que pueden representar una fuente de ingreso por escorrentía superficial durante la ocurrencia de fenómenos de precipitación, pudiendo contribuir con el transporte de pesticidas hacia este cuerpo hídrico.

El análisis de pesticidas permitió la identificación de 18 compuestos organoclorados en las lagunas de riego, seis de estos fueron reportados hace 25 años en un estudio realizado en diferentes compartimientos ambientales de Zamorano. Los compuestos detectados se caracterizan por su persistencia, baja solubilidad en agua, baja volatilidad, afinidad de acumulación en sedimentos y compuestos lipofílicos. Además, no se detectó presencia de compuestos organofosforados en las lagunas, sin embargo, este escenario podría cambiar al realizar muestreos durante la época lluviosa o al incrementar el espectro de detección en el método analítico utilizado.

Bajo las condiciones adecuadas de profundidad y periodo de muestreo, mediante el método acumulativo se detecta un mayor número de pesticidas. Sin embargo, el reporte de sus concentraciones ($\mu\text{g}/\text{SPMD}$) no puede ser comparado con la normativa hondureña de agua potable ($\mu\text{g}/\text{mL}$) limitando el ensayo a la detección de presencia o ausencia de los compuestos.

Bajo las condiciones del presente estudio, no se puede determinar la influencia de las actividades productivas actuales de Zona 3 sobre la calidad de agua de la laguna de riego, limitando el análisis a los procesos de residualidad de compuestos organoclorados que previamente han sido reportados.

Recomendaciones

Realizar un modelo de escorrentía superficial con mayor amplitud de área para determinar posibles fuentes lejanas de contaminación que influyen directa o indirectamente sobre la laguna de riego en Zona 3.

Ampliar el estudio de monitoreo en la zona media y alta de la microcuenca Santa Inés, para determinar si la residualidad encontrada en el Pivote Central es consecuencia de las actividades en esa área.

Realizar un estudio de residualidad de pesticidas en alimentos, ya que es posible que los contaminantes reportados en el presente estudio se movilicen a lo largo de cadena productiva y lleguen al consumidor final.

Ampliar el estudio hacia el análisis de otros compartimientos ambientales para determinar la residualidad de pesticidas organoclorados en sedimentos lagunares y suelos en producción agrícola.

Establecer un estudio de muestreadores pasivos colocados a diferentes profundidades para determinar si este factor genera diferencias significativas en la captura de analitos.

Realizar un estudio durante la época lluviosa para determinar si existe un aporte significativo en la presencia de pesticidas de la laguna.

Referencias

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2000). *Bioaccumulation testing and interpretation for the purpose of sediment quality assessment*.
<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/20003TM1.PDF?Dockey=20003TM1.PDF>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2007a). *Method 3535A: Solid-Phase Extraction (SPE)*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3535a.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2007b). *Method 8081B organochlorine pesticides by gas chromatography*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/8081b.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2007c). *Method 8141B organophosphorus compounds by gas chromatography*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/8141b.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2012). *Sustainable futures / P2 framework manual: Section 5: estimating physical / chemical and environmental fate properties with EPI suite*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-05/documents/05.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2018). *Method 8000d determinative chromatographic separations*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/8000d.pdf>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2002a). *Resumen de Salud Pública: DDT, DDE y DDD*. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs35.pdf
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2002b). *Toxicological Profile for methoxychlor*. U.S. Department of Health and Human. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp47.pdf>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2007). *Toxicological profile for heptachlor*. U.S. Department of Health and Human. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp12.pdf>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2015a). *Toxicological profile for endosulfan*. U.S. Department of Health and Human. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp41.pdf>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2015b). *Toxicological profile for hexachlorobenzene*. U.S. Department of Health and Human. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp90.pdf>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2021). *Toxicological profile for endrin*. U.S. Department of Health and Human. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp89.pdf>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2022a). *Toxicological profile for aldrin/dieldrin*. U.S. Department of Health and Human. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp1.pdf>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2022b). *Toxicological profile for DDT, DDE, and DDD*. U.S. Department of Health and Human. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp35.pdf>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2023). *Toxicological Profile for hexachlorocyclohexane (HCH)*. U.S. Department of Health and Human. <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp43.pdf>

Alvarez, D. (2010). *Guidelines for the use of the semipermeable membrane device (SPMD) and the polar organic chemical integrative sampler (POCIS) in environmental monitoring studies*. Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). <https://doi.org/10.3133/tm1D4>

- Aparicio, V., Gerónimo, E. de, Hernández, K., Pérez, D., Portocarrero, R. y Vidal, C. (Eds.). (2015). *Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente* (1ª ed.). Ediciones INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_plaguicidas_agregados_al_suelo_2015.pdf
- Association American Public Health (Ed.). (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd edition). American Public Health Association.
- Bejarano, F. (2004). *Guía ciudadana para la aplicación del Convenio de Estocolmo*. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM). https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Bejarano-4/publication/267795196_Guia_ciudadana_para_la_aplicacion_del_Convenio_de_Estocolmo/links/55706df008ae7d0f5f901786/Guia-ciudadana-para-la-aplicacion-del-Convenio-de-Estocolmo.pdf
- Bellabarba, G. (2011). Contaminantes orgánicos persistentes (COPS): qué son y cómo afectan el medio ambiente y la salud. *Revista Venezolana De Endocrinología Y Metabolismo*, 9(2), 34–36. <https://www.redalyc.org/pdf/3755/375540227001.pdf>
- Benítez-Díaz, P. y Miranda-Contreras, L. (2013). Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 7–23. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37028958001>
- Brown, C. D., Dubus, I. G., Fogg, P., Spirlet, M. y Gustin, C. (2004). Exposure to sulfosulfuron in agricultural drainage ditches: Field monitoring and scenario-based modelling. *Pest Management Science*, 60(8), 765–776. <https://doi.org/10.1002/ps.876>
- Camper, N. D., Whitwell, T., Keese, R. J. y Riley, M. B. (1994). Herbicide levels in nursery containment pond water and sediments. *Journal of Environmental Horticulture*, 12(1), 8–12. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-12.1.8>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2009). *Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP)*.

<https://observatoriop10.cepal.org/es/tratado/convenio-estocolmo-contaminantes-organicos-persistentes>

Environmental Systems Research Institute. (2021). *Acumulación de flujo*.

https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/flow-accumulation.htm#S_GUID-91BEE9A1-B3CF-4D5B-BBFD-32821F8E35BF

Felicísimo, Á. (1994). *Modelos digitales del terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Pentalfa.

Guardado, W. (2019). *Presencia de agroquímicos persistentes en tres microcuencas abastecedoras de agua en el Oriente de Honduras* [proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/775e9289-75ad-4087-a6ec-cde5d94448fd/content>

Imbrigiotta, T. y Harte, P. (2020). *Passive sampling of groundwater wells for determination of water chemistry*. Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

<https://pubs.usgs.gov/tm/01/d8/tm1d8.pdf>

Kammerbauer, J. y Moncada, J. (1998). Pesticide residue assessment in three selected agricultural production systems in the Choluteca River Basin of Honduras. *Environmental Pollution*, 103(2-3), 171–181. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(98\)00125-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(98)00125-0)

Kerle, E., Jenkins, J. y Vogue, P. (1996). *Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection*.

https://wellwater.oregonstate.edu/sites/wellwater.oregonstate.edu/files/well-water/pdf/understanding_pesticide_persistence.pdf

Matos, A. de, Martins, A., Man, T., Evans, D., Walter, M., Oliveira, M. C., López, Ó., Fernandez-Bolaños, J. G., Dätwyler, P., Ernst, B., Macedo, M. P., Contino, M., Colabufo, N. A. y Rauter, A. P. (2019). Design and Synthesis of CNS-targeted Flavones and Analogues with

- Neuroprotective Potential Against H₂O₂- and A β 1-42-Induced Toxicity in SH-SY5Y Human Neuroblastoma Cells. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 12(2).
<https://doi.org/10.3390/ph12020098>
- Mejías, J. y Jerez, J. (2006). *Guía para la toma de muestras de residuos de plaguicidas agua, sedimento y suelo*. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7099>
- Müller, K., Stenger, R. y Rahman, A. (2006). Herbicide loss in surface runoff from a pastoral hillslope in the Pukemanga catchment (New Zealand): Role of pre-event soil water content. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112(4), 381–390. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.027>
- Narváez, J. y Jiménez, C. (2012). Pharmaceutical products in the environment: sources, effects and risks. *Vitae*, 19(1), 93–108. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169824077010.pdf>
- Narváez, J., López, C. y Molina, F. (2013). Passive sampling in the study of dynamic and environmental impact of pesticides in water. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*(68), 147–159. <https://www.redalyc.org/pdf/430/43029811014.pdf>
- Niu, Y. H., Li, X., Wang, H. X., Liu, Y. J., Shi, Z. H. y Wang, L. (2020). Soil erosion-related transport of neonicotinoids in new citrus orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 290, 106776. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106776>
- Novoa, R. (2021). *Validación del conjunto integrado de herramientas electrónicas y creación de los conocimientos necesarios para su uso a nivel nacional en Honduras*. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/41787/Honduras_Toolkit_testing.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2000). *FAO Pesticide Disposal Series 8 - Assessing soil contamination: A reference manual*. https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Obsolete/Assessing_contamination_-_A_reference_manual.pdf

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *New standards to curb the global spread of plant pests and diseases*.
<https://www.fao.org/news/story/en/item/1187738/icode/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022). Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators – Global, regional and country trends, 1990–2020. *FAOSTAT Analytical Briefs*. Publicación en línea avanzada. <https://doi.org/10.4060/cc0918en>
- Organización Panamericana de la Salud. (2000). *Legislación de plaguicidas en Honduras compendio*. Organización Panamericana de la Salud (OPS). http://cnpml-honduras.org/wp-content/uploads/docu_tecnicos/doc/Compendio_de_legislacion_de_plaguicidas_en_Honduras.pdf
- Parween, M., Ramanathan, A., Khillare, P. y Raju, N. (2014). Persistence, variance and toxic levels of organochlorine pesticides in fluvial sediments and the role of black carbon in their retention. *Environmental Science and Pollution Research International*, 21(10), 6525–6546.
<https://doi.org/10.1007/s11356-014-2531-6>
- Popek, E. P. (2003). *Sampling and analysis of environmental chemical pollutants: A complete guide* (1st ed.). Academic Press.
- Ramírez, M. (2020). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Revista Enfermería La Vanguardia*, 6(2), 40–47. <https://doi.org/10.35563/revan.v6i2.210>
- Ramos, L. (2020). *Interacciones entre plaguicidas, plásticos agrícolas, suelo y aire en los sistemas hortícolas* [tesis de doctorado]. Universidad Nacional General Sarmiento, Argentina.
https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2022/07/Tesis_DCyT_Ramos_2020.pdf
- Rodríguez-Cruz, M. S. y Sánchez-Martín, M. J. (Eds.). (2022). *The handbook of environmental chemistry / series editors: Damià Barceló, Andrey G. Kostianoy: Volume 113. Pesticides in soils: Occurrence, fate, control and remediation*. Springer.

- Sánchez, M. J. y Sánchez, M. (1984). *Los plaguicidas. Adsorción y evolución en el suelo*.
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf>
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente. (2015). *Plan nacional de implementación del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP) en Honduras PNI COP 2015-2025*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/hon211261.pdf>
- Stojkovic, M., Milivojevic, N. y Stojanovic, Z. (2012). Use of information technology in hydrological analysis. *E-Society Journal: Research and Applications*(3), Artículo 2.
https://www.researchgate.net/publication/258964366_Use_of_information_technology_in_hydrological_analysis
- Syafrudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-onazi, W. A., Algarni, T. S., Almarri, A. H. y Al-Mohaimed, A. M. (2021). Pesticides in drinking water. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2).
<https://doi.org/10.3390/ijerph18020468>
- Tang, X., Zhu, B. y Katou, H. (2012). A review of rapid transport of pesticides from sloping farmland to surface waters: Processes and mitigation strategies. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 24(3), 351–361. [https://doi.org/10.1016/s1001-0742\(11\)60753-5](https://doi.org/10.1016/s1001-0742(11)60753-5)
- Torri, S. (2015). *Dinámica de los plaguicidas en los agroecosistemas*.
https://www.researchgate.net/publication/305905415_Dinamica_de_los_plaguicidas_en_los_agroecosistemas#:~:text=El%20uso%20de%20plaguicidas%20presenta,accesibles%20para%20todos%20los%20consumidores.
- Vallejo, A., Prieto, A., Moeder, M., Usobiaga, A., Zuloaga, O., Etxebarria, N. y Paschke, A. (2013). Calibration and field test of the polar organic chemical integrative samplers for the determination of 15 endocrine disrupting compounds in wastewater and river water with special focus on performance reference compounds (PRC). *Water Research*, 47(8), 2851–2862. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.02.049>

- Vittozzi, L., Fabrizi, L., Di Consiglio, E. y Testai, E. (2001). Mechanistic aspects of organophosphorothionate toxicity in fish and humans. *Environment International*, 26(3), 125–129. [https://doi.org/10.1016/s0160-4120\(00\)00102-1](https://doi.org/10.1016/s0160-4120(00)00102-1)
- Vrana, B., Allan, I. J., Greenwood, R., Mills, G. A., Dominiak, E., Svensson, K., Knutsson, J. y Morrison, G. (2005). Passive sampling techniques for monitoring pollutants in water. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 24(10), 845–868. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2005.06.006>
- Weber, J., Halsall, C. J., Muir, D., Teixeira, C., Small, J., Solomon, K., Hermanson, M., Hung, H. y Bidleman, T. (2010). Endosulfan, a global pesticide: A review of its fate in the environment and occurrence in the Arctic. *The Science of the Total Environment*, 408(15), 2966–2984. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.077>
- Zaragoza-Bastida, A., Valladares-Carranza, B., Ortega-Santana, C., Zamora-Espinosa, J., Velázquez-Ordoñez, V. y Aparicio-Burgos, J. (2016). Repercusiones del uso de los organoclorados sobre el ambiente y salud pública. *Abanico Veterinario*, 6(1), 3–55. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322016000100043

Anexos

Anexo A

Listado de pesticidas aplicados durante 2022 en las áreas productivas: Zona 3 (intensiva/extensiva) y Pivote Central

Unidad	Producto	Ingrediente activo	Uso
Extensiva	AMISTAR® TOP	Azoxistrobina Difenoconazole	Funguicida
Extensiva	BIODI®e	Argemonina Berberina Ricinina α-Terthienil	Insecticida
Extensiva	Confidor®	Imidacloprid: ((E)-1-(6-cloro-3-piridilmetil)-N-nitroimidazolidin-2-ilidenamina)	Insecticida
Extensiva	Danitol®	Fenpropatrina: 2,2,3,3-tetrametilciclopropanocarboxilato de (RS)-α-ciano-3-fenoxibencilo	Insecticida piretroide
Extensiva	DIPEL® WG	Bacillus thuringiensis subesp. kurstaki (cepa: ABTS-351)	Insecticida
Extensiva	ENGEO®	Tiametoxam Lambdacihalotrina	Insecticida
Extensiva	FORAMIL 90 SP	S-methyl (EZ)-N-(methylcarbamoyloxy)thioacetimidate	Insecticida
Extensiva	Fungicida AGROMIPRID	Acetamiprid: (E)-N 1-[(6-cloro-3-pyridyl)methyl]-N2-cyano-N1-methylacetamide	
Extensiva	Glifo one	Glifosato	Herbicida
Extensiva	INSPIRE GOLD®	Difenoconazol Ciproдини	Funguicida
Extensiva	Magneto	Imidacloprid Fipronil	Insecticida
Extensiva	Mirex	N-ethylperfluoro-octane-1-sulfonamide	
Extensiva	Paraquat®	Dicloruro de 1, 1'-dimetil-4, 4'-bipiridinio	Herbicida
Extensiva	Serenade®	Bacillus amyloliquefaciens	Funguicida

Unidad	Producto	Ingrediente activo	Uso
Intensiva	Abland	Agentes quelantes Poliéter Polimetil Siloxano	Corrector de dureza y pH
Intensiva	Agroconquer	Pyraclostrobin Epoconazole	Funguicida
Intensiva	AGRODYNE/AGRODIN	Complejo Yodo Polietoxi-Polipropoxi Polietoxi Etanol Acido Yodhídrico	Funguicida bactericida
Intensiva	AMISTAR® TOP	Azoxistrobina Difenoconazole	Funguicida
Intensiva	Amount 20 SL	Glufosinato de amonio	Herbicida
Intensiva	Aramite	Aceite de Canela (8007-80-5) Aceite de Clavo (8000-34-8)	Insecticida
Intensiva	AZ-50 SL	Aceites naturales	Insecticida
Intensiva	AZ-Jabón Potásico	Acidos grasos de origen vegetal Sales potasicas	Insecticida
Intensiva	Bingo®	Emamectin Benzoato Acetamiprid	Insecticida
Intensiva	BIODIe	Argemonina Berberina Ricinina α -Terthienyl	Insecticida
Intensiva	Canelys/Cinnalys	Extracto de canela (Cinnamomum zeylanicum)	Acaricida, fungicida
Intensiva	Curyom®	Profenofós Lufenurón	Insecticida
Intensiva	Danitol®	Fenpropatrina: 2,2,3,3-tetrametilciclopropanocarboxilato de (RS)- α -ciano-3-fenoxibencilo	Insecticida piretroide
Intensiva	DIPEL® WG	Bacillus thuringiensis subesp. kurstaki (cepa: ABTS-351)	Insecticida
Intensiva	E-codaoleo K	Sales potásicas de ácidos grasos (aceite vegetal)	Insecticida
Intensiva	ENGEO®	Tiametoxam Lambdacihalotrina	Insecticida

Unidad	Producto	Ingrediente activo	Uso
Intensiva	EPINGLE® EC	Piriproxifeno: (2-(1-metil-2-(4-fenoxifenoxi)etoxi)piridina)	Insecticida
Intensiva	Exalt™ 6 SC	Spinetoram J & L: Spinosina J + Spinosina L Propanodiol	Insecticida
Intensiva	Fascinate	Glufosinato de Amonio	Herbicida
Intensiva	FORAMIL 90 SP	S-methyl (EZ)-N-(methylcarbamoyloxy)thioacetimidate	Insecticida
Intensiva	Fusilade®	Fluazifop-P-Butil	Herbicida
Intensiva	Glifo one	Glifosato	Herbicida
Intensiva	INEX-A	Alquil polieter alcohol etoxilado Alquil poliglicol Aril polietoxietanol	Surfactante penetrante
Intensiva	INSPIRE GOLD®	Difenoconazol Ciprodiini	Funguicida
Intensiva	Kabonim	Hidróxido de potasio N° de CAS 1310 Aceite de Neem	Insecticida
Intensiva	KARATE ZEON®	Lambdacihalotrina	Insecticida
Intensiva	Lamdex®	Lambda-Cihalotrina	Insecticida
Intensiva	Luna® Experience	Fluopiram Tebuconazol	Funguicida
Intensiva	Magneto	Imidacloprid Fipronil	Insecticida
Intensiva	Mega Cobro® 51 SC	Sulfato de Cobre Penta hidratado Fosfito Potásico	Bactericida
Intensiva	Mimoten	Extracto de Mimosa tenuiflora	Funguicida bactericida
Intensiva	Muralla® Delta 190	Imidacloprid: ((E)-1-(6-cloro-3-piridilmetil)-N-nitroimidazolidin-2-ilidenamina) Deltametrina: (1R, 3R)-3-(2,2-dibromovinil)-2,2-dimetilciclopropanocarboxilato de (S)-a-ciano-3-fenoxibencilo)	Insecticida

Unidad	Producto	Ingrediente activo	Uso
Intensiva	NEMATICIDA TAGELIS	Zeaxanthin Luteina Mentona Carotenos Terpeno 1,2,3 –Propanopriol 56 –81-5	Nematicida
Intensiva	Oberon®	Spiromesifen: 3-Mesitil-2-oxo-1-oxaspirol[4,4]non-3-en-4-il 3,3-dimetilbutirato.	Insecticida
Intensiva	Paraquat®	Dicloruro de 1, 1'-dimetil-4, 4'-bipiridinio	Herbicida
Intensiva	Pegasus®	Diafenthuron	Insecticida
Intensiva	Preza® 10 OD	Cyantranilprole	Insecticida
Intensiva	PROCLAIM® 550G	Sodium 2-[methyloleoylamino]ethane-1-sulphonate Benzoato de emamectina	Insecticida
Intensiva	Proclaim® Opti 5 WG	Quartz (SiO2) Benzoato de emamectina	Insecticida
Intensiva	Protecsol	Caolín (silicato de aluminio)	Insecticida
Intensiva	Ranman®	Ciazofamida: 4-Cloro-2-ciano-N,N-dimetil-5-ptolilimidazol-1-sulfonamida	Funguicida
Intensiva	Regent®	Fipronil: 5-amino-1-(2,6-dicloro-alfa-alfa-alfa-trifluoro-p-tolil)-4-trifluorometil sulfinil pirazol-3-carbonitrilo	Insecticida
Intensiva	REQUIEM®	Tiametoxam Lambdacihalotrina	Insecticida
Intensiva	Roundup Max®	Glifosato	Herbicida
Intensiva	Salud	Fosfito de cobre Azufre	Funguicida
Intensiva	SIVANTO SL200	Flupyradifurone	Insecticida
Intensiva	Solvigo	Abamectina Tiametoxam	Insecticida
Intensiva	Sunfire® 24 SC	Chlorfenapyr	Insecticida

Unidad	Producto	Ingrediente activo	Uso
Intensiva	TEMPANO GOLD	Imidacloprid Lambdacihalotrina Bifentrina	Insecticida
Intensiva	Torch™	Sulfoxaflor Propanodiol	Herbicida
Intensiva	VERSYS®	Afidopiropen	Insecticida
Intensiva	Vertimec®	Avermectin B1a Avermectin B1b	Insecticida acaricida
Intensiva	Vivace®	Fluxapyroxad Pyraclostrobin	Funguicida
Intensiva	Vydate	Oxamil Metanol	Insecticida
Intensiva	Zampro®	Ametoctradin Dimetomorf	Funguicida
Intensiva	Zytron	Extracto de semillas de cítricos	Insecticida
Pivote Central	Roundup®	Glifosato-isopropilamonio	Herbicida
Pivote Central	Nativo 30 SC	Tebuconazole y Trifloxistrobin	Mancha de asfalto
Pivote Central	Cruiser® 35 FS	Thiamethoxam	Curado de semilla
Pivote Central	Blindage® 60 FS	Imidacloprid y Thiodicarb	Curado de semilla
Pivote Central	Atrazina	Atrazina	Herbicida
Pivote Central	Pendimetalina	Pendimetalina	Herbicida
Pivote Central	Blindage® 60 FS	Imidacloprid y Thiodicarb	Curado de semilla
Pivote Central	Cruiser® 35 FS	Thiamethoxam	Curado de semilla
Pivote Central	Denim Fit 45 WG	Emamectin Benzoate y Lufenuro	Insecticida
Pivote Central	Curyom® 55 EC	Profenofos y Lufenuron	Insecticida

Anexo B

Instrumento para entrevistas con ingenieros/colaboradores de Zona 3

La siguiente entrevista tiene como finalidad identificar los pesticidas claves utilizados en la EAP Zamorano y conocer algunos detalles sobre su destino final.

Datos generales

Unidad productiva:

Fecha:

Cultivos, agroquímicos y formas de aplicación

1. ¿Qué cultivos se manejan en esta unidad productiva a lo largo del año?
2. ¿Qué pesticidas utiliza en cada cultivo? ¿En qué época? ¿Qué plaga/enfermedad controla?
3. ¿Cuál es la dosis que se utilizan durante el ciclo de cultivo?
4. ¿Cuál es la forma de aplicación de los agroquímicos?

Disposición final de residuos

5. ¿Qué hacen con los recipientes al terminarse los productos?
6. Tras finalizar una aplicación ¿Qué realizan con el producto sobrante?
7. ¿La unidad cuenta con camas biológicas?

Fuente de agua

8. ¿De dónde proviene el agua que para riego?
9. ¿Han tenido alguna problemática relacionada al agua para riego? ¿Cuáles?
10. Durante la época lluviosa ¿Qué dirección toma el agua? ¿Cuál es el destino final?

Anexo C

Parámetros fisicoquímicos de las muestras puntuales colectadas en la laguna del Pivote Central

Parámetro	Muestreo inicial	Muestreo intermedio	Muestreo final
Fecha	12/3/2023	19/4/2023	1/6/2023
Coordenadas (UTM 16N)	(499444, 1547597)	(499444, 1547597)	(499444, 1547597)
Temperatura de la muestra (°C)	22.4	21.6	25
pH	8.15	8.179	6.753
Conductividad eléctrica (μS/cm)	372	56.5	1353.6
Sólidos disueltos totales (mg/L)	263	21.6	541.4
Salinidad (ppt)	0.08	0	0.62
Turbidez (UNT)	5.715	20.7	18.4

Anexo D

Parámetros fisicoquímicos de las muestras puntuales colectadas en la laguna de Zona 3

Parámetro	Muestreo inicial	Muestreo intermedio	Muestreo final
Fecha	12/3/2023	19/4/2023	1/6/2023
Coordenadas (UTM 16N)	(500901, 1549326)	(500901, 1549326)	(500901, 1549326)
Temperatura de la muestra (°C)	17.9	20.9	25
pH	7.84	9.106	7.977
Conductividad eléctrica (μS/cm)	167.2	390.2	1584.3
Sólidos disueltos totales (mg/L)	119	157.2	642.9
Salinidad (ppm)	0.19	0.11	0.76
Turbidez (UNT)	16	10.3	10.6

Anexo E

Cronología de muestreos puntuales y acumulativos en Zona 3

Pesticida identificado	Muestreos puntuales			Muestreos acumulativos	
	1	2	3	13/3/2023 - 19/4/2023	19/4/2023 - 1/6/2023
4,4-DDE				X	X
Aldrin					X
Alfa-BHC					X
Beta-BHC				X	
Clordano			X	X	X
DDT total	X	X			
Delta-BHC					X
Dieldrin					X
Endosulfan I				X	
Endosulfan II	X	X			X
Endosulfan sulfato	X	X			
Endrin cetona	X	X	X		
Gamma-BHC	X			X	
Heptacloro				X	
Heptacloro epóxido				X	
Hexaclorobenceno					X
Metoxicloro	X	X		X	

Nota. [X] = detección positiva del compuesto químico. Muestreos puntuales: 1 = 13/3/2023, 2 = 19/4/2023, 3 = 19/4/2023.

Anexo F

Detección en laboratorio de pesticidas en la zonas muestreadas de forma acumulativa (pasiva)

Procedencia	Inicio muestreo	Fin muestreo	Filtro utilizado	Analito detectado	Resultado (µg/SPMD)
Laguna Pivote Central	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Gamma-BHC	0.030
Laguna Pivote Central	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Beta-BHC	2.324
Laguna Pivote Central	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Heptacloro epóxido	1.898
Laguna Pivote Central	13/3/2018	19/4/2023	POCIS	N.D	N.D
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	POCIS	N.D	N.D
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Gamma-BHC	0.02
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Beta-BHC	2.044
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Heptacloro	2.891
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Heptacloro epóxido	1.452
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Endosulfan I	4.777
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Clordano	2.995
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	4,4-DDE	6.863
Laguna Zona 3	13/3/2018	19/4/2023	SPMD	Metoxicloro	1.929
Laguna Zona 3	19/4/2023	1/6/2023	SPMD	Alfa-BHC	0.361
Laguna Zona 3	19/4/2023	1/6/2023	SPMD	Hexaclorobenceno	0.759
Laguna Zona 3	19/4/2023	1/6/2023	SPMD	Delta-BHC	1.152
Laguna Zona 3	19/4/2023	1/6/2023	SPMD	Aldrin	2.017
Laguna Zona 3	19/4/2023	1/6/2023	SPMD	Clordano	0.459
Laguna Zona 3	19/4/2023	1/6/2023	SPMD	4,4-DDE	0.224
Laguna Zona 3	19/4/2023	1/6/2023	SPMD	Dieldrin	1.001
Laguna Zona 3	19/4/2023	1/6/2023	SPMD	Endosulfan II	0.457

Nota. *El resultado se calculó es en base al volumen de la diálisis del SPMD (150 mL). La concentración reportada no es significativa del volumen o caudal del cuerpo de agua por lo que solo se debe considerar la identificación de los compuestos.

Anexo G

Pesticidas utilizados en la producción de lechuga en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas			
		D1	D2	D3	
Lechuga	Bingo	0.5			g/L
Lechuga	Dipel	1	2		g/L
Lechuga	Aztrostar	1.25			mL/L
Lechuga	Bravo Gold 550 Sc 1Lt.	1			mL/L
Lechuga	Cinnalys	2	3	4	mL/L
Lechuga	Curyom	1			mL/L
Lechuga	Danitol 500 ML	1			mL/L
Lechuga	Decis 10 Ec Litro	0.5	0.8	1	mL/L
Lechuga	E-Codaoleo K Lt	4	5		mL/L
Lechuga	Engeo	0.5	0.8		mL/L
Lechuga	Exalt 6 C. 500 ML. (Frasco)	0.8			mL/L
Lechuga	Fusilade 12.5 Ec	4			mL/L
Lechuga	Inex	1			mL/L
Lechuga	Kabonim	2.5			mL/L
Lechuga	Karate Zeon	0.9	1		mL/L
Lechuga	Knight	2			mL/L
Lechuga	Lamdex	1			mL/L
Lechuga	Luna Experience	0.5			mL/L
Lechuga	Paraquat (Envase 5 Lts)	7			mL/L
Lechuga	Requiem	3	5		mL/L
Lechuga	Sencor	1			mL/L
Lechuga	Sunfire	1			mL/L
Lechuga	Tagelis	5000			mL/L
Lechuga	Vivace	0.5			mL/L
Lechuga	Zytron	3			mL/L

Anexo H

Pesticidas utilizados en la producción de maíz dulce en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas			
		D1	D2	D3	
Maiz dulce	Atrazina	5			g/L
Maiz dulce	Bingo	0.5			g/L
Maiz dulce	Dipel	1			g/L
Maiz dulce	Lannate	33.75	50	100	g/L
Maiz dulce	Macron Xtra	0.583			g/L
Maiz dulce	Amistar	0.8			mL/L
Maiz dulce	Curyom	1			mL/L
Maiz dulce	Decis 10 Ec Litro	0.8	1		mL/L
Maiz dulce	Engeo	0.8			mL/L
Maiz dulce	Epingle 10Ec Litro	0.8	1	1.11	mL/L
Maiz dulce	Karate Zeon	1			mL/L
Maiz dulce	Muralla Delta 190	0.3125	1		mL/L
Maiz dulce	Sencor	1			mL/L
Maiz dulce	Zytron	3			mL/L

Anexo I

Pesticidas utilizados en la producción de zanahoria en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas			
		D1	D2	D3	
Zanahoria	Dipel	1			g/L
Zanahoria	Lannate	100	135		g/L
Zanahoria	Mirex 500 Grs	50	75		g/L
Zanahoria	Amistar	0.5	0.8	1	mL/L
Zanahoria	Aztrostar	0.8			mL/L
Zanahoria	Bravo Gold 550 Sc 1Lt.	1			mL/L
Zanahoria	Cinnalys	2			mL/L
Zanahoria	Curyom	1			mL/L
Zanahoria	Engeo	0.5			mL/L
Zanahoria	Exalt 6 C. 500 ML. (Frasco)	1			mL/L
Zanahoria	Fusilade 12.5 Ec	7			mL/L
Zanahoria	Inex	1			mL/L
Zanahoria	Karate Zeon	1			mL/L
Zanahoria	Luna Experience	0.8	1		mL/L
Zanahoria	Sencor	1	2.5	3	mL/L
Zanahoria	Vivace	0.5			mL/L
Zanahoria	Zytron	3			mL/L

Anexo J

Pesticidas utilizados en la producción de cebolla en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas			
		D1	D2	D3	
Cebolla	Fusilade 12.5 Ec	5			mL/L

Anexo K

Pesticidas utilizados en la producción de camote en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas			
		D1	D2	D3	
Camote	Amistar	1			g/L
Camote	Inex	1			mL/L

Anexo L

Pesticidas utilizados en labores de mantenimiento en olericultura extensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas			
		D1	D2	D3	
N/A	Atrazina	5			g/L
N/A	Lannate	100	135		g/L
N/A	Macron Xtra	0.5			g/L
N/A	Mirex 500 Grs	35			g/L
N/A	Bravo Gold 550 Sc 1Lt.	1			mL/L
N/A	Curyom	1			mL/L
N/A	Finish	5	7	10	mL/L
N/A	Fusilade 12.5 Ec	5	7		mL/L
N/A	Kabonim	0.17			mL/L
N/A	Lavax	7			mL/L
N/A	Paraquat (Envase 5 Lts)	5	7	10	mL/L
N/A	Prowl	5			mL/L
N/A	Resolver Plus	7	10		mL/L
N/A	Sencor	0.5	3		mL/L

Anexo M

Pesticidas utilizados en la producción de chile en olericultura intensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas					
		D1	D2	D3	D4	D5	
Chile	Aliete	2					g/L
Chile	Amistar	0.5					g/L
Chile	Bingo	0.5					g/L
Chile	Cabrio Top	2					g/L
Chile	Confidor Polvo 250 Grs	1					g/L
Chile	Lannate	0.7					g/L
Chile	Macron Xtra	0.6					g/L
Chile	Mega Ferti Azufre 1 Kg Sampolk	2.5	3	4	5		g/L
Chile	Nativo 75 Wg 400 Grs. (Sobre(0.5					g/L
Chile	Rescate 20 Sp 150 Grs	0.75					g/L
Chile	Trichozan	240					g/L
Chile	Abalone	1					mL/L
Chile	Amistar	0.8					mL/L
Chile	Bingo	0.5					mL/L
Chile	Bravo Gold 550 Sc 1Lt.	1					mL/L
Chile	Cerrojo	2					mL/L
Chile	Cinnalys	2	2.5	3	4		mL/L
Chile	Danitol 500 ML	1					mL/L
Chile	E-Codaoleo K Lt	5					mL/L
Chile	Engeo	0.5	0.8				mL/L
Chile	Exalt 6 C. 500 ML. (Frasco)	0.695	0.8				mL/L
Chile	Inex	0.25	1				mL/L
Chile	Instar	1					mL/L
Chile	Kabonim	5	6				mL/L
Chile	Kasumin	5					mL/L
Chile	Luna Experience	0.8	1				mL/L
Chile	Mimoten	5					mL/L
Chile	Oberon	0.8	1				mL/L
Chile	Paraquat (Envase 5 Lts)	7					mL/L
Chile	Pegasus.	0.8	1				mL/L
Chile	Plural	2					mL/L
Chile	Prevalor 84	2					mL/L
Chile	Preza 10 Od	1					mL/L
Chile	Requiem	5					mL/L
Chile	Sivanto SI200	1					mL/L
Chile	Stoker	0.8					mL/L
Chile	Torch	0.8	1				mL/L
Chile	Vertimec	0.8	1				mL/L

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas					
		D1	D2	D3	D4	D5	
Chile	Vivace	0.5					mL/L
Chile	Vydate	4	5				mL/L
Chile	Zytron	2.5	5	6.5	7.5		mL/L

Anexo N

Pesticidas utilizados en la producción de tomate en olericultura intensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas					
		D1	D2	D3	D4	D5	
Tomate	Aliete	2					g/L
Tomate	Amistar	0.5					g/L
Tomate	Bingo	0.5					g/L
Tomate	Buster	3					g/L
Tomate	Cabrio Top	2					g/L
Tomate	Lannate	0.7					g/L
Tomate	Macron Xtra	0.6					g/L
Tomate	Mega Ferti Azufre 1 Kg Sampolk	2.5	3	4	5		g/L
Tomate	Nativo 75 Wg 400 Grs. (Sobre(0.5	0.8				g/L
Tomate	Rescate 20 Sp 150 Grs	0.75					g/L
Tomate	Abalone	1					mL/L
Tomate	Amistar	0.8					mL/L
Tomate	Bingo	0.5					mL/L
Tomate	Bravo Gold 550 Sc 1Lt.	1					mL/L
Tomate	Cerrojo	2					mL/L
Tomate	Cinnalys	2.5	3	4			mL/L
Tomate	E-Codaoleo K Lt	5					mL/L
Tomate	Engeo	0.5	0.8	1			mL/L
Tomate	Exalt 6 C. 500 ML. (Frasco)	0.695	0.8				mL/L
Tomate	Inex	0.25	1				mL/L
Tomate	Instar	1					mL/L
Tomate	Kabonim	5	6				mL/L
Tomate	Kasumin	3	5				mL/L
Tomate	Luna Experience	0.8	1				mL/L
Tomate	Mimoten	5					mL/L
Tomate	Oberon	0.8	1				mL/L
Tomate	Paraquat (Envase 5 Lts)	7					mL/L
Tomate	Pegasus.	0.8	1				mL/L
Tomate	Plural	2					mL/L
Tomate	Prevalor 84	2					mL/L
Tomate	Preza 10 Od	1					mL/L
Tomate	Regent	1					mL/L
Tomate	Requiem	5					mL/L
Tomate	Sivanto SI200	1					mL/L
Tomate	Stoker	0.8					mL/L
Tomate	Torch	0.8	1				mL/L
Tomate	Vertimec	0.5	0.8	1			mL/L
Tomate	Vivace	0.5					mL/L

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas					
		D1	D2	D3	D4	D5	
Tomate	Vydate	1	5				mL/L
Tomate	Zytron	3.5	4.5	5	5.5	8.5	mL/L

Anexo O

Pesticidas utilizados en labores de mantenimiento en olericultura intensiva (periodo 01/01/2023 – 01/06/2023)

Cultivo	Pesticida	Dosis utilizadas				
		D1	D2	D3	D4	D5
N/A	2-4-D	1				mL/L
N/A	Cinnalys	5				mL/L
N/A	Conquest	1				mL/L
N/A	Curyom	1				mL/L
N/A	Finish	7	10			mL/L
N/A	Instar	1				mL/L
N/A	Kabonim	4				mL/L
N/A	Lavax	10				mL/L
N/A	Paraquat (Envase 5 Lts)	7				mL/L
N/A	Resolver Plus	0.906				mL/L
N/A	Zytron	5				mL/L

Anexo P

Pesticidas de origen biológico utilizados en Zona 3

Unidad	Producto	Ingrediente activo
Extensiva	Cinnalys	Cinamaldehído
Extensiva	Dipel	<i>Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki</i>
Extensiva	E-Codaoleo K Lt	Sales potásicas de ácidos grasos
Extensiva	Kabonim	Azadiractina
Extensiva	Tagelis	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Extensiva	Tagelis	<i>Tagetes spp.</i>
Intensiva	Cinnalys	Cinamaldehído
Intensiva	E-Codaoleo K Lt	Sales potásicas de ácidos grasos
Intensiva	Kabonim	Azadiractina
Intensiva	Mimoten	<i>Mimosa tenuiflora</i>
Intensiva	Trichozam	<i>Trichodenna harzianum</i>

Anexo Q

Inventario total de ingredientes activos y familias químicas utilizadas en Zona 3

Ingrediente activo	Familia química
Cimoxanil	Acetamidas
Fluazifop-p-butil	Ariloxifenoxi-propionatos (FOP)
Abamectina	Avermectinas
Benzoato de emamectina	Avermectinas
Azufre	Azufre
Lufenuron	Benzoilurea
Dicloruro de paraquat	Bipiridilios
Mancozeb	Carbamatos
Methomyl	Carbamatos
Metiram	Carbamatos
Oxamil	Carbamatos
Propamocarb	Carbamatos
Pyraclostrobin	Carbamatos
Thiodicarb	Carbamatos
Chlorothalonil	Cloronitrilos
Cyantraniliprole	Diamidas
Pendimetalina	Dinitroanilinas
Azoxystrobin	Estrobilurinas
Trifloxistrobin	Estrobilurinas
Fipronil	Fenilpirazoles
Difenol hidroxibenceno	Fenoles
Ethephon	Fosfonatos
Clorhidrato de kasugamicina hidratado	Hexopiranosilos
Spiromesifen	Ketoenoles
Ciclanilida	Malonanilato
Azoxistrobina	Metoxi-acrilato
Pyraclostrobin	Metoxi-carbamatos
Acetamiprid	Neonicotinoides
Flupyradifurone	Neonicotinoides
Imidacloprid	Neonicotinoides
Tiametoxam	Neonicotinoides
2,4- Diclorofenoxiacético	Organoclorados
Glifosato	Organofosfonatos
Fosetyl-Al	Organofosforado
Profenofos	Organofosforado
Fluxapyroxad	Pirazolcarboxamidas
Deltametrin	Piretroides
Deltametrina	Piretroides
Fenpropatrin	Piretroides
Lambda-Cyhalothrin	Piretroides
Pyriproxyfen	Piridinas

Ingrediente activo	Familia química
Fluopiram	Piridinil-etil-benzamidas
Chlorfenapyr	Pirroles
Spinetoram	Spinosinas
Sulfluramida	Sulfonamidas
Sulfoxaflor	Sulfoximinas
Diafenthiuron	Tioureas
Atrazina	Triazinas
Metribuzina	Triazinonas
Difenoconazole	Triazoles
Tebuconazol	Triazoles
Tebuconazole	Triazoles

Anexo R

Clasificación por familia química de pesticidas utilizados en olericultura extensiva (periodo

01/01/2023 – 01/06/2023)

Tipo	Nombre	Ingrediente activo	Familia
Fungicida	Amistar	Azoxistrobina	Metoxi-acrilato
Fungicida	Amistar	Difenoconazole	Triazoles
Fungicida	Bravo Gold 550	Chlorothalonil	Cloronitrilos
Fungicida	Bravo Gold 550	Difenoconazole	Triazoles
Fungicida	Knight	Chlorothalonil	Cloronitrilos
Fungicida	Luna Experience	Fluopiram	Piridinil-etil-benzamidas
Fungicida	Luna Experience	Tebuconazol	Triazoles
Fungicida	Vivace	Fluxapyroxad	Pirazolcarboxamidas
Fungicida	Vivace	Pyraclostrobin	Carbamatos
Herbicida	Atrazina	Atrazina	Triazinas
Herbicida	Finish	Ethephon	Fosfonatos
Herbicida	Finish	Ciclanilida	Malonanilato
Herbicida	Fusilade 12.5 Ec	Fluazifop-p-butil	Ariloxifenoxi-propionatos (FOP)
Herbicida	Lavax	Dicloruro de paraquat	Bipiridilios
Herbicida	Paraquat (Envase 5 Lts)	Dicloruro de paraquat	Bipiridilios
Herbicida	Prowl	Pendimetalina	Dinitroanilinas
Herbicida	Resolver Plus	Glifosato	Organofosfonatos
Herbicida	Sencor	Metribuzina	Triazinonas
Insecticida	Aztrostar	Azoxystrobin	Estrobilurinas
Insecticida	Bingo	Acetamiprid	Neonicotinoides
Insecticida	Bingo	Benzoato de emamectina	Avermectinas
Insecticida	Cinnalys	Cinamaldehído	*Aromatico insaturado
Insecticida	Curyom	Profenofos	Organofosforado
Insecticida	Curyom	Lufenuron	Benzoilurea
Insecticida	Danitol 500 ML	Fenpropatrin	Piretroides
Insecticida	Decis 10 Ec Litro	Deltametrin	Piretroides
Insecticida	Dipel	<i>Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki</i>	*N/A
Insecticida	E-Codaoleo K Lt	Sales potásicas de ácidos grasos	*N/A
Insecticida	Engeo	Tiametoxam	Neonicotinoides
Insecticida	Engeo	Lambda-Cyhalothrin	Piretroides
Insecticida	Epingle 10Ec Litro	Pyriproxyfen	Piridinas
Insecticida	Exalt 6 C. 500 ML. (Frasco)	Spinetoram	Spinosinas
Insecticida	Kabonim	Azadiractina	*Limonoides
Insecticida	Karate Zeon	Lambda-Cyhalothrin	Piretroides
Insecticida	Lannate	Methomyl	Carbamatos
Insecticida	Macron Xtra	Benzoato de emamectina	Avermectinas
Insecticida	Mirex 500 Grs	Sulfluramida	Organoclorados
Insecticida	Muralla Delta 190	Imidacloprid	Neonicotinoides
Insecticida	Muralla Delta 190	Deltametrina	Piretroides

Tipo	Nombre	Ingrediente activo	Familia
Insecticida	Requiem	Tiametoxam	Neonicotinoides
Insecticida	Requiem	Lambda-Cyhalothrin	Piretroides
Insecticida	Sunfire	Chlorfenapyr	Pirroles
Insecticida	Zytron	Difenol hidroxibenceno	Fenoles
Nematicida	Tagelis	<i>Tagetes spp.</i>	*N/A
Nematicida	Tagelis	<i>Ascophyllum nodosum</i>	*N/A

* Corresponde a hongos entomopatógenos u extractos vegetales.

Anexo S

Clasificación por familia química de pesticidas utilizados en olericultura intensiva (periodo
01/01/2023 – 01/06/2023)

Tipo	Nombre	Ingrediente activo	Familia
Fungicida	Aliette	Fosetyl-Al	Organofosforado
Fungicida	Amistar	Azoxistrobina	Metoxi-acrilato
Fungicida	Amistar	Difenoconazole	Triazoles
Fungicida	Bravo Gold	Chlorothalonil	Cloronitilos
Fungicida	Bravo Gold	Difenoconazole	Triazoles
Fungicida	Buster	Cimoxanil	Acetamidas
Fungicida	Buster	Mancozeb	Carbamatos
Fungicida	Cabrio Top	Metiram	Carbamatos
Fungicida	Cabrio Top	Pyraclostrobin	Carbamatos
Fungicida	Kasumin	Clorhidrato de kasugamicina hidratado	Hexopiranosilos
Fungicida	Luna Experience	Fluopiram	Piridinil-etil-benzamidas
Fungicida	Luna Experience	Tebuconazol	Triazoles
Fungicida	Mega Ferti Azufre	Azufre	Azufre
Fungicida	Nativo 75 Wg	Tebuconazole	Triazoles
Fungicida	Nativo 75 Wg	Trifloxistrobin	Estrobilurinas
Fungicida	Prevalor 84	Fosetyl-al	Organofosforado
Fungicida	Prevalor 84	Propamocarb	Carbamatos
Fungicida	Trichozam	<i>Trichodenna harzianum</i>	*N/A
Fungicida	Vivace	Fluxapyroxad	Pirazolcarboxamidas
Fungicida	Vivace	Pyraclostrobin	Metoxi-carbamatos
Herbicida	2-4-D	2,4- Diclorofenoxiacético	Organoclorado
Herbicida	Finish	Ciclanilida	Malonanilato
Herbicida	Finish	Ethephon	Fosfonatos
Herbicida	Lavax	Dicloruro de paraquat	Bipiridilios
Herbicida	Paraquat (Envase 5 Lts)	Dicloruro de paraquat	Bipiridilios
Herbicida	Resolver Plus	Glifosato	Organofosfonatos
Insecticida	Abalone	Abamectina	Avermectinas
Insecticida	Bingo	Acetamiprid	Neonicotinoides
Insecticida	Bingo	Benzoato de emamectina	Avermectinas
Insecticida	Cerrojo	Imidacloprid	Neonicotinoides
Insecticida	Cerrojo	Thiodicarb	Carbamatos
Insecticida	Cinnalys	Cinamaldehído	*Aromatico insaturado
Insecticida	Confidor Polvo 250 Grs	Imidacloprid	Neonicotinoides
Insecticida	Conquest	Lambda-Cyhalothrin	Piretroides
Insecticida	Conquest	Tiametoxam	Neonicotinoides
Insecticida	Curyom	Lufenuron	Benzoilurea
Insecticida	Curyom	Profenofos	Organofosforado
Insecticida	Danitol 500 ML	Fenpropatrin	Piretroides
Insecticida	E-Codaoleo K Lt	Sales potásicas de ácidos grasos	*N/A

Tipo	Nombre	Ingrediente activo	Familia
Insecticida	Engeo	Lambda-Cyhalothrin	Piretroides
Insecticida	Engeo	Tiametoxam	Neonicotinoides
Insecticida	Exalt 6 C. 500 ML. (Frasco)	Spinetoram	Spinosinas
Insecticida	Instar	Abamectina	Avermectinas
Insecticida	Kabonim	Azadiractina	*Limonoides
Insecticida	Lannate	Methomyl	Carbamatos
Insecticida	Macron Xtra	Benzoato de emamectina	Avermectinas
Insecticida	Mimoten	<i>Mimosa tenuiflora</i>	*N/A
Insecticida	Oberon	Spiromesifen	Ketoesoles
Insecticida	Pegasus.	Diafenthiuron	Tioureas
Insecticida	Plural	Imidacloprid	Neonicotinoides
Insecticida	Preza 10 Od	Cyantraniliprole	Diamidas
Insecticida	Regent	Fipronil	Fenilpirazoles
Insecticida	Requiem	Lambda-Cyhalothrin	Piretroides
Insecticida	Requiem	Tiametoxam	Neonicotinoides
Insecticida	Rescate 20 Sp 150 Grs	Acetamiprid	Neonicotinoides
Insecticida	Sivanto SI200	Flupyradifurone	Neonicotinoides
Insecticida	Stoker	Acetamiprid	Neonicotinoides
Insecticida	Torch	Sulfoxaflor	Sulfoximinas
Insecticida	Vertimec	Abamectina	Avermectinas
Insecticida	Vydate	Oxamil	Carbamatos
Insecticida	Zytron	Difenol hidroxibenceno	Fenoles

Nota. *Corresponde a hongos entomopatógenos u extractos vegetales.

Anexo T

Concentraciones de residualidad de pesticidas reportadas por Kammerbauer y Moncada (1998)

Compuesto	Procedencia de la muestra y concentración de contaminante			
	Agua de río (mg/kg)	Suelo (mg/kg)	Agua de lagunas (mg/kg)	Sedimentos (mg/kg)
Aldrin	0.010	0.006	N.D.	N.D.
Alfa-BHC	N.D.	N.D.	N.D.	0.033
Clordano total	0.050	0.113	0.034	N.D.
Clorpirifos	0.042	0.010	0.061	N.D.
DDT total	0.042	0.108	0.042	N.D.
Di-allete	N.D.	N.D.	N.D.	0.510
Dieldrin	0.027	0.011	0.011	0.003
Endosulfan*	0.064	N.D.	0.010	0.007
Heptacloro	N.D.	N.D.	N.D.	0.005
Oxadiazon	N.D.	0.040	N.D.	N.D.
Paration total	N.D.	0.087	0.058	N.D.
Propiconazol	N.D.	N.D.	0.422	N.D.
Quinometionato	N.D.	N.D.	N.D.	0.022

Nota. *No especifica el isómero de endosulfán identificado

Anexo U

Propiedades fisicoquímicas de los compuestos detectados en el laboratorio

Compuesto detectado	Formula química	Temperatura de solubilidad (°C)	Solubilidad en agua(mg/L)	Log(Kow)	Log(Koc)	C. Henry a 25 °C (atm*m3/mol)	Referencia
4,4-DDE	C14H8Cl4	25	0.12	6.51	4.7	2.1x10 ⁻⁵	(ATSDR, 2022b)
4,4-DDT	C14H8Cl5	25	0.025	6.91	5.18	8.3x10 ⁻⁶	(ATSDR, 2022b)
Aldrin	C12H8Cl6	20	0.011	6.5	7.67	4.9x10 ⁻⁵	(ATSDR, 2022a)
Alfa-BHC	C6H6Cl6	28	69.5	3.8	3.57	6.86x10 ⁻⁶	(ATSDR, 2023)
Beta-BHC	C6H6Cl6	N.D.	5	3.78	3.57	4.5x10 ⁻⁷	(ATSDR, 2023)
Delta-BHC	C6H6Cl6	N.D.	10	4.14	3.8	2.1x10 ⁻⁷	(ATSDR, 2023)
Dieldrin	C12H8Cl6O	20	0.11	6.2	6.67	5.2x10 ⁻⁶	(ATSDR, 2022a)
Endosulfan I (alfa)	C9H6Cl6O3S	25	0.53	3.83	3.55	1.01x10 ⁻⁴	(ATSDR, 2015a)
Endosulfan II (beta)	C9H6Cl6O3S	25	0.28	3.62	4.1	1.91x10 ⁻⁵	(ATSDR, 2015a)
Endosulfan III (sulfato)	C9H6Cl6O4S	25	0.22	3.66	N.D.	N.D.	(ATSDR, 2015a)
Endrin cetona	C12H8Cl6O	N.D.	N.D.	4.99	N.D.	2.02x10 ⁻⁸	(ATSDR, 2021)
Gamma-BHC	C6H6Cl6	25	7.3	3.72	3.57	3.5x10 ⁻⁶	(ATSDR, 2023)
Heptacloro	C10H5Cl7	25	0.05	6.1	4.34	2.94x10 ⁻⁴	(ATSDR, 2007)
Heptacloro epóxido	C10H5Cl7O	25	0.275	5.4	3.34 - 4.37	3.2x10 ⁻⁵	(ATSDR, 2007)
Hexaclorobenceno	C6Cl6	25	0.0062	5.73	6.08	5.8x10 ⁻⁴	(ATSDR, 2015b)
Metoxicloro	C16H15Cl3O2	25	0.045	4.68 – 5.08	4.9	1.6x10 ⁻⁵	(ATSDR, 2002b)