



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de INGENIERÍA AMBIENTAL

“META-ANÁLISIS DE LA RESIDUALIDAD DE PARATIÓN Y MALATIÓN EN SUELOS AGRÍCOLAS”

Tesis para optar el título profesional de

Ingeniera Ambiental

Autor:

Karen Janina Vargas Chalan

Asesor:

Dr. Sc. Irma Geralda Horna Hernández
<https://orcid.org/0000-0003-3961-0933>

Cajamarca – Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Sara Esther García Alva	26615951
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	Marieta Eliana Cervantes Peralta	29425048
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	Maryuri Yohana Vega Eras	40731433
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

DEDICATORIA

Dedicado principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A todas las personas que me apoyaron y han hecho que este trabajo se realice con éxito.

AGRADECIMIENTO

A mis docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación profesional, de manera especial, a mi asesora Dra. Sc. Irma Geralda Horna Hernández, por su acompañamiento y guía durante el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR-----	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Marco teórico	11
a. Antecedentes	11
b. Bases teóricas	15
c. Definición de términos básicos.....	18
1.3. Formulación del problema	19
1.4. Justificación	19
1.5. Limitaciones.....	20

1.6. Objetivos	20
1.6.1. Objetivos Específicos	20
1.7. Hipótesis	21
1.7.1. Hipótesis específicas	21
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	22
2.1. Tipo de investigación.....	22
2.2. Variables del estudio.....	22
2.3. Población y Muestra	23
2.4. Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos	26
2.5. Análisis de datos	28
2.6. Aspectos éticos.....	28
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	29
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	45
4.1. Discusión.....	45
4.2. Conclusiones	47
REFERENCIAS.....	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de los plaguicidas según su origen químico y características</i>	15
Tabla 2 <i>Clasificación de los plaguicidas según su función</i>	16
Tabla 3 <i>Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad</i>	16
Tabla 4 <i>Variables del estudio</i>	23
Tabla 5 <i>Muestra del estudio</i>	25
Tabla 6 <i>Residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas</i>	29
Tabla 7 <i>Contraste de la residualidad de Paratión y Malatión con el Clima</i>	32
Tabla 8 <i>Relación de la residualidad de Paratión y Malatión con el clima</i>	33
Tabla 9 <i>Contraste de la residualidad de Paratión y Malatión con el pH del Suelo</i>	34
Tabla 10 <i>Relación de la residualidad de Paratión y Malatión con el pH del suelo</i>	37
Tabla 11 <i>Contraste de la residualidad del Paratión y Malatión con la textura del Suelo</i>	38
Tabla 12 <i>Relación de la residualidad de Paratión y Malatión con el tipo de suelo</i>	40
Tabla 13 <i>Contraste de la residualidad del Paratión y Malatión con el contenido de materia orgánica del Suelo</i>	41
Tabla 14 <i>Relación de la residualidad de Paratión y Malatión con la materia orgánica del suelo</i>	43
Tabla 15 <i>Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk</i>	53
¡Error! Marcador no definido.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Proceso selección de estudios aplicando los criterios de inclusión y exclusión....</i>	24
Figura 2 <i>Residualidad de Paratión y Malatión comparados con otros autores.....</i>	31
Figura 3 <i>Contraste de la residualidad del Paratión y Malatión con el clima</i>	33
Figura 4 <i>Contraste de la residualidad del Paratión y Malatión con el pH del suelo.....</i>	36
Figura 5 <i>Contraste del Paratión y Malatión con la textura del suelo</i>	40
Figura 6 <i>Contraste de la residualidad de Paratión y Malatión con el contenido de materia orgánica del suelo.....</i>	43

RESUMEN

El paratión y malatión son plaguicidas organofosforados sintéticos de amplio uso en la agricultura, estos compuestos químicos son altamente tóxicos, su uso excesivo ha causado gran deterioro en los ecosistemas y la salud humana. La contaminación del suelo por residuos de plaguicidas se ha convertido en un problema de creciente preocupación debido a la alta persistencia en el suelo de algunos pesticidas y toxicidad para especies no objetivo. Esta investigación tuvo como objetivo general, analizar la incidencia de casos donde se presenta residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas. El presente estudio se realizó mediante una revisión de la literatura científica, llevando a cabo una búsqueda en bases de datos: Scopus, Dialnet y Google Académico, utilizando límites temporales: estudios publicados a partir del año 2000, idioma: español y estudios empíricos; las limitaciones que se tuvieron fue la escasez de estudios de investigación sobre el tema y que existen softwares para el desarrollo de Meta-análisis, pero que están diseñados especialmente para la medicina, lo que resulta poco flexibles para otros usos. Los resultados de la residualidad de paratión y malatión de las investigaciones arrojaron resultados entre 0,03 mg/kg a 0,24 mg/kg; 0,01 a 0,12 mg/kg para paratión y malatión respectivamente. Así mismo, se concluye que la dispersión y persistencia de estas sustancias en los suelos agrícolas dependen de las características de estos, las condiciones climáticas y las propiedades físico químicas de los plaguicidas.

Palabras clave: Paratión, Malatión, Plaguicidas, Suelos Agrícolas, Residualidad, Contaminación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 50 años la producción agrícola a nivel mundial ha incrementado considerablemente basada en la utilización excesiva de sustancias químicas, y es así que la agricultura convencional se convirtió en una de las actividades humanas que ocasionan mayores efectos negativos sobre el ambiente, porque prioriza el crecimiento económico, sin tomar en cuenta la distribución de recursos, ni los costos sociales y ambientales (Altieri, 1995).

Los impactos ambientales más importantes de la agricultura moderna repercuten sobre: la calidad del suelo, provocando su erosión, salinización y pérdida de biodiversidad; sobre la calidad del agua, contaminando y agotando los acuíferos; sobre los hábitats de vida silvestre y el paisaje debido a una deforestación sin control y un incorrecto uso del suelo; y sobre el aire a causa de la generación de gases de efecto invernadero (OECD, 2003).

Los plaguicidas, además de contribuir a mejorar las condiciones económicas, de salud y alimenticias, han originado problemas de contaminación ambiental generando un gran impacto ecológico puesto que pueden originar la extinción de especies útiles, la aparición y proliferación de plagas resistentes, además de generar potenciales riesgos para el ambiente. Una vez estos aplicados tienen un impacto sobre todos los componentes y fases del ambiente; llegan al aire, suelo y agua afectando todas las formas de vida puesto que no son específicos y afectan a muchas especies que no son objetivos de su aplicación (Muñiz, 2021).

Por lo general el 80% de plaguicidas aplicados a los cultivos en el campo con equipo convencional llega al suelo, esto puede ocurrir por derrames del producto, por lavado de equipo o por lavado de follaje. También hay plaguicidas que son aplicados directamente al suelo por la biología del organismo que controlan, y en este caso, el 100% del producto queda en este medio. Entonces se puede decir que el suelo es el medio físico que recibe la mayor cantidad de plaguicida aplicado (Cardoza, 1996); por lo que se creyó conveniente analizar la incidencia de casos donde se presenta residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas.

1.1. Realidad problemática

La agricultura es una de las actividades productivas más importantes y tiene un gran valor social y cultural, por lo que, el uso de plaguicidas se viene incrementando con la finalidad de obtener mayor rendimiento por área cultivada, combatiendo así a las diversas plagas que pueden perjudicar los cultivos. Desde la antigüedad se ha evidenciado que el uso de plaguicidas sirve como base fundamental para ayudar a combatir las plagas que afectan a los cultivos de la agricultura, sin tener en cuenta que su uso excesivo genera daños irreversibles en el suelo debido a que disminuye los nutrientes que la planta necesita para su desarrollo, causando infertilidad del terreno (Melendez, 2020). Esto se ha convertido en un problema de creciente preocupación sumando a ello también. la alta persistencia en el suelo de estos y toxicidad para especies no objetivo.

En los últimos años en el Perú se empezó a dar importancia a la protección y conservación del recurso suelo, en el año 2013 se publicaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, sin embargo, dicha Resolución Ministerial contemplaba ECA para suelo agrícola para 4 plaguicidas Organoclorados: DDT, Heptacloro, Endrín y Aldrín, pero no contemplaba ECA para plaguicidas Organofosforados. Sin embargo, a la fecha los ECA han sido modificados y no consideran valores para ningún tipo de plaguicida (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM).

1.2. Marco teórico

a. Antecedentes

Thapar et al. (2006); en Degradación de Plaguicidas Organofosforados y Carbonatos en Suelo: Determinación por HPLC, analizó la residualidad de compuestos organofosforados en suelos agrícolas, para lo cual realizó una toma de muestras de suelo, mezclándolas para hacer muestras integradas. Se analizó mediante cromatografía, el estudio tuvo la finalidad de revelar la residualidad de los compuestos como, carbaril, carbofuran, Malatión y Paratión,

teniendo así las siguientes concentraciones para Malatión 0,21 mg/kg y 0,12 mg/kg para Paratión.

Por otro lado, Resabala (2013); en Evaluación de la Banana Ecuatoriana de acuerdo con Estándares Internacionales de Seguridad Alimentaria, para Garantizar su Certificación y Fortaleza Competitiva, realizó un muestreo aplicado en estratos en áreas de cosecha que corresponden a las provincias exportadoras de banano en el Ecuador. Se analizaron 16 muestras; aplicando el método de cromatografía, cuyos resultados reportan la presencia de fungicidas y plaguicidas de post cosecha, siendo 0,05mg/kg y 0,10 mg/kg los valores de concentración el suelo para Paratión y Malatión respectivamente.

Illescas y López (2020); en su Proyecto de Investigación y Desarrollo: Evaluación de suelos contaminados por descargas de aguas post cosecha de la Producción Bananera en la Finca San Jacinto, que tuvo como objetivo evaluar la presencia o ausencia de plaguicidas organofosforados en suelos empleando la técnica de método de detección cromatografía, arrojó los siguientes resultados para Malatión y Paratión 0,12 mg/kg y 0,09 mg/kg respectivamente.

Moreira y Vera (2016); en su investigación: Contaminación por agroquímicos en el cultivo de tomate en las comunidades: Guabital y Las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, tuvo como objetivo evaluar la presencia de residuos de componentes agroquímicos en dos comunidades de Ecuador aplicando la técnica de cromatografía. Los índices de residuos de agroquímicos organofosforados encontrados en la muestra de suelo agrícola son los siguientes: Paratión 0,01 mg/kg y Malatión 0,03 mg/kg.

García (2020); en su trabajo de Investigación desarrollado en Cantón El Triunfo – Ecuador, tras muestrear el suelo y analizar las muestras por cromatografía de gases, nos precisa los siguientes resultados: Paratión 0,08 mg/kg y Malatión 0,6 mg/kg.

García (2015); en Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación y propuesta de un modelo productivo sostenible, tuvo como objetivo el análisis de la calidad del suelo mediante sus características físico químicas y la verificación de la presencia de plaguicidas en este empleando la técnica de cromatografía de gases, brindando los siguientes valores: Paratión 0,1 mg/kg y Malatión 0,02 mg/kg. Además, menciona que los pesticidas y sus productos de transferencia son retenidos por los suelos en diferentes grados, dependiendo de las interacciones entre el suelo y factores climatológicos. Lo más influyente son las características del suelo es el contenido de materia orgánica. Cuanto mayor sea el contenido de materia orgánica, mayor es la adsorción de pesticidas y productos de transferencia.

Andrade et al. (2005); en su artículo: Influencia del manejo agrícola intensivo en la contaminación del suelo, menciona que la acumulación de plaguicidas en los suelos se debe principalmente a la antigüedad y a la persistencia en el uso de estos productos. Se muestreó el entorno hortícola de Bahía Blanca – Argentina y se analizó el contenido de plaguicidas organofosforados. El contenido de Malatión y Paratión se analizó y determinó por extracción y fraccionamiento con diferentes disolventes usando un cromatógrafo de gases, dando como resultado Paratión 0,4 mg/kg y Malatión 0,08 mg/kg.

Ramírez et al. (2016); en: Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del Municipio José María Vargas, Táchira - Venezuela, que tuvo como objetivo el análisis de manera simultánea de residuos de siete plaguicidas organofosforados mediante el desarrollo y validación de una metodología que permite la valoración, en muestras de suelos recolectadas de parcelas dedicadas a la agricultura, para determinar la presencia y los niveles de una serie de estos plaguicidas en muestras reales del Municipio José María Vargas, Táchira (Venezuela); nos indica la siguiente residualidad 0,31 mg/kg para Paratión y 0,71 mg/kg para Malatión. El análisis de las muestras se hizo mediante un cromatógrafo de gas

ThermoFinnigan modelo Trace GC equipado con un inyector Split/splitless, un detector selectivo de nitrógeno-fósforo (NPD) y un sistema de inyección automática modelo AI 3000, todo esto acoplado a un procesador con el software ChromQuest para el procesamiento de datos (integración de los picos y elaboración de curvas de calibración).

Montti y Visciglio (2018); en su estudio: Caracterización de la contaminación en la región del Embalse Salto Grande, tuvo como objetivo principal efectuar el monitoreo de plaguicidas en el Embalse de Salto Grande en muestras de suelo, agua, sólidos suspendidos y sedimentos. El muestreo fue efectuado por personal de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande. La metodología analítica involucró la extracción de los plaguicidas, organoclorados, organofosforados y de otras familias, de las diferentes matrices, los que se determinaron por cromatografía gaseosa con detectores selectivos e identificación por espectrometría de masa. Los valores de residualidad son 1,1 mg/kg y 0,73 mg/kg para Paratión y Malatión respectivamente.

Mojica y Guerrero (2010); en: Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido, nos indican que desarrollaron un método multiresiduo para la determinación de diferentes tipos de plaguicidas en suelos. Los plaguicidas fueron determinados por cromatografía de gases con detección por microcaptura de electrones (μ -ECD) y nitrógeno fósforo (NPD), arrojando así una cantidad de residualidad de 1,59 mg/kg para Paratión y 0,27 mg/kg para Malatión.

Según Hernández et al (2003); en: Establecimiento de términos de carencia de plaguicidas en diferentes cultivos, se estudiaron las cinéticas de disipación de los plaguicidas comúnmente utilizados, los análisis se llevaron a cabo usando la cromatografía, teniendo así los siguientes resultados para Paratión y Malatión 0,06 mg/kg y 0,49 mg/kg, respectivamente.

Para Donézar (1995); los factores de residualidad están relacionados con el medio ambiente como son: la temperatura, que favorece la acción bacteriana, por ende, la velocidad

de degradación; la pluviosidad, que determina la humedad y el lavado de las sustancias; y su conjunto, que determina la densidad de la cubierta vegetal, cuya acción degradante también puede ser importante.

Cabe recalcar que, para la presente investigación, no existen estudios previos de meta-análisis para definir la residualidad de Paratión y Malatión.

b. Bases teóricas

Plaguicidas: según la definición de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), son sustancias o mezcla de sustancias para prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo vectores de enfermedad humana o animal, especies indeseadas de plantas o animales capaces de causar daños a la producción, o que pueden ser administrados a los animales para el control de insectos, arácnidos u otras plagas en sus organismos. Los plaguicidas se clasifican según su origen químico y sus características detallados en la Tabla 01.

Tabla 1

Clasificación de los plaguicidas según su origen químico y características.

Tipo	Características
Inorgánicos	Fabricados a partir de metales como cobre, plomo, arsénico.
Vegetales	Extraídos de diversas partes vegetales, como las piretrinas.
Organosintéticos	Sintetizados por el hombre en el laboratorio (organoclorados, organofosforados, carbamatos).
Microorganismos vivos	Virus, bacterias y hongos utilizados en el control biológico de plagas.

Según su función, los plaguicidas se clasifican en: insecticidas, fungicidas, herbicidas y rodenticidas. En la tabla 02, se presenta la clasificación de los insecticidas:

Tabla 2

Clasificación de los plaguicidas según su función.

Organoclorados	Endrín, DDT, lindano, toxafeno.
Organofosforados	Paratión, clorpyrifos, diazinon, diclorvos, malatión, dimetoato.
Carbamatos	Aldicarb, carbofuran, propoxur, carbaril.
Pieretrinas y piretroides	Resmetrina, bioresmetrina, aletrina, decametrina, permetrina.
Otros	Ivermectina.

La Tabla 03 describe la clasificación de los plaguicidas de acuerdo a las características de persistencia.

Tabla 3:

Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad.

Persistencia	Vida Media	Ejemplos
No persiste	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarillo, diametrín
Moderadamente persistente	De 1 a 18 meses	Paratión, lannate
Persistente	De varios meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín
Permanente	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico

Nota. Ramírez y Lascaña, (2001)

Organofosforados: Los organofosforados representan la tercera parte de los plaguicidas usados en la agricultura Chambers (1992); su estructura química consiste en esteres fosfatos fácilmente hidrolizables y forman parte de los insecticidas "de contacto" al absorberse por intermedio de los lípidos del caparazón de los insectos (Benedico, 2002).

Paratión: potente insecticida y acaricida extremadamente tóxico, tiene una adsorción moderada en el suelo, y es rápidamente degradado. Sin embargo, podría tener lugar la

lixiviación a aguas subterráneas en suelos expuestos a grandes cantidades del plaguicida tal como en un derrame accidental o la acumulación de residuos, en particular, en suelos con baja capacidad de adsorción (EPA, 1984).

Malatión: Según (Cordoba, 2001), el Malatión es un insecticida organofosforado catalogado toxicológicamente en la categoría III de la EPA (ligeramente tóxico). Su inespecificidad hace que resulte tóxico y letal para la mayor parte de los insectos. Este efecto indeseado disminuye la biodiversidad y crea condiciones para la aparición de otras plagas (EPA, 2000).

La vida media del Paratión y Malatión es de unas semanas, cabe mencionar que el Paratión puede llegar a bioacumularse en forma de Paraoxón, el cual es más persistente que su precursor (Alpuche, 1990).

Técnicas Analíticas para la detección de Plaguicidas:

Para el de análisis de contaminantes orgánicos fundamentalmente se emplean las técnicas cromatográficas, destacando las aplicaciones de la cromatografía de gases y de líquidos (García & Pérez, 2012).

A. Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)

Los estudios medioambientales emplean este método por su amplia versatilidad en la detección de la mayor parte de los contaminantes analizados por cromatografía de líquidos. Sin embargo, presenta una limitada sensibilidad y selectividad cuando las muestras medioambientales son complejas y los contaminantes se encuentran a niveles traza (García & Pérez, 2012).

B. Cromatografía de Gases (GC)

Es la técnica cromatográfica más extensamente aplicada y con mayor versatilidad en el análisis de contaminantes ambientales, sin embargo, su

aplicación se ve altamente limitada por la ausencia de volatilidad de muchos compuestos y/o la inestabilidad térmica que presenten (García & Pérez, 2012)

c. Definición de términos básicos.

Residualidad:

La residualidad es un resultado de diversos factores, como la forma y sitio de aplicación, dosis, grado de infestación de la plaga y nivel de control o riesgo, exposición a microorganismos y materia orgánica. (García, 1993)

Suelo:

Echarri (1998) señala que el suelo es una parte fundamental de los ecosistemas terrestres debido a que contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan, y en él se apoyan y nutren las plantas y otros organismos.

El suelo es un ecosistema complejo en el que conviven diversas poblaciones de animales, vegetales y microorganismos, que por medio de procesos químicos y biológicos mantienen un equilibrio dinámico. La aplicación de los plaguicidas es una de las causas que alteran ese equilibrio y aceleran su degradación (Sánchez y Sánchez, 1984).

Se lo considera un recurso altamente vulnerable debido a las diferentes actividades sociales y económicas que acoge, su sobreutilización por actividades como la agricultura y ganadería pueden llegar a afectarlo irreversiblemente, por lo que su conservación es responsabilidad del ser humano (Silva y Correa, 2009).

Contaminación Ambiental:

Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente. (Glosario Ambiental, p. 188)

pH:

Propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas, en los suelos el pH es una propiedad química de mucha importancia porque indica que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, que es de donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes (Osorio, 2012). El pH es un parámetro que indica la concentración de iones de hidrógeno, actúa facilitando el almacenamiento o liberación de los presentes en el suelo.

Materia orgánica:

La materia orgánica es la transformación que sufren los restos vegetales y animales en el suelo, esto puede ocurrir bajo acción directa de las precipitaciones atmosféricas o de la reacción ácida o básica del suelo, del viento, de los cambios de temperatura, etc. (Silva, 1998).

El contenido de material orgánico es la biomasa potencial para la degradación de los compuestos (Kerle, 2007)

1.3. Formulación del problema

¿Existen casos de residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas?

1.4. Justificación

Los plaguicidas son utilizados ampliamente en todo el mundo y la exposición a éstos sigue siendo un importante problema de ambiental (Bortoli et al., 2009), representan una de las familias de productos químicos más empleadas por el hombre, para el control de plagas agrícolas y su aplicación se considera la medida más aceptada y efectiva para lograr la máxima producción y la mayor calidad de los cultivos. Sin embargo, el uso frecuente e intenso de plaguicidas encaminado a proteger los cultivos agrícolas, causan al mismo tiempo impactos al ambiente.

La contaminación del suelo por plaguicidas es el problema más grave de la agricultura actual. El problema se agrava cuando el plaguicida ha quedado en el suelo y es transportado hacia los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación entrando en contacto con una amplia gama de organismos (Sánchez, 2008).

La justificación de la presente investigación radica en la importancia del suelo, ya que, este alberga la cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta. La expansión de la agricultura y el uso desmedido de plaguicidas ha provocado pérdidas de hábitats naturales, por lo que es importante conocer si existen casos de residualidad de paratión y malatión en suelos, esto nos permitirá saber cuál es el grado de afectación y repercusiones que traerán consigo, así mismo, en base a ello podemos evitar algunos daños irreversibles y dar posibles soluciones. Además, la falta de estudios en el tema fue lo que impulsó a realizar esta investigación

1.5. Limitaciones

La principal limitación que se tuvo fue la escasez de estudios de investigación sobre el tema. Otra de las limitaciones que se tuvo, fue que existen softwares para el desarrollo de Meta-análisis, pero que están diseñados especialmente para la medicina (estudios de ensayos clínicos), lo que resulta poco flexibles para otros usos (González et al., 2011); razón por la cual se usó el software estadístico SPSS V25, que tiene la ventaja de trabajar con grandes bases de datos y presenta una interfaz sencilla para la mayoría de los análisis (Pacheco et al., 2020).

1.6. Objetivos

Analizar la incidencia de casos donde se presenta residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas.

1.6.1. Objetivos Específicos

- ✓ Definir los factores que influyen en la residualidad de paratión y malatión

- ✓ Determinar la relación del clima con la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.
- ✓ Determinar la relación del pH del suelo con la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.
- ✓ Determinar la relación de la textura del suelo con la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.
- ✓ Determinar la relación del contenido de materia orgánica del suelo con la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.

1.7. Hipótesis

Existen casos donde se presenta residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas.

1.7.1. Hipótesis específicas

- ✓ Los factores que influyen en la residualidad de Paratión y Malatión son el clima, pH, tipo de suelo y la materia orgánica.
- ✓ Existe una relación significativa entre el clima y la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.
- ✓ Existe una relación significativa entre el pH del suelo y la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.
- ✓ Existe una relación significativa entre la textura del suelo y la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.
- ✓ Existe una relación significativa entre el contenido de materia orgánica del suelo y la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente estudio es una investigación de tipo cuantitativa, pues evidencia análisis numérico y el uso de técnicas estadísticas. Al respecto, según Pita Fernández (2002), este tipo de investigación es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre las variables (p.1). De igual forma, se considera también a esta investigación como un meta-análisis, ya que es un tipo de investigación científica que tiene como propósito integrar de forma objetiva y sistemática los resultados de estudios empíricos, analizándolos a través de técnicas estadísticas. (Meca, 2010)

El nivel de investigación es correlacional, ya que se analizará la relación entre variables. Al respecto, según Mousalli-Kayat (2015), las investigaciones correlacionales buscan establecer la intensidad y el sentido de la relación entre dos variables, si aumenta que pasa con la otra o si una disminuye que pasa con la otra, por lo general se habla de dos variables, pero pueden analizarse asociaciones entre dos o más (p.17)

El diseño de investigación es no experimental-transversal, ya que es un estudio que recolecta los datos en un solo momento, en un tiempo único. Su intención es describir o caracterizar el fenómeno, a través de las variables, en un momento dado (Mousalli-Kayat, 2015)

2.2. Variables del estudio

Las variables del estudio se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4

Variables del estudio.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Dependiente	Residualidad de Paratión	mg/kg
Residualidad de Paratión y Malatión	Residualidad de Malatión	mg/kg
Independiente	Clima	°C
Factores determinantes	pH	
	Textura del suelo	
	Materia orgánica	%

Nota. Clasificación de variables de estudio.

2.3. Población y Muestra

Población:

La población referida en la presente investigación fueron los estudios publicados en las siguientes bases de datos: Scopus, Dialnet y Google Académico; que tuvieron como tema central la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas. Para la búsqueda se utilizaron las siguientes palabras clave: paratión, malatión, plaguicidas, suelos agrícolas, residualidad, contaminación; dando así una población de 41 estudios a los que se les aplicó los criterios de inclusión y exclusión.

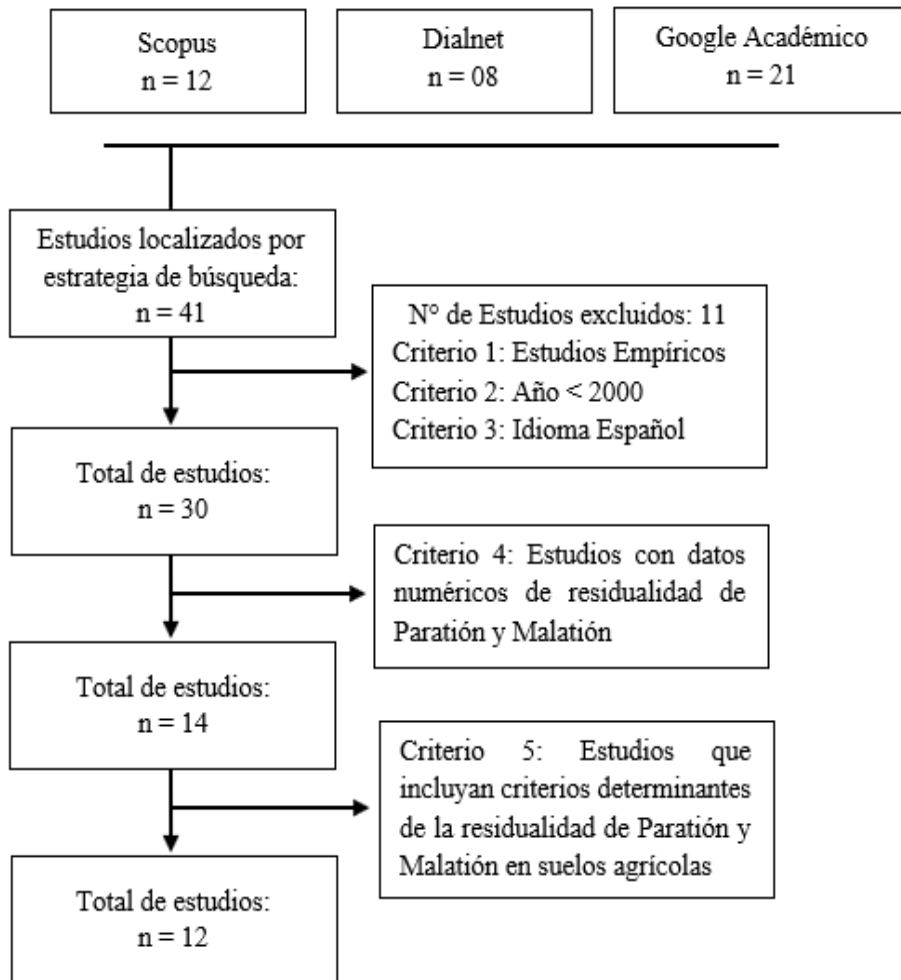
Criterios de Inclusión: diseño de investigación (experimental), estudios que proporcionan datos numéricos de residualidad de paratión y malatión, estudios que definan factores que conlleven a la residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas.

Criterios de Exclusión: se descartaron los estudios que no eran de tipo empírico, año de publicación < 2000 y los que no estaban en idioma español.

El proceso de selección de estudios aplicando los criterios de inclusión y exclusión para la presente investigación se especifican en la figura 1:

Figura 1

Proceso de selección de estudios aplicando los criterios de inclusión y exclusión.



Muestra:

Como muestra para la investigación luego de aplicados los criterios de inclusión y exclusión, se obtuvo un total de 12 estudios presentados en la Tabla 5.

Tabla 5

Muestra del estudio.

N°	Estudios revisados	Autores	Fuente
1	Degradación de Plaguicidas Organofosforados y Carbonatos en Suelo: Determinación por HPLC	Thapar, Bhushan, & Mathur (2006)	Artículo Científico
2	Evaluación de la Banana Ecuatoriana de acuerdo con Estándares Internacionales de Seguridad Alimentaria, para Garantizar su Certificación y Fortaleza Competitiva.	Resabala (2013)	Tesis
3	Evaluación de suelos contaminados por descargas de aguas post cosecha de la Producción Bananera en la Finca San Jacinto. Proyecto de Investigación y Desarrollo.	Illescas & López (2020)	Tesis
4	Contaminación por agroquímicos en agua suelo y fruto en el cultivo de tomate en las comunidades; Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, 2016.	Moreira & Vera (2016)	Tesis
5	Manejo y monitoreo y tratamiento de las descargas de aguas de la Bananera denominada "Supercompany S.A.	García (2020)	Artículo Científico
6	Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación y propuesta de un modelo productivo sostenible.	García S. (2015)	Tesis
7	Influencia del Manejo Agrícola intensivo en la contaminación del suelo.	Andrade, Fernández, & Alonso (2005)	Artículo Científico
8	Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del Municipio José María Vargas, Táchira - Venezuela.	Ramírez, Carbone, Vivas, & Vásquez (2016)	Artículo Científico
9	Caracterización de la Contaminación en la región del Embalse Salto Grande.	Montti & Visciglio (2018)	Artículo Científico
10	Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido.	Mojica & Guerrero (2010)	Artículo Científico
11	Establecimiento de Términos de carencia de plaguicidas en diferentes cultivos	Hernández, Caridad, & Llanes (2003)	Artículo Científico

N°	Estudios revisados	Autores	Fuente
12	Residualidad de plaguicidas en suelos dedicados al cultivo de banano dominico (musa spp.) en Tlapacoyan Veracruz y sus posibles efectos a la salud	Guzmán A. (2017)	Artículo Científico

2.4. Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos

Según Arias (2006), las técnicas de recolección de datos son las diferentes formas de obtener la información. Para la presente investigación se empleó la técnica de análisis documental que consistió en la identificación, recogida y análisis de documentos relacionados con el objetivo del estudio; y para el análisis de datos fue empleada la técnica estadística.

En cuanto a los instrumentos, el autor citado anteriormente menciona que son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Los instrumentos para el análisis documental de la presente investigación fueron fichas de recolección de datos (Excel), en donde se recopilaban los datos de los diferentes estudios, autores y otros elementos; mientras que, para la técnica estadística fueron los gráficos estadísticos

Para el desarrollo de la investigación se empleó la metodología de revisión sistemática. González (2014), menciona que la revisión sistemática es la búsqueda y evaluación crítica de todos los estudios de investigación que dan respuesta a una misma pregunta, claramente definida, que se realiza utilizando una metodología sistemática y explícita para identificar, seleccionar y evaluar críticamente las investigaciones relevantes; y, para recolectar y analizar los datos provenientes de los estudios incluidos en la misma. Esta metodología también engloba a la parte cuantitativa: meta-análisis. La investigación se realizó en 3 etapas:

Primera etapa: Se empezó por la formulación del problema, objetivos e hipótesis; luego se realizó la búsqueda de información general con el tema central de residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas en las siguientes bases de datos: Scopus, Dialnet y Google Académico. Para la búsqueda se utilizaron las

siguientes palabras clave: paratión, malatión, plaguicidas, suelos agrícolas, residualidad, contaminación. Seguidamente se establecieron los criterios de inclusión: diseño de investigación (experimental), estudios que proporcionan datos numéricos de residualidad de paratión y malatión, estudios que definan factores que conlleven a la residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas; y los criterios de exclusión: estudios que no eran de tipo empírico, año de publicación < 2000 y los que no estaban en idioma español.

Segunda Etapa: la selección inicial se realizó con una lectura rápida de cada uno de los estudios, se filtraron aquellos que proporcionaban datos numéricos de la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas. Se hizo una lista de los estudios potencialmente relevantes, los cuales se identificaron y seleccionaron, para finalmente conformar un listado de 14 títulos. De los 14 estudios, fueron descartados aquellos que no definían los factores que conlleva a una residualidad de paratión y malatión en suelos, quedando así un total de 12 estudios. Los datos numéricos de la residualidad de Paratión y Malatión y factores que conllevan a la misma, fueron tabulados en hojas de cálculo de Excel para luego ser procesados en el software estadístico SPSS V25, dónde se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar el tipo de estadística a utilizar; definiendo así, la estadística no paramétrica (coeficiente de Spearman) para realizar las correlaciones de las variables.

Tercera Etapa: por último, la correlación de variables utilizando el coeficiente de Spearman nos permitirá conocer el nivel de significancia entre la residualidad de paratión y malatión con cada uno de los factores determinantes de la misma. Luego de realizar dicho análisis estadístico, se realiza la discusión de resultados, dando lugar a las conclusiones sobre el meta-análisis realizado.

2.5. Análisis de datos

El análisis se realizó mediante análisis estadístico de los datos (Investigación Cuantitativa). Los datos numéricos de la residualidad de Paratión y Malatión, fueron tabulados en hojas de cálculo de Excel; así mismo, la metodología y resultados fueron presentados en tablas y diagramas de Pareto en donde se presentó información relevante para sistematizar los datos y conclusiones de la investigación.

Los datos estadísticos obtenidos han sido procesados en el software estadístico SPSS V25, dónde se ha realizado la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para determinar el tipo de estadística a utilizar (ANEXO 1), en este estudio, la prueba de normalidad indicó que la distribución de la muestra no es normal; por lo tanto, se decidió utilizar estadística no paramétrica (coeficiente de Spearman) para realizar las correlaciones de las variables.

2.6. Aspectos éticos

Los aspectos éticos para el presente trabajo de investigación están definidos de la siguiente forma: se ha elaborado con fuentes confiables y verídicas, asimismo, se respetó el derecho de los autores en cuanto a su autenticidad y acceso netamente abierto mediante las citas y referencias de acuerdo a la normativa APA 7ma edición.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Se analizó la incidencia de casos donde se presenta residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas, definiendo los resultados obtenidos de diferentes autores en la Tabla 6.

Tabla 6

Residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas.

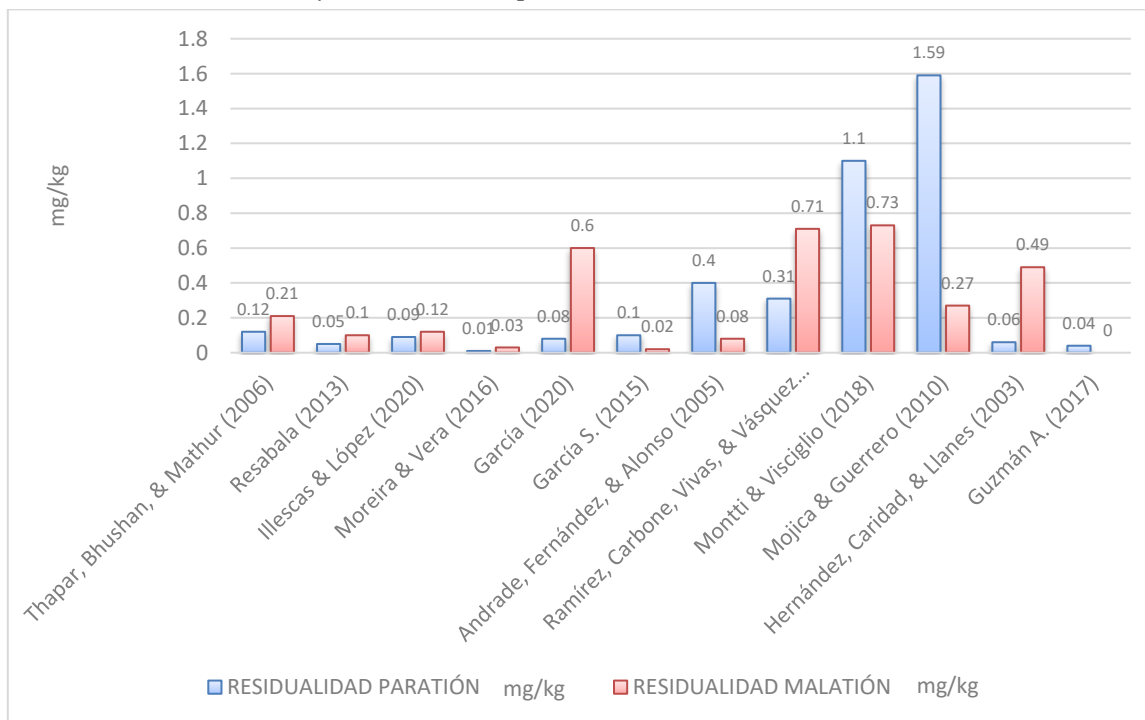
N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad	
			Paratión	Malatión
1	Degradación de Plaguicidas Organofosforados y Carbonatos en Suelo: Determinación por HPLC	Thapar, Bhushan, & Mathur (2006)	0,12 mg/kg	0,21 mg/kg
2	Evaluación de la Banana Ecuatoriana de acuerdo con Estándares Internacionales de Seguridad Alimentaria, para Garantizar su Certificación y Fortaleza Competitiva.	Resabala (2013)	0,05mg/kg	0,10 mg/kg
3	Evaluación de suelos contaminados por descargas de aguas post cosecha de la Producción Bananera en la Finca San Jacinto. Proyecto de Investigación y Desarrollo.	Illescas & López (2020)	0,09 mg/kg	0,12 mg/kg
4	Contaminación por agroquímicos en agua suelo y fruto en el cultivo de tomate en las comunidades; Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, 2016.	Moreira & Vera (2016)	0,01 mg/kg	0,03 mg/kg
5	Manejo y monitoreo y tratamiento de las descargas de aguas de la Bananera denominada "Supercompany S.A.	García (2020)	0,08 mg/kg	0,6 mg/kg
6	Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación de un modelo productivo sostenible.	García S. (2015)	0,1 mg/kg	0,02 mg/kg
7	Influencia del Manejo Agrícola intensivo en la contaminación del suelo.	Andrade, Fernández, & Alonso (2005)	0,4 mg/kg	0,08 mg/kg
8	Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del Municipio José María Vargas, Táchira - Venezuela.	Ramírez, Carbone, Vivas, & Vásquez (2016)	0,31 mg/kg	0,71 mg/kg

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad	
			Paratión	Malatión
9	Caracterización de la Contaminación en la región del Embalse Salto Grande.	Montti & Visciglio (2018)	1,1 mg/kg	0,73 mg/kg
10	Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido.	Mojica & Guerrero (2010)	1,59 mg/kg	0,27 mg/kg
11	Establecimiento de Términos de carencia de plaguicidas en diferentes cultivos	Hernández, Caridad, & Llanes (2003)	0,06 mg/kg	0,49 mg/kg
12	Residualidad de plaguicidas en suelos dedicados al cultivo de banano dominico (musa spp.) en Tlapacoyan Veracruz y sus posibles efectos a la salud	Guzmán A. (2017)	0,04 mg/kg	No se encontró

Nota. Residualidad de Paratión y Malatión en mg/kg de las investigaciones de cada autor.

En la Figura 2, se realizó una comparación con los estudios de Thapar et al. (2006), Resabala (2013), Illescas y López (2020), Moreira y Vera (2016), García (2020), García S. (2015), Andrade et al. (2005), Ramírez et al. (2016), Montti y Visciglio (2018), Mojica y Guerrero (2010), Hernández et al. (2003) y Guzmán (2017) de las residualidades de Paratión y Malatión en suelos agrícolas, determinando así que en los estudios: "Caracterización de la Contaminación en la región del Embalse Salto Grande" de Montti y Visciglio (2018) y "Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido" de Mojica y Guerrero (2010) se encuentran una mayor residualidad de ambos plaguicidas; 1,1 mg/kg de Paratión y 0,73 mg/kg de Malatión, y 1,59 mg/kg de Paratión y 0,27 mg/kg de Malatión respectivamente. El estudio que menores valores de residualidad presenta es el de Guzmán (2017) en "Residualidad de plaguicidas en suelos dedicados al cultivo de banano dominico (musa spp.) en Tlapacoyan Veracruz y sus posibles efectos a la salud" con valores de 0,04 mg/kg para Paratión y 0,0 mg/kg para Malatión.

Residualidad de Paratión y Malatión comparados con otros autores.



Según Upegui (2010); los factores que influyen en la residualidad o bio-disponibilidad de los plaguicidas en suelos agrícolas, se debe a las propiedades del suelo: pH, tipo de suelo (estructura, textura), contenido de materia orgánica y a los factores climatológicos como la temperatura.

En la Tabla 7, se muestran los contrastes de la residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas con los factores determinantes.

Contraste de la residualidad de Paratión y Malatión con el Clima.

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores Clima
			Paratión	Malatión	
1	Degradación de Plaguicidas Organofosforados y Carbonatos en Suelo: Determinación por HPLC	Thapar, Bhushan, & Mathur (2006)	0,12 mg/kg	0,21 mg/kg	28°C Pocas precipitaciones
2	Evaluación de la Banana Ecuatoriana de acuerdo con Estándares Internacionales de Seguridad Alimentaria, para Garantizar su Certificación y Fortaleza Competitiva.	Resabala (2013)	0,05mg/kg	0,10 mg/kg	23°C
3	Evaluación de suelos contaminados por descargas de aguas post cosecha de la Producción Bananera en la Finca San Jacinto. Proyecto de Investigación y Desarrollo.	Illescas & López (2020)	0,09 mg/kg	0,12 mg/kg	24°C
4	Contaminación por agroquímicos en agua suelo y fruto en el cultivo de tomate en las comunidades; Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, 2016.	Moreira & Vera (2016)	0,01 mg/kg	0,03 mg/kg	26.1°C
5	Manejo y monitoreo y tratamiento de las descargas de aguas de la Bananera denominada "Supercompany S.A.	García (2020)	0,08 mg/kg	0,6 mg/kg	23°C
6	Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación de un modelo productivo sostenible.	García S. (2015)	0,1 mg/kg	0,02 mg/kg	19°C
7	Influencia del Manejo Agrícola intensivo en la contaminación del suelo.	Andrade, Fernández, & Alonso (2005)	0,4 mg/kg	0,08 mg/kg	15°C Sequías Estacionales
8	Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del	Ramírez, Carbone, Vivas, &	0,31 mg/kg	0,71 mg/kg	18°C

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores
			Paratión	Malatión	Clima
	Municipio José María Vargas, Táchira - Venezuela.	Vásquez (2016)			
9	Caracterización de la Contaminación en la región del Embalse Salto Grande.	Montti & Visciglio (2018)	1,1 mg/kg	0,73 mg/kg	24°C
10	Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido.	Mojica & Guerrero (2010)	1,59 mg/kg	0,27 mg/kg	14°C
11	Establecimiento de Términos de carencia de plaguicidas en diferentes cultivos	Hernández, Caridad, & Llanes (2003)	0,06 mg/kg	0,49 mg/kg	27°C
12	Residualidad de plaguicidas en suelos dedicados al cultivo de banano dominico (musa spp.) en Tlapacoyan Veracruz y sus posibles efectos a la salud	Guzmán A. (2017)	0,04 mg/kg	No se encontró	18°C Altas Precipitaciones

Nota. Residualidad de Paratión y Malatión en mg/kg relacionado con el clima.

Figura 3

Contraste de la residualidad del Paratión y Malatión con el clima.

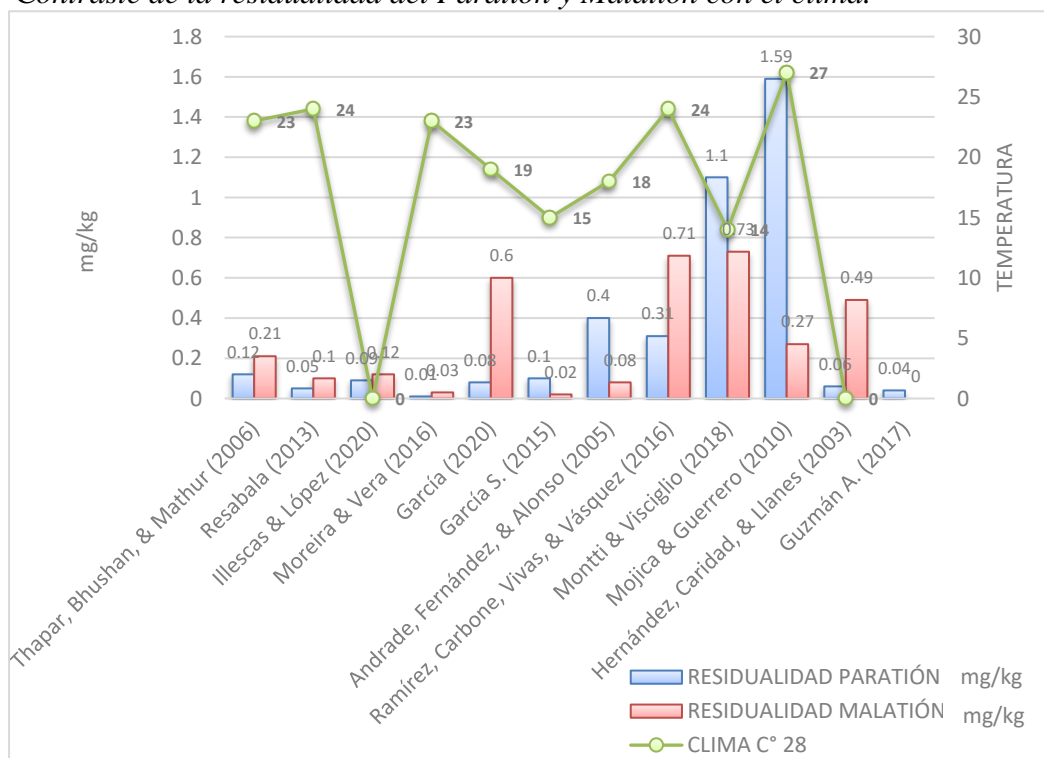


Tabla 8

Relación de la residualidad de Paratión y Malatión con el clima.

			Clima
Residualidad Paratión	de	Coefficiente de correlación Rho de Spearman	-,754**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	12
Residualidad Malatión	de	Coefficiente de correlación Rho de Spearman	-,693**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	12

Nota. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 8 se observa que la significancia para la relación de la residualidad del Paratión y la residualidad de Malatión con el clima es menor a 0.05; por lo tanto, se afirma que existe una relación estadísticamente significativa, en otras palabras, el coeficiente de Spearman es veraz y logra medir la relación de las variables de estudio. El coeficiente de Spearman (-0.754) indica que existe una relación alta e inversa entre la residualidad de Paratión y el clima; mientras que, el coeficiente de Spearman (-0.693) indica que existe una relación moderada e inversa entre la residualidad de Malatión y el clima.

En este sentido, la significancia, el tipo y nivel de relación indican que a mayor temperatura los niveles de residualidad son menores.

Tabla 9

Contraste de la residualidad de Paratión y Malatión con el pH del Suelo.

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores pH suelo
			Paratión	Malatión	
1	Degradación de Plaguicidas Organofosforados y Carbonatos en Suelo: Determinación por HPLC	Thapar, Bhushan, & Mathur (2006)	0,12 mg/kg	0,21 mg/kg	5.4

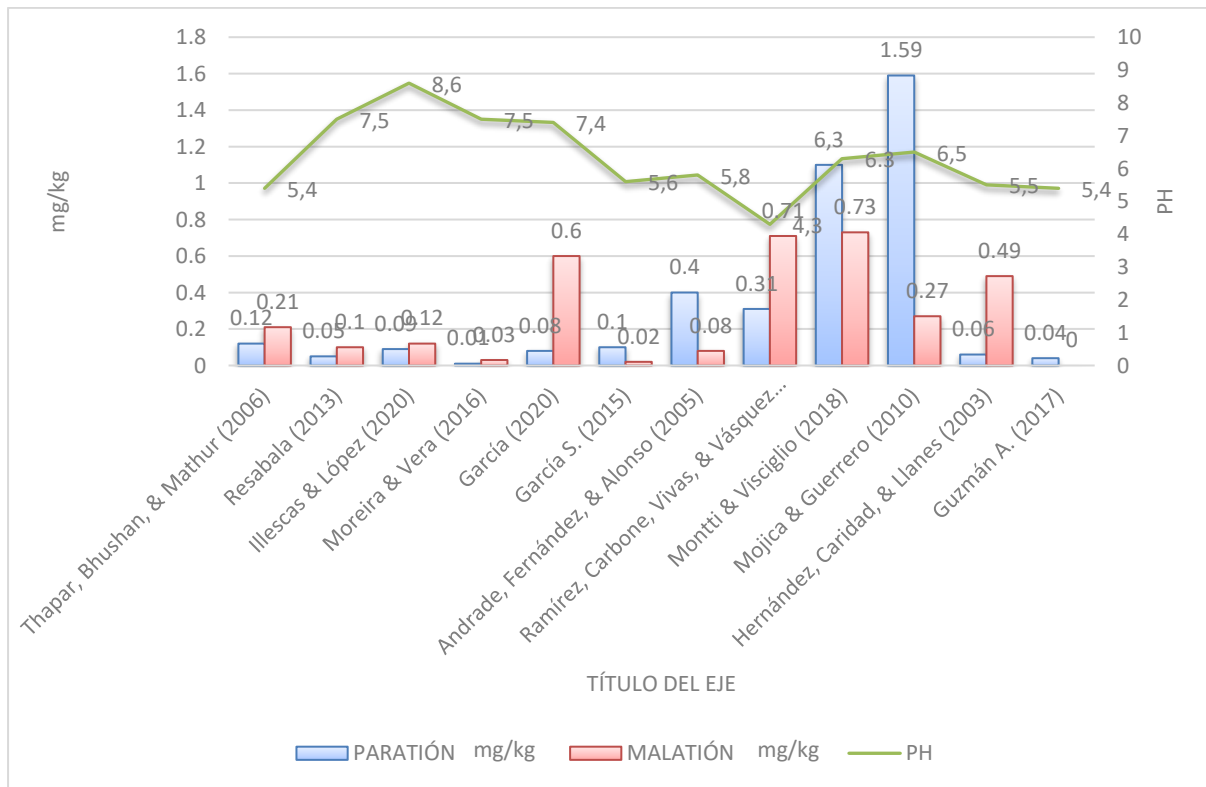
N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores pH suelo
			Paratión	Malatión	
2	Evaluación de la Banana Ecuatoriana de acuerdo con Estándares Internacionales de Seguridad Alimentaria, para Garantizar su Certificación y Fortaleza Competitiva.	Resabala (2013)	0,05mg/kg	0,10 mg/kg	7,5
3	Evaluación de suelos contaminados por descargas de aguas post cosecha de la Producción Bananera en la Finca San Jacinto. Proyecto de Investigación y Desarrollo.	Illescas & López (2020)	0,09 mg/kg	0,12 mg/kg	8,6
4	Contaminación por agroquímicos en agua suelo y fruto en el cultivo de tomate en las comunidades; Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, 2016.	Moreira & Vera (2016)	0,01 mg/kg	0,03 mg/kg	7,5
5	Manejo y monitoreo y tratamiento de las descargas de aguas de la Bananera denominada "Supercompany S.A.	García (2020)	0,08 mg/kg	0,6 mg/kg	7,4
6	Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación de un modelo productivo sostenible.	García S. (2015)	0,1 mg/kg	0,02 mg/kg	5,6
7	Influencia del Manejo Agrícola intensivo en la contaminación del suelo.	Andrade, Fernández, & Alonso (2005)	0,4 mg/kg	0,08 mg/kg	5,8
8	Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del Municipio José María Vargas, Táchira - Venezuela.	Ramírez, Carbone, Vivas, & Vásquez (2016)	0,31 mg/kg	0,71 mg/kg	4,3
9	Caracterización de la Contaminación en la región del Embalse Salto Grande.	Montti & Visciglio (2018)	1,1 mg/kg	0,73 mg/kg	6,3
10	Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido.	Mojica & Guerrero (2010)	1,59 mg/kg	0,27 mg/kg	6,5

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores pH suelo
			Paratión	Malatión	
11	Establecimiento de Términos de carencia de plaguicidas en diferentes cultivos	Hernández, Caridad, & Llanes (2003)	0,06 mg/kg	0,49 mg/kg	5,5
12	Residualidad de plaguicidas en suelos dedicados al cultivo de banano dominico (musa spp.) en Tlapacoyan Veracruz y sus posibles efectos a la salud	Guzmán A. (2017)	0,04 mg/kg	No se encontró	5,4

Nota. Residualidad de Paratión y Malatión en mg/kg relacionado con el pH del suelo.

Figura 4

Contraste de la residualidad del Paratión y Malatión con el pH del suelo.



Relación de la residualidad de Paratión y Malatión con el pH del suelo.

			pH
Residualidad Paratión	de	Coeficiente de correlación Rho de Spearman	,765*
		Sig. (bilateral)	,017
		N	12
Residualidad Malatión	de	Coeficiente de correlación Rho de Spearman	,842*
		Sig. (bilateral)	,028
		N	12

Nota. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la tabla 10 se muestra la relación entre la residualidad de Paratión y la residualidad de Malatión con el nivel de pH, en ambas relaciones la significancia de la relación es menor a 0.05; por tanto, se establece una relación estadísticamente significativa entre las variables de estudio. El coeficiente de Spearman de 0.765 indica una relación de nivel alto y una relación directa entre la residualidad de Paratión con el pH, por otro lado, el coeficiente de Spearman de 0.842 indica una relación de nivel alto y una relación directa entre la residualidad de Malatión con el pH.

Por lo tanto, según los resultados de la tabla 7 se establece una relación significativa entre la residualidad de paratión y la residualidad de malatión con el nivel de pH, entendiéndose como que a mayor nivel de pH (pH alcalino) en el suelo, mayor será el nivel residualidad de Paratión Malatión.

Contraste de la residualidad del Paratión y Malatión con la textura del Suelo.

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores	
			Paratión	Malatión	Textura del Suelo	Codificación
1	Degradación de Plaguicidas Organofosforados y Carbonatos en Suelo: Determinación por HPLC	Thapar, Bhushan, & Mathur (2006)	0,12 mg/kg	0,21 mg/kg	Franco arcilloso	1
2	Evaluación de la Banana Ecuatoriana de acuerdo con Estándares Internacionales de Seguridad Alimentaria, para Garantizar su Certificación y Fortaleza Competitiva.	Resabala (2013)	0,05mg/kg	0,10 mg/kg	Franco arcilloso	1
3	Evaluación de suelos contaminados por descargas de aguas post cosecha de la Producción Bananera en la Finca San Jacinto. Proyecto de Investigación y Desarrollo.	Illescas & López (2020)	0,09 mg/kg	0,12 mg/kg	Ligeramente arenoso	2
4	Contaminación por agroquímicos en agua suelo y fruto en el cultivo de tomate en las comunidades; Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, 2016.	Moreira & Vera (2016)	0,01 mg/kg	0,03 mg/kg	Franco arcilloso	1
5	Manejo y monitoreo y tratamiento de las descargas de aguas de la Bananera denominada "Supercompany S.A.	García (2020)	0,08 mg/kg	0,6 mg/kg	Franco arcilloso	1

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores	
			Paratión	Malatión	Textura del Suelo	Codificación
6	Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación de un modelo productivo sostenible.	García S. (2015)	0,1 mg/kg	0,02 mg/kg	Franco arcilloso	1
7	Influencia del Manejo Agrícola intensivo en la contaminación del suelo.	Andrade, Fernández, & Alonso (2005)	0,4 mg/kg	0,08 mg/kg	Franco arcilloso	1
8	Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del Municipio José María Vargas, Táchira - Venezuela.	Ramírez, Carbone, Vivas, & Vásquez (2016)	0,31 mg/kg	0,71 mg/kg	Suelos de Turba	3
9	Caracterización de la Contaminación en la región del Embalse Salto Grande.	Montti & Visciglio (2018)	1,1 mg/kg	0,73 mg/kg	Franco arcilloso	1
10	Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido.	Mojica & Guerrero (2010)	1,59 mg/kg	0,27 mg/kg	Franco arcilloso	1
11	Establecimiento de Términos de carencia de plaguicidas en diferentes cultivos	Hernández, Caridad, & Llanes (2003)	0,06 mg/kg	0,49 mg/kg	Franco arcilloso	1
12	Residualidad de plaguicidas en suelos dedicados al cultivo de banano dominico (musa spp.) en Tlapacoyan Veracruz y sus posibles efectos a la salud	Guzmán A. (2017)	0,04 mg/kg	No se encontró	Tipo luvisol, con contenido de arcilla	4

Nota. Residualidad de Paratión y Malatión en mg/kg relacionado con la textura del suelo.

En la Figura 5 se realizó un contraste de la residualidad del Paratión y el Malatión con la textura del suelo, para lo cual se utilizó la siguiente codificación: Franco Arcilloso (F.A.)

1, Ligeramente Arenoso (L.A.) 2, Suelos de Turba (S.T.) 3, Tipo Luvisol con Contenido de Arcilla (L.C.A.) 4.

Figura 5

Contraste del Paratión y Malatión con la textura del suelo.

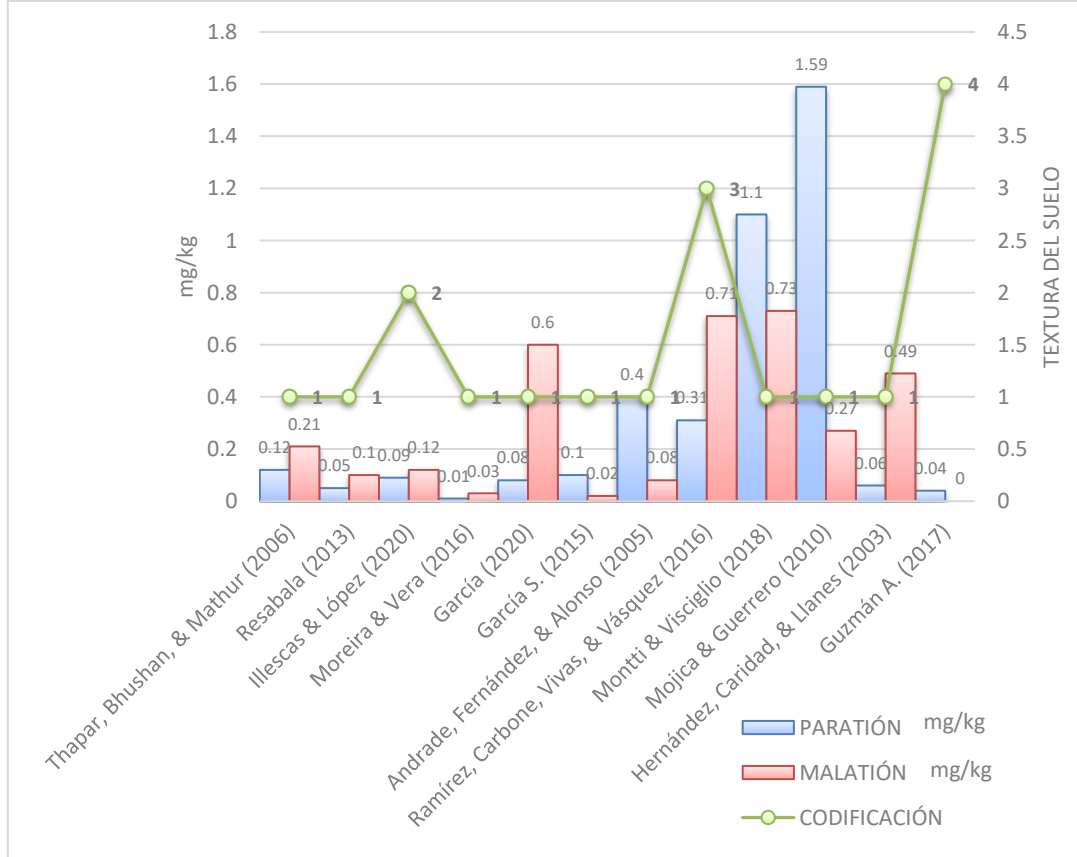


Tabla 12

Relación de la residualidad de Paratión y Malatión con la textura del suelo.

		Textura del suelo
Residualidad Paratión	de Coeficiente de correlación Rho de Spearman	,124
	Sig. (bilateral)	,700
	N	12
	Residualidad Malatión	de Coeficiente de correlación Rho de Spearman
Sig. (bilateral)		,799
N		12

En la tabla 12 se observa que el nivel de significancia entre la residualidad de paratión y la residualidad de malatión con la textura del suelo es mayor a 0.05, por lo tanto, queda descartada la relación estadística entre la Residualidad de paratión y la Residualidad de malatión con la textura de suelo por la presencia de exceso de error en la prueba estadística.

Tabla 13

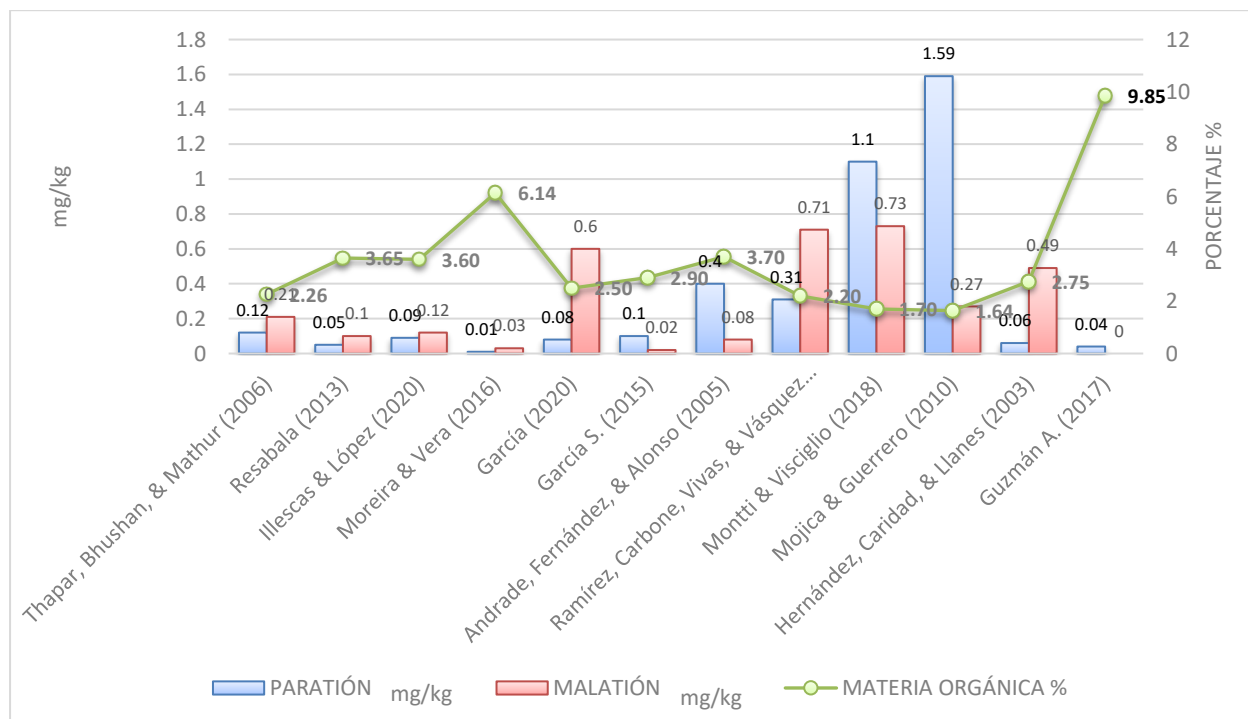
Contraste de la residualidad del Paratión y Malatión con el contenido de materia orgánica del Suelo.

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores
			Paratión	Malatión	Materia Orgánica %
1	Degradación de Plaguicidas Organofosforados y Carbonatos en Suelo: Determinación por HPLC	Thapar, Bhushan, & Mathur (2006)	0,12 mg/kg	0,21 mg/kg	2,26
2	Evaluación de la Banana Ecuatoriana de acuerdo con Estándares Internacionales de Seguridad Alimentaria, para Garantizar su Certificación y Fortaleza Competitiva.	Resabala (2013)	0,05mg/kg	0,10 mg/kg	3,65
3	Evaluación de suelos contaminados por descargas de aguas post cosecha de la Producción Bananera en la Finca San Jacinto. Proyecto de Investigación y Desarrollo.	Illescas & López (2020)	0,09 mg/kg	0,12 mg/kg	3,6
4	Contaminación por agroquímicos en agua suelo y fruto en el cultivo de tomate en las comunidades; Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, 2016.	Moreira & Vera (2016)	0,01 mg/kg	0,03 mg/kg	6,14
5	Manejo y monitoreo y tratamiento de las descargas de aguas de la Bananera denominada "Superxompany S.A.	García (2020)	0,08 mg/kg	0,6 mg/kg	2,5

N°	Estudios revisados	Autores	Residualidad		Factores
			Paratión	Malatión	Materia Orgánica %
6	Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulación de un modelo productivo sostenible.	García S. (2015)	0,1 mg/kg	0,02 mg/kg	2,9
7	Influencia del Manejo Agrícola intensivo en la contaminación del suelo.	Andrade, Fernández, & Alonso (2005)	0,4 mg/kg	0,08 mg/kg	3,7
8	Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del Municipio José María Vargas, Táchira - Venezuela.	Ramírez, Carbone, Vivas, & Vásquez (2016)	0,31 mg/kg	0,71 mg/kg	2,2
9	Caracterización de la Contaminación en la región del Embalse Salto Grande.	Montti & Visciglio (2018)	1,1 mg/kg	0,73 mg/kg	1,7
10	Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido.	Mojica & Guerrero (2010)	1,59 mg/kg	0,27 mg/kg	1,64
11	Establecimiento de Términos de carencia de plaguicidas en diferentes cultivos	Hernández, Caridad, & Llanes (2003)	0,06 mg/kg	0,49 mg/kg	2,75
12	Residualidad de plaguicidas en suelos dedicados al cultivo de banano dominico (musa spp.) en Tlapacoyan Veracruz y sus posibles efectos a la salud	Guzmán A. (2017)	0,04 mg/kg	No se encontró	9,85

Nota. Residualidad de Paratión y Malatión en mg/kg relacionado con el contenido de materia orgánica del suelo.

Contraste de la residualidad de Paratión y Malatión con el contenido de materia orgánica del suelo.



(Sánchez & Sánchez, 2011) señalan que los suelos que contienen altos porcentajes de materia orgánica, presentan poca movilidad y lixiviación de plaguicidas, es decir que hay una correlación entre la cantidad de materia orgánica presente en el suelo y la movilidad y descomposición del plaguicida.

Tabla 14

Relación de la residualidad de Paratión y Malatión con la materia orgánica del suelo

		Materia orgánica
Residualidad paratión	de	Coefficiente de correlación Rho de Spearman
		-,839**
		Sig. (bilateral)
		,001
	N	12
Residualidad malatión	de	Coefficiente de correlación Rho de Spearman
		-,727**
		Sig. (bilateral)
		,007
	N	12

Nota: **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla 14 se presenta la evidencia de la relación entre la residualidad de Paratión y la residualidad de Malatión con la materia orgánica, el nivel de significancia ($p < 0.05$) indica que las relaciones son estadísticamente significativas. Por otro lado, el coeficiente de Spearman de -0,839 indica una relación inversa de nivel alto entre la residualidad de paratión y la materia orgánica, mientras que, el coeficiente de Spearman de -0,727 señala una relación inversa de nivel moderado entre la residualidad de malatión y la materia orgánica.

En ese sentido, el coeficiente de Spearman para ambos casos indica la presencia de una relación inversa o indirecta; por lo tanto, a mayor porcentaje de materia orgánica en el suelo, menores niveles de residualidad tanto del Malatión como del Paratión.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Se analizó la incidencia de casos donde se presenta residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas; obteniendo así, valores desde 0,1 mg/kg hasta 1,59 mg/kg para Paratión y desde 0 mg/kg hasta 0,73 mg/kg para Malatión. Según Stoytcheva y Zlatev (2011); consideran que los límites máximos de residuos de plaguicidas organofosforados en el medio ambiente, oscilan desde 0,02 a 0,13 mg/kg; comprobándose así en este estudio que existen casos donde se presenta residualidad de paratión y malatión en suelos agrícolas, afirmando nuestra hipótesis de investigación.

La metodología usada para la presente investigación: revisión sistemática, que engloba a la parte cuantitativa: meta-análisis fue correcta, ya que se realizó la búsqueda y evaluación crítica de todos los estudios de investigación que dan respuesta a una misma pregunta, claramente definida para recolectar y analizar los datos por medio de técnicas estadísticas; sin embargo, la falta de estudios previos de investigación del tema impidió tener un contexto más amplio e hizo difícil encontrar relaciones y generalizaciones significativas.

Los compuestos organofosforados como Paratión y Malatión han sido efectivos en el control de plagas y enfermedades, pero debido a su resistencia a la degradación y; por tanto, su residualidad en el suelo, logran ser contaminantes universales de él. Según Upegui (2010), los factores que influyen en la residualidad o bio-disponibilidad de los plaguicidas en suelos agrícolas, se debe a las propiedades del suelo: pH, tipo de suelo (estructura, textura), contenido de materia orgánica y a los factores climatológicos como la temperatura. Es por ello, que en base al análisis estadístico y a la teoría del autor antes mencionado se determinó la significancia para cada uno de los factores estudiados.

Según el presente estudio y en relación a la segunda pregunta de investigación ¿Cuál será la relación del clima con la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas? Podemos decir que la relación es significativa y que, a mayor temperatura, los niveles de residualidad son menores; coincidiendo con la teoría de Donézar (1995); quién menciona que la residualidad de paratión y malatión está estrechamente relacionada con factores climatológicos como es la temperatura, es decir que, una temperatura alta favorece la acción bacteriana, y, por ende, la velocidad de degradación.

En relación a la tercera pregunta de investigación ¿Cuál será la relación del pH del suelo con la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas? Podemos decir que la relación es significativa y que, a mayor nivel de pH (pH alcalino) en el suelo, mayor será el nivel residualidad de Paratión y Malatión.

En relación a la cuarta pregunta ¿Cuál será la relación de la textura del suelo con la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas? La relación no es significativa; esto puede deberse a una condición indispensable y absolutamente necesaria, que, para tener datos más certeros se debe conocer la composición del suelo, la estructura del mismo y la naturaleza de los minerales que contienen la fracción arcilla Benedico (2002).

Y, por último, en relación a la quinta pregunta ¿Cuál será la relación del contenido de materia orgánica del suelo con la residualidad de Paratión y Malatión en suelos agrícolas? Podemos decir que la relación es significativa, y que, a mayor porcentaje de materia orgánica en el suelo, menores niveles de residualidad tanto de Malatión como de Paratión, coincidiendo con la teoría de Sánchez y Sánchez (2011); quienes señalan que los suelos que contienen altos porcentajes de materia orgánica, presentan poca movilidad y lixiviación de plaguicidas, es decir que hay una correlación entre la cantidad de materia orgánica presente en el suelo y la movilidad y descomposición del plaguicida.

En condiciones de campo, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH cambian constantemente, lo cual influye en gran medida, en la tasa de residualidad de plaguicidas en suelos agrícolas (Hernández et al., 2015). Por lo tanto, y al igual que la mayoría de los índices de comportamiento ambiental, estos factores determinantes deberían considerarse como orientativos.

Durante el desarrollo de esta investigación, se presentaron una serie de limitaciones que dificultaron el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos, dentro de ellos destacan:

- Tamaño de la muestra: esta investigación se realizó con una muestra de 12 estudios que cumplieran con los criterios de inclusión para realizar el meta-análisis, esto genera dificultad para encontrar relaciones y generalizaciones significativas a los datos.
- Falta de antecedentes locales y nacionales que nos permita realizar una investigación y comparación más amplia.
- Falta de estudios previos de meta – análisis de residualidad de Paratión y Malatión

4.2. Conclusiones

El uso desmedido de plaguicidas organofosforados tales como Paratión y Malatión para el control de plagas y enfermedades conlleva a una residualidad en suelos agrícolas definidos en este estudio en un rango de 0,1 mg/kg a 1,59 mg/kg para Paratión y de 0 mg/kg a 0,73 mg/kg para Malatión; alterando las propiedades naturales del suelo y contaminándolo, provocando así pérdidas de hábitats naturales.

Los factores que conllevan a la residualidad de los plaguicidas anteriormente mencionados y en los que coinciden los autores, son: el clima, pH, contenido de materia orgánica y la textura del suelo; los tres primeros tienen una relación significativa, y el último

no es significativo, puesto a que se deben de estudiar otros componentes del suelo. El factor que más destaca, es el contenido de materia orgánica, ya que éste promueve la mayor degradación de plaguicidas.

Finalmente, es de mencionar también que la escasez de estudios previos en el tema fue la principal limitación para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- Acosta, M. (2007). Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle de mezquital, HGO.
- Altieri, M. (1995). Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Press, Boulder, CO.
- Alpuche, G. (1990). Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo, México. 125-131.
- Alvear, M., & Espinoza, N. (2006). Efecto de la aplicación de herbicidas en condiciones de campo sobre algunas actividades biológicas. *Ciencia, Suelo y Nutrición*, 64-76.
- Andrade, M., Fernández, E., & Alonso, M. (2005). Influencia del Manejo Agrícola intensivo en la contaminación del suelo.
- Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. (5ª ed.). Caracas, Venezuela: Editorial EPISTEME.
- Benedico, C. (2002). Insecticidas organofosforados. De la guerra química al riesgo. Medifam.
- Bortoli, G., Barbieri de Azevedo, M., & Basso da Silva, L. (2009). Cytogenetic biomonitoring of Brazilian workers exposed to pesticides: micronucleus analysis in buccal epithelial cells of soybean growers. *Mutat.*
- Cardoza, F. (1996). Determinación de residuos de plaguicidas en el suelo, agua y productos de la E.A. 47.
- Chambers, J. (1992). Organofosforados: química, destino y efectos. *Revista Académica San Diego*.
- Cordoba, D. (2001). Toxicología. El Manual Moderno. Bogotá.
- Del Puerto, A., Suárez, S., & Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*.
- Donézar, M. (1995). Estudio de suelos y evaluación de tierras. España.
- Echarri, L., (1998). Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Telde. NavarraEspaña.
- EPA, E. P. (2000). Study of Off-Site Deposition of Malathion Using Operational Procedures for the Southeastern Cotton Boll Weevil Eradication Program.

- García, A. (2020). Manejo y monitoreo y tratamiento de las descargas de aguas de la Bananera denominada "Superxompany S.A."
- García, S. (2015). Análisis de la contaminación por el uso de plaguicidas en suelos agrícolas de la provincia del Carchi, bioacumulacion de un modelo productivo sostenible.
- García, S., & Pérez, R. (2012). Aplicaciones de la Cromatografía Líquida con Detector de Diodos y Fluorescencia al Análisis de Contaminantes Medioambientales. Obtenido de https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/028/43028576.pdf
- González, I. F., Urrútia, G., & Alonso-Coello, P. (2011). Revisiones sistemáticas y metaanálisis: bases conceptuales e interpretación. *Revista española de cardiología*, 64(8), 688-696.
- González, J. A., Cobo, E., & Vilaró, M. (2014). Revisión sistemática y meta-análisis. Universitat Politècnica de Catalunya. BarcelonaTech.
- Hernández, K., Pérez, D., & Vidal, C. (2015). Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. Buenos Aires.
- Hernández, M. (2007). Efecto de las propiedades del suelo. *Coloides y superficies A: aspectos fisicoquímicos*. 49-55.
- Hernández, S., Caridad, R., & Llanes, M. (2003). Establecimiento de Términos de carencia de plaguicidas en diferentes cultivos. *Fitosanidad*.
- Illescas, D., & López, P. (2020). Evaluación de suelos contaminados por descargas de aguas post cosecha de la Producción Bananera en la Finca San Jacinto. Proyecto de Investigación y Desarrollo.
- Illescas, G. (2020). Evaluación de suelos contaminados por descargas de agua post cosecha de la producción bananera en la finca san jacinto.
- Jirón, L. (1999). Definición de un marco teórico para comprender el concepto de desarrollo sustentable. *Revista de Urbanismo*, 12-15.
- Kerle, E. (2007). Comprender la persistencia de los plaguicidas y movilidad para la protección de las aguas subterráneas y superficiales. U.S.A.

Meca, J. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. Aula abierta, 53-64.

Melendez, M. (2020). Biodegradación de compuestos organofosforados utilizando microorganismos en suelos agrícolas.

Mojica, A., & Guerrero, J. (2010). Extracción de residuos de plaguicidas en suelos asistida por ultrasonido. Revista Colombiana de Química.

Montti, M., & Visciglio, S. (2018). Caracterización de la Contaminación en la región del Embalse Salto Grande. Ciencia, Docencia y Tecnología .

Moreira, J., & Vera, J. (2016). Contaminación por agroquímicos en agua suelo y fruto en el cultivo de tomate en las comunidades; Guabital y las Maravillas del Cantón Rocafuerte, época seca, 2016.

Mousalli-Kayat, G. (2015). Métodos y diseños de investigación cuantitativa. Revista researchgate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303895876_Metodos_y_Disenos_de_Investigacion_Cuantitativa.

OECD-Organization for Economic Co-Operation and Development. (2003). Soil organic carbon and agriculture: developing indicators for policy analyses. Proceedings of an OECD expert meeting. (ed. Scott Smith, C.A). Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa and Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris, Francia.

Osorio, N. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal.

Pacheco, J. L. R., Argüello, M. V. B., & Suárez, A. I. D. L. H. (2020). Análisis general del SPSS y su utilidad en la estadística. E-IDEA Journal of business sciences, 2(4), 17-25.

Pacheco, R., & Barbona, E. (2017). Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas.

Pita Fernández, S., & Pértegas Díaz, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. Cad aten primaria, 9(1), 76-78.

Porta, J. (1999). Degradación de suelos en relación con prácticas agrícolas. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, 775-779.

- Ramírez, T., Carbone, R., Vivas, G., & Vásquez, J. (2016). Residuos de plaguicidas organofosforados en suelos del municipio José María Vargas, Táchira - Venezuela.
- Ramírez, J. y Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Arch. Prev. Riesgos Labor. 4(2):67-75. Recuperado de <http://www.scsmt.cat/Upload/TextCompleto/2/1/216.pdf>
- Resabala, C. (2013). Evaluación de la Banana Ecuatoriana de acuerdo con Estándares Internacionales de Seguridad Alimentaria, para Garantizar su Certificación y Fortaleza Competitiva.
- Sánchez, M., & Sánchez, J. (2011). Los plaguicidas. Adsorción y evolución en el suelo.
- Sánchez, M., & Sánchez, C. (1984). Los plaguicidas adsorción y evolución en el suelo. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf>
- Sánchez, O. (2008). Evaluación de riesgos ambientales del uso de plaguicidas empleados en el cultivo de arroz en el Parque Natural de la Albufera de Valencia. Tesis para optar al grado de doctor. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2342/tesisUPV2815.pdf>
- Silva, A. (1998). La materia orgánica del suelo. Montevideo.
- Silva, S. & Correa, F. (2009). Análisis de la Contaminación del Suelo: revisión de la normativa y posibilidades de la regulación económica. Semestre Económico, 12(23) 13-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165013122001>
- Stoytcheva, M., & Zlatev, R. (2011). Análisis de Plaguicidas Organofosforados. IntechOpen.
- Upegui, S. (2010). Evaluación de mezclas compost inmaduro/suelo de Moravia, y fuentes de nutrientes, para la degradación de los pesticidas clorpirifos, malatión y metil paratión. Medellín.

ANEXOS

ANEXO N° 1. Prueba de normalidad

Tabla 15

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Residualidad de paratión	de	,464	12	,000
Residualidad de malatión	de	,793	12	,008
Clima		,534	12	,030
Tipo de suelo		,487	12	,000
Ph		,448	12	,009
Materia orgánica		,811	12	,012

Nota: datos procesados en el software SPSS V25

Según la prueba de Shapiro-Wilk la significancia en las variables y factores es menor a 0.05, por lo tanto, se deduce que la distribución en todos los casos no es normal.