



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente practico del examen de carácter complejo,
presentado al H. Consejo de la Facultad, como requisito previo a
la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

TEMA:

Análisis de los insecticidas organofosforados y su mecanismo de
acción en los sembríos

AUTORA:

Denise Antonella Haz Rodríguez

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon González Chica, Msc

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

En cuanto al desarrollo de estudio de caso surge en la necesidad de analizar los insecticidas organofosforados en el sector agropecuario en el Ecuador. En cuanto al objetivo general que se ha planteado en este estudio se basa en analizar los insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción en sembríos. Es importante indicar que los plaguicidas "organofosforados" pertenecen a una categoría de productos químicos ampliamente empleados en la agricultura, siendo su composición química basada en fosfato. Estos compuestos desempeñan un papel crucial al afectar directamente el sistema nervioso de los insectos presentes en las áreas de cultivo, lo que los clasifica como insecticidas neurotóxicos debido a su modo de acción. La ejecución de este estudio se justifica porque permite comprender la importancia de estos productos químicos, así como el mecanismo de acción que tienen en cuanto a la agricultura es crucial para poder controlar el avance de plagas. En cuanto a la metodología de este estudio, el tipo de investigación realizada se basa en un estudio bibliográfico y documental, donde se realizaron descripciones de las características del fenómeno analizado. En base a los resultados, revelan una serie de hallazgos significativos donde se ha confirmado que los insecticidas organofosforados ejercen una acción mediante un proceso de inhibición de la enzima "acetilcolinesterasa" que afecta al sistema nervioso del grupo de los insectos. En conclusión, se ha logrado determinar la importancia de los insecticidas organofosforados en los sembríos, donde los resultados demuestran que estos insecticidas logran desempeñar un rol importante en cuanto a la protección de los sembríos contra las plagas.

Palabras claves: Insecticidas, Organofosforados, Plaguicidas, Insectos.

ABSTRACT

Regarding the development of the case study, the need to analyze organophosphate insecticides in the agricultural sector in Ecuador arises. Regarding the general objective that has been raised in this study, it is based on analyzing organophosphate insecticides and their mechanism of action in crops. It is important to indicate that "organophosphorus" pesticides belong to a category of chemical products widely used in agriculture, being their chemical composition based on phosphate. These compounds play a crucial role by directly affecting the nervous system of insects present in cultivation areas, which classifies them as neurotoxic insecticides due to their mode of action. The execution of this study is justified because it allows us to understand the importance of these chemical products, as well as the mechanism of action they have in terms of agriculture, which is crucial to be able to control the advance of pests. Regarding the methodology of this study, the type of research carried out is based on a bibliographic and documentary study, where descriptions of the characteristics of the phenomenon analyzed are described. Based on the results, they reveal a series of significant findings where it has been confirmed that organophosphorus insecticides exert an action through a process of inhibition of the enzyme "acetylcholinesterase" that affects the nervous system of the insect group. In conclusion, it has been possible to determine the importance of organophosphate insecticides in crops, where the results show that these insecticides can play an important role in protecting crops against pests.

Keywords: Insecticides, Organophosphates, Pesticides, Insects.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ABSTRACT	III
I. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	5
II. DESARROLLO	6
2.1 Marco Conceptual	6
2.1.1 Los insecticidas	6
2.1.1.2 Insecticida Organofosforado	9
2.1.2 Importancia de los insecticidas organofosforados en los sembríos	11
2.1.3 Tipos de insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción utilizados en los sembríos	12
2.1.3.1 Efectos de los insecticidas organofosforados en el ambiente.....	13
2.2 MARCO METODOLÓGICO	15
2.3 RESULTADOS.....	16
2.4 Discusión de resultados	17
III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
3.1 Conclusiones.....	19
3.2 Recomendaciones.....	20
IV. REFERENCIAS Y ANEXOS	21
4.1 Referencias Bibliográficas.....	21
4.2 Anexos.....	24

I. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de protección de los cultivos agrícolas en contra de las patologías o plagas genera un gran problema en los sembríos, así como para garantizar la seguridad de producción de los alimentos a nivel global. Es relevante indicar que los insecticidas juegan un rol importante que pueda ser usado para poder controlar los insectos que originan afectación a los cultivos. Los insecticidas se encuentran subdivididos por grupos dentro de ellos los más empleados son los organofosforados que se ha determinado ser eficientes contra una extensa gama de plagas o insectos, no obstante, su utilización ha sido objeto de inconvenientes dado a los impactos que se originan en cuanto al ambiente y la salud de las personas (Ortega *et al.* 2017).

Los insecticidas “organofosforados” son una clase de plaguicidas que son usados frecuentemente debido a su composición química con el fosfato, estos compuestos son importantes porque intervienen directamente en el sistema nervioso de los insectos que se encuentran en las plantaciones o sembríos, se lo cataloga como uno de los insecticidas neurotóxicos por su acción. El mecanismo de acción que tiene se basa en la inhibición de una estructura de acetilcolinesterasa que tiene una acción importante en contra de los insectos (Heno *et al.* 2020).

Estos insecticidas organofosforados son utilizados en los sembríos, debido a que los insectos pueden entrar en contacto de forma directa o indirecta por medio del rociado en las plantas o por la ingestión directa de los animales al comerse las plantas, además se puede deber a la absorción de los insectos, es importante indicar que este insecticida al entrar en contacto con el cuerpo del animal se origina la transformación y se activa un compuesto de manera muy tóxica. La forma activa que tiene este insecticida inhibe la acetilcolinesterasa y descompone el neurotransmisor de la acetilcolina en la sinapsis del sistema nervioso de los animales (FAO 2020).

Los insecticidas organofosforados tienen una extensa utilidad desde varios años dado a su eficiencia al controlar todo tipo de plaga, la utilización de este producto ha causado que exista una preocupación muy grande en cuanto a las complicaciones que se generan en el cambio climático, el daño ambiental e incluso en la salud de las personas. Este producto conlleva ciertas complicaciones y efectos negativos en otras especies. Además, es necesario indicar que la aplicación de estos insecticidas en los sembríos puede dejar ciertas partículas en los productos cosechados y posteriormente que son consumidos por la población, causando así un serio inconveniente en cuanto a la seguridad alimentaria y a los riesgos expuestos (Rey *et al.* 2020).

Es importante indicar que la exposición de los insecticidas representa un elevado riesgo en cuanto a la salud de los individuos, no solo del agricultor, sino también por su afectación a otras personas que radican cerca de los sembríos o por la contaminación indirecta a las personas por medio de vertientes del agua. Los efectos que origina en las personas son relacionados con signos como la debilidad muscular, cefalea, mareos, náuseas en ocasiones más graves por mayor exposición puede generar intoxicación y posterior fallecimiento. Es esencial que se realice la promoción de las prácticas agrícolas de forma alternativa y sostenible que permita tener un mayor control de las plagas en los cultivos, la adopción de métodos de manejo que se integran en la utilización de los cultivos (Díaz 2020).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La utilización de los insecticidas organofosforados en los cultivos plantea una problemática importante debido a la afectación potencial que se origina en el medio ambiente, en la seguridad de los alimentos cosechados y en la salud de la población a nivel global. A pesar de que este producto muestra una eficacia debido a su mecanismo de acción contra las plagas y patologías, los compuestos que la formulan tienen varios inconvenientes e incertidumbres que necesitan de una búsqueda responsable y de alternativas más eficientes para tener un mayor control de los insectos en los cultivos.

Se ha evidenciado que uno de los problemas principales asociados a los insecticidas con componentes organofosforados es su elevada toxicidad que es eficaz para varios organismos que se pueden incluir como insectos, aves, peces, entre otros. Este producto al no ser específicamente para el control de plagas puede causar una afectación a otros insectos que son de gran ayuda para mantener en buen estado el área agrícola y que aportan al suelo como es el caso de los depredadores de plagas, polinizadores como las abejas. La reducción de los insectos que sirven para la ayuda de control de plagas puede generar que exista un aumento incontrolable y requieren una gran aplicación de productos insecticidas.

Los insecticidas organofosforados logran dejar ciertos residuos o partículas en los sembríos que se ha aplicado el producto, por lo cual genera un serio problema para el consumo de estos productos posterior a su cosecha, así como un riesgo para la población que lo consume, además se determina que los agricultores que ordinariamente manipulan estos químicos tienen un alto nivel de riesgo por exposición a estos productos. La utilización de estos insecticidas de forma repetitiva puede originar resistencia en varios de los insectos o plagas que se pueden evidenciar en los sembríos, causando así una ineficiencia y tener que aumentar más las dosis o emplear otra clase de insecticidas.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio de investigación basado en el análisis de los insecticidas organofosforado y su mecanismo de acción en sembríos, se justifica la ejecución de este estudio porque permite comprender la importancia de estos productos químicos, así como el mecanismo de acción que tienen en cuanto a la agricultura es crucial para poder controlar el avance de plagas, sin embargo, se debe tener protección de los cultivos que es crucial para la seguridad de los alimentos y la economía interna de varias naciones, sin embargo, existe daños significativos de los cultivos debido a los insectos que ocasionan estas actividades.

Este estudio permitirá identificar cuáles son las actividades más sustentables para garantizar la seguridad de un cultivo y reducir complicaciones en el medio ambiente, permitirá que las personas involucradas en esta investigación conozcan más sobre el mecanismo de acción de los insecticidas organofosforado donde contribuyen al control de plagas y garantizan la seguridad de los productos que posteriormente serán consumidos por la población. Es importante conocer las complicaciones que tienen estos productos para reducir la contaminación de la biodiversidad y proteger de organismos que no inciden en la contribución de una actividad agrícola más eficiente y sostenible.

El desarrollo de esta investigación servirá para mejorar la comprensión en cuanto a la importancia y acción de los insecticidas a base de fosfato en los cultivos y la capacidad de abordar los problemas que se asocian a los insectos que originan pérdida de las plantaciones. Los beneficiarios de este estudio serán los agricultores, consumidores y el medio ambiente que en cuanto al control de plagas e insectos se podrá tener en cuenta la importancia de aplicar prácticas en la agricultura que sea más segura y sostenible para la protección de alimentos, medio ambiente y en la salud de las personas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Analizar los insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción en sembríos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la importancia de los insecticidas organofosforados en los sembríos.
- Identificar los tipos de insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción utilizados en los sembríos.

1.5 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- **Dominio:** Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología
- **Líneas:** Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable. Biotecnología vegetal y animal
- **Sublínea:** Agricultura sostenible y sustentable

II. DESARROLLO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Los insecticidas

Los insecticidas son sustancias químicas empleadas con el propósito de controlar o eliminar insectos que actúan como portadores de enfermedades. El origen etimológico de la palabra "insecticida" proviene del latín y tiene el significado literal de exterminar insectos, abarcando diversas variedades como hormigas, gusarapos, mosquitos, moscones, parásitos, larvas, gorgojos, pulgas, avispones, termitas, ácaros, babosas, pulgones, orugas, trips, moscas blancas, y también en inoculaciones parasítica y otras plagas afines (Castillo y Castillo 2021).

Según la Organización Mundial de la Salud determina a los insecticidas como uno de los productos químicos encargados de controlar la propagación de insectos que transmiten o proliferan enfermedades que resultan ser muy perjudiciales para la salud humana, acarreando así problema para la salud pública y también para la zona de la agricultura. Es necesario indicar que estos productos químicos se lo usan con mayor frecuencia en las zonas agrícolas para combatir las plagas de insectos que se pueden producir en los cultivos, así como para proteger los cultivos de otros insectos (OMS 2021).



Figura 1. Insecticida utilizado en plantación

Fuente: (Corredera 2019)

Los insecticidas se encuentran en diversas presentaciones, que abarcan polvos humectables, aerosoles, gases, gránulos, soluciones oleosas, concentrados emulsionables, tratamientos de semillas, aerosoles líquidos con base en aceite, concentrados para nebulización. En función de su composición química, efecto tóxico o forma de acción, los insecticidas se dividen en dos categorías principales: orgánicos (que contienen carbono) e inorgánicos. Los insecticidas orgánicos tienen como objetivo el sistema nervioso central o la interrupción del desarrollo de los insectos. Están conformados por compuestos organofosforados, como el malatión, compuestos organoclorados, como el DDT, carbamatos, piretro, piretroides sintéticos, reguladores del crecimiento de los insectos y fumigantes (Chirinos *et al.* 2019).



Figura 2. Uso de insecticidas en la agricultura

Fuente: (MsAgros 2019)

En contraste, existen insecticidas inorgánicos, como la sílice y el ácido bórico. La sílice actúa como un agente deshidratante al absorber la capa cerosa de los insectos, provocando deshidratación y asfixia. Este tipo de insecticida es de naturaleza liviana, de aspecto blanco y con textura esponjosa. Por otro lado, el ácido bórico opera como un veneno estomacal y agente de absorción (Pouey y Solis 2020).

En condiciones secas y con la concentración adecuada, se utiliza de manera efectiva en el control de insectos al ser ubicado en lugares apropiados. Es de relevancia considerar que ciertos insecticidas pueden tener efectos negativos en

otros seres vivos, como las abejas, las cuales desempeñan un papel crucial en el equilibrio del ecosistema. Por lo tanto, es esencial utilizarlos de manera consciente y con pleno conocimiento de sus repercusiones ambientales (Castillo *et al.* 2020).

Los insecticidas tienen un rol fundamental en cuanto al tema de la agricultura al acceder en el control y mitigación de las plagas de insectos que se pueden evidenciar en cultivos o plantaciones que desencadenan en la baja producción agrícola, sin embargo, los insectos pueden ser plagas en los cultivos los cuales se alimentan de estas plantas ocasionando como daño las parte de frutos, hojas, tallos y raíces que son los que mayormente dañan estos insectos, además de que afectan el rendimiento y calidad de productos. Hay varios tipos de insecticidas que se encuentran diseñados para una plaga en específicos, donde se reconocen a base de productos químicos, biológicos y basado en otras plantas tóxicas (Arroyo y Torres 2020).



Figura 3. Utilización de insecticidas en plantaciones
Fuente: (PonteVedra 2019)

Efectos secundarios en el ser humano

Los insecticidas, en general, presentan riesgos para la salud humana, siendo los eléctricos los menos perjudiciales. La exposición prolongada a insecticidas puede causar trastornos digestivos, cefaleas, vómitos, erupciones cutáneas, irritación ocular y desencadenar reacciones alérgicas en las personas. Entre los insecticidas más altamente tóxicos se encuentran:

- Los piretroides, como permethrin, cyfluthrin, cypermethrin y bifenthrin, que al llegar a cuerpos de agua pueden ocasionar la muerte de organismos acuáticos.
- Los organofosforados como malathion, disulfoton y acephate, que son perjudiciales para enemigos naturales.
- El carbaryl, que daña a las abejas, enemigos naturales y lombrices de tierra.
- El imidacloprid, un insecticida sistémico que puede tener efectos tóxicos en abejas y avispas parásitas, especialmente si se utiliza en plantas en floración.
- El metaldehído, utilizado como cebo para caracoles, el cual resulta tóxico para perros y animales salvajes (Karunairajan 2019).

2.1.1.2 Insecticida Organofosforado

Los plaguicidas organofosforados representan una amplia gama de sustancias sintéticas, generalmente elevadamente tóxicas, que tienen sus orígenes en los gases de combate, a menudo conocidos como "gases nerviosos". Entre estos se incluyen el sarín, tabún y somán, que fueron formulados especialmente después de la Segunda Guerra Mundial. Las propiedades de estos compuestos como insecticidas llevaron a la síntesis de alrededor de 50,000 de ellos para 1959, demostrando ser efectivos en el control de plagas de insectos. Estos plaguicidas forman parte de muchos productos comerciales como ingredientes activos, que se combinan con otros componentes para aumentar su eficacia (Vargas *et al.* 2019).

Los plaguicidas organofosforados se encuentran compuestos químicamente para utilizarlos en la agricultura y entre otras actividades que permiten el control de insectos, plagas, y otros tipos de malezas que generan una afectación en los cultivos. Este tipo de plaguicidas contienen fósforo dentro de su compuesto molecular lo que actúa interfiriendo con los métodos biológicos basados en los organismos subjetivos. Estos plaguicidas tienen una función esencial en poder inhibir o bloquear el sistema nervioso. Es relevante usar los insecticidas organofosforados en base a la precaución teniendo en consecuencia las

regularidades e indicaciones seguras debido a la alta toxicidad que tiene en cuanto a la salud humana y el medio ambiente (Manzanares 2019).

Actualmente a nivel mundial se utilizan cantidades significativas de diversos plaguicidas diariamente, con el propósito de enfrentar diversas plagas y patologías que podrían afectar la productividad agrícola y las inversiones económicas. Esto se debe a que las plagas pueden ocasionar reducciones de hasta el 40% en la producción. El aumento constante en el uso de plaguicidas se atribuye a su consideración como un factor esencial en la producción agrícola y en la calidad de los cultivos (López *et al.* 2023).



Figura 4. Utilización de insecticidas organofosforados

Fuente: (Salva 2014)

Sin embargo, debido a deficiencias en la implementación de prácticas agrícolas, como la recolección prematura de cultivos antes del período de seguridad posterior a la última aplicación de plaguicidas, la aplicación excesiva, el uso de plaguicidas no apropiados o restringidos debido a su impacto en la salud humana y el medio ambiente, se origina la acumulación de residuos de plaguicidas en los alimentos, a niveles que superan los límites máximos permitidos. Esta situación es motivo de inquietud, especialmente porque en nuestro país no se cuentan con mecanismos para identificar y cuantificar los efectos tóxicos a largo plazo derivados del consumo cotidiano de plaguicidas en los alimentos (Avello 2020).

2.1.1.3 Constitución química de los insecticidas organofosforados

Los insecticidas a base de fósforo pueden considerarse como derivados del ácido fosfórico. La variación en la sustitución de los radicales en la fórmula fundamental de los organofosforados puede dar lugar a nuevas categorías de compuestos. En estos grupos, los sustituyentes desempeñan un papel significativo en las características fisicoquímicas del compuesto. Además, están relacionados con la capacidad de penetración, distribución, activación y descomposición del plaguicida, así como con su punto de ataque, potencia y selectividad (Fiel *et al.* 2020).

2.1.2 Importancia de los insecticidas organofosforados en los sembríos

Los insecticidas organofosforados son empleados en los sembríos debido a que tiene un mecanismo de acción importante en correspondencia con el control de plagas, estos compuestos interfieren en la función normal de la acetilcolinesterasa, el cual es una enzima que se basa en la transmisión sobre el sistema nervioso de las plagas o insectos. Al momento de entrar en contacto con el insecticida este compuesto inactiva la acetilcolinesterasa en cuanto al funcionamiento nervioso (Rubiano *et al.* 2019).

Este efecto origina que muera el insecto, debido al efecto más pronunciado a los insectos que en otros animales. La aplicación de los insecticidas en los cultivos permite controlar las plagas, reduciendo así los daños que se pueden evidenciar en los cultivos, contribuyendo con la productibilidad de las zonas agrícolas, no obstante, es relevante usar estos componentes químicos de una forma adecuada debido a su alto nivel de toxicidad, así como tener en cuenta las indicaciones de seguridad para no tener complicaciones en la salud humana y reducir los daños al medio ambiente (Rubiano *et al.* 2019).



Figura 5. Utilización de insecticidas organofosforados

Fuente: (BBC 2022)

2.1.3 Tipos de insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción utilizados en los sembríos

Los insecticidas organofosforados son un grupo de pesticidas que se encuentran ampliamente usado en el área de la agricultura, esencialmente se lo aplica para el control de plagas o enfermedades, estos productos químicos actúan interfiriendo en el sistema nervioso de los insectos (Segarra 2019). Dentro de los tipos de insecticidas organofosforados encontramos;

- Clorpirifos: Son de los insecticidas organofosforados más comunes y que se los utiliza para controlar las plagas de varios cultivos como verduras, frutas y cereales, así como en el control de plagas de jardines en el hogar.
- Malatión: Es otro de los insecticidas organofosforado que se los aplica con mucha frecuencia, esencialmente para las moscas y mosquitos en la lucha de enfermedades que afectan al ser humano.
- Diazinón: Se lo ha aplicado ampliamente en aplicaciones agrícolas y residenciales para controla una variedad de plagas, donde se incluyen varios insectos, sin embargo, es importante indicar que ha disminuido su utilización debido al daño ambiental que ocasiona y también en la salud humana.
- Paratión: Se basa en el insecticida organofosforado que controlan insectos en cultivos como el maíz y algodón esencialmente, y es altamente peligroso debido a su alta toxicidad.
- Fentión: Se lo usa como control de plagas en la agricultura, así como en otras actividades no agrícolas.

- Metil paratión: Se basa en un insecticida organofosforado para controlar la variedad de plagas, no obstante, su utilización ha sido limitada en varios países debido a la situación de toxicidad que origina en el medio ambiente y en el ser humano (Chirinos *et al.* 2020).

Mecanismo tóxico de los insecticidas organofosforados

Todos los compuestos derivados del ácido fosfórico comparten un mecanismo de acción primario similar. En términos generales, los insecticidas organofosforados tienen un efecto tóxico específico que ocurre a nivel sináptico. En este proceso, se enlazan de manera covalente con la acetilcolinesterasa, inhibiendo su función enzimática normal de hidrolizar la acetilcolina. Como resultado, se produce una acumulación excesiva de este neurotransmisor, lo que lleva a una estimulación prolongada de los órganos efectores colinérgicos. La acetilcolina funciona como un mensajero químico que se convierte en movimientos o acciones (Guerrero *et al.* 2021).

Una vez que la estimulación cesa, la enzima acetilcolinesterasa, presente en la membrana postsináptica, realiza su función en la acetilcolina, catalizando su descomposición en colina y acetato. La colina es recapturada por el terminal nervioso a través de un proceso de alta afinidad y luego, mediante la acción de la enzima colino acetiltransferasa, se emplea para la síntesis de nueva acetilcolina (Guerrero *et al.* 2021).

2.1.3.1 Efectos de los insecticidas organofosforados en el ambiente

Los compuestos organofosforados son sustancias de corta persistencia en el entorno, lo que resulta en efectos principalmente a corto plazo en el medio ambiente. Este grupo de insecticidas es el más extenso y adaptable en uso en la actualidad. Son eficaces para combatir insectos y arácnidos mediante contacto, ingestión o fumigación. Los ésteres organofosforados incluyen notables agentes sistémicos como el Dimetoato, Forate y Demetón, que son absorbidos por las raíces y las hojas y afectan únicamente a los insectos de tipo penetrante y succionador. A

menudo, estos compuestos son beneficiosos en enfoques modernos de control integrado (Rey 2019).



Figura 6. Abuso de los plaguicidas en los cultivos

Fuente: (Rueda 2020)

La interacción entre plaguicidas, suelo y agua tiene un valor significativo debido al impacto de estas sustancias en el entorno, especialmente en las aplicaciones aéreas donde una parte sustancial del producto llega al suelo o a cuerpos de agua. También, las lluvias pueden provocar el lavado o el arrastre de estos productos, particularmente en tratamientos foliares. Sin embargo, los compuestos organofosforados cuentan con una ventaja notable, ya que se degradan rápidamente de manera biológica y química tanto en las plantas como en los animales y el suelo, transformándose en materiales no tóxicos (Hernández y Orozco 2020).



Figura 7. Métodos de plaguicidas en aerosol para plantaciones

Fuente: (Environment 2021)

La mayoría de los microorganismos presentes en el suelo obtienen su fuente de energía y nutrientes de la materia orgánica. Dado que la mayoría de los plaguicidas son compuestos orgánicos, estos se ven afectados por la actividad microbiana, lo cual constituye el principal proceso para su degradación y descomposición. Esta actividad está influenciada por diversos factores, como el contenido de materia orgánica, la temperatura, la humedad, el pH y los nutrientes minerales presentes en el suelo. Estas condiciones favorables promueven el desarrollo de los microorganismos y, como resultado, los plaguicidas experimentan una descomposición más rápida (González *et al.* 2018).

2.2 MARCO METODOLÓGICO

En cuanto al desarrollo de este estudio de caso, el tipo de investigación realizada se basa en un estudio bibliográfico y documental, donde se realizaron descripciones de las características del fenómeno analizado, sin efectuar cambios en las variables de estudio, el propósito de este tipo de estudio se basa en obtener nuevos conocimientos.

En referencia al estudio documental o bibliográfico se basó en una revisión exhaustiva y análisis realizado de varias fuentes documentales y de literaturas que se encuentran relacionadas con los insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción en los sembríos. Además, estos datos recopilados y sintetizados permiten el desarrollo de este análisis de estudio, los documentos recopilados se basaron en revistas, artículos científicos, libros relacionados con el tema central del estudio, además los documentos considerados tuvieron una antigüedad de 5 años previo al año actual, de varios autores que permitirán conocer a fondo y con detalles el presente estudio.

En referencia al método de investigación, este estudio se basa en un método no experimental con enfoque cualitativo basado en la comprensión y exploración subjetiva de los acontecimientos que se evidencian, este método permite que se revelen perspectivas, significados y patrones que no se pueden cuantificar. En este

estudio también se aplicó la técnica de análisis, síntesis de la información obtenida para el estudio realizado.

2.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el análisis de los insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción en los sembríos revelan una serie de hallazgos significativos donde se ha confirmado que los insecticidas organofosforados ejercen una acción mediante un proceso de inhibición de la enzima “acetilcolinesterasa” que afecta al sistema nervioso del grupo de los insectos. Esta inhibición se basa en acumular esta enzima en la sinapsis del sistema nervioso, lo que provoca una hiperexcitación neuronal que conlleva a la parálisis o muerte de este grupo animal.

En los resultados se ha logrado identificar sobre la importancia de los insecticidas organofosforados que tienen en la agricultura y el control de las plagas durante muchos años debido a la alta eficacia que tienen en cuanto a la eliminación de estos insectos que causan afectaciones en los cultivos. No obstante, es fundamental decir que los insecticidas tienen ventajas como la efectividad en el control de plagas ante una variedad, la acción se basa en atacar el sistema nervioso que logra llevar la rápida eliminación de la plaga.

En cuanto a los tipos de insecticidas organofosforados se evidenció que existe una amplia existencia de los más utilizados para el control de enfermedades y plagas, estos productos químicos se encuentran divididos como los clorpirifos, malatión, diazinón, paratión, fentión, metil paratión, siendo los más frecuentes que se haya utilizado en la agricultura. Esto indica la importancia de tener en consideración de las preocupaciones vinculadas en el impacto de la salud humana y en el medio ambiente, estas consideraciones son importantes para la utilización segura y responsable.

Además, los resultados muestran que los insecticidas organofosforados poseen una elevada efectividad en cuanto al tema de control de insectos en los

sembríos, la acción que ejercer en el sistema nervioso de los insectos que los proyecta con mayor eficiencia para disminuir las plagas y ejercer como una protección hacia los cultivos.

En referencia a lo que se ha observado es una creciente en cuanto a la vinculación directa de la resistencia de los insectos hacia los insecticidas organofosforados debido a su frecuente utilización. Esto indica la importancia de poder implementar el adecuado manejo de plagas para la prevención de resistencia y que exista una mayor eficacia en cuanto al tema de los insecticidas.

Los resultados señalan que los insecticidas organofosforados logran representar un alto riesgo para la salud de las personas, debido a los compuestos que contienen para poder inhibir la enzima acetilcolinesterasa en las personas en ciertas circunstancias. Por lo cual, es importante continuar con un adecuado manejo y aplicación de estos químicos para proteger la salud de los agricultores y la población en general que se encuentre en exposición constante.

Se han logrado indicar la importancia de posibles alternativas que resultan más sostenibles para el medio ambiente en el control de los insectos en los cultivos. La capacidad de diversificación de métodos en el manejo adecuado de insectos incluye la utilización de rotación de productos donde se logran disminuir los insecticidas organofosforados para reducir los impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

2.4 Discusión de resultados

En referencia a lo analizado en el desarrollo del estudio de caso sobre los insecticidas organofosforados y su modo de operación en los cultivos han revelado una serie de descubrimientos importantes. Se ha verificado que estos insecticidas actúan a través de la inhibición de una enzima llamada "acetilcolinesterasa", lo que impacta en el sistema nervioso de los insectos.

En referencia a lo mencionado por Vargas *et al.* (2019) por los pesticidas organofosforados constituyen una extensa variedad de compuestos químicos sintéticos, los cuales suelen ser altamente tóxicos. Estos productos tienen su origen en los gases utilizados en la guerra, a menudo referidos como "gases nerviosos". En concordancia en lo que indicó (Manzanares 2019) sobre la importancia de emplear los insecticidas organofosforados con precaución, siguiendo las normativas y recomendaciones específicas debido a su elevada toxicidad tanto para la salud humana como para el entorno.

En lo recopilado en el estudio permite identificar la importancia y eficacia de los insecticidas organofosforados en la agricultura para combatir plagas. Estos productos actúan perturbando el sistema nervioso de los insectos, lo que resulta en una rápida eliminación de las plagas que amenazan los cultivos.

En referencia a lo que menciona (Rubiano *et al.* 2019) los insecticidas organofosforados son empleados en la agricultura para el control de plagas al interferir con la función de la acetilcolinesterasa en el sistema nervioso de los insectos. Mientras que (Rey 2019) mencionó que la utilización de insecticidas en la agricultura desempeña un papel importante en el control de plagas, lo que resulta en una disminución de los daños que estas plagas pueden causar en los cultivos. Esto, a su vez, contribuye al aumento de la productividad en las áreas agrícolas.

En referencia a los tipos de insecticidas organofosforados se ha determinado que existen varios que son fundamentales en el control de las plagas en sembríos o cultivos, habitualmente se encuentran los más utilizados como los Clorpirifos que se son empleados en las verduras, frutas, así como en los jardines de los hogares, además, se ha determinado el uso de malatión que es un insecticida muy frecuente su uso, sin embargo, por su elevada toxicidad se ha limitado su utilización. En base a lo que indica (Chirinos *et al.* 2020) donde menciona que los insecticidas organofosforados que más son usados detallan a los Clorpirifos, malatión, Diazinón, paratión, fentión y el metil paratión que controlan la variedad de plagas, y se utilizan de forma limitada en varios países.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones

En referencia al estudio de caso, el análisis de los insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción en los sembríos revela una serie de conclusiones en relación con los objetivos planteados;

- Se ha logrado determinar que la importancia de los insecticidas organofosforados en los sembríos, demuestran que estos insecticidas logran desempeñar un rol importante en cuanto a la protección de los sembríos contra las plagas tienen una alta efectividad en el control de los insectos que originan un impacto negativo en la producción agrícola y la seguridad alimentaria.
- Se han identificado los tipos de insecticidas organofosforados y el mecanismo de acción, lo que se basa en la inhibición de la enzima “acetilcolinesterasa” en el sistema nervioso de los insectos donde origina parálisis en el animal y posterior la muerte.
- Se ha logrado analizar que los insecticidas organofosforados continúan siendo un instrumento importante para controlar las plagas, pero su utilización deber ser controlado y regularizado de forma responsable para la prevención de riesgos para el medio ambiente y para la salud humana.

3.2 Recomendaciones

En base a la revisión bibliográfica realizada sobre el análisis de los insecticidas organofosforados y su mecanismo de acción en los sembríos, y las conclusiones obtenidas se han determinado las siguientes importantes recomendaciones;

- Se recomienda implementar regulaciones y directrices para la utilización de insecticidas organofosforados en los sembríos por parte de los agricultores y aplicadores para recibir capacitaciones en las prácticas de manejo y aplicación de forma adecuada, así como tener en claro las dosis y frecuencia para la prevención de riesgos.
- Establecer programas de control y monitoreo adecuado para efectuar una evaluación de la eficacia en los insecticidas organofosforados en el control de estas plagas en los sembríos, la detección de signos de forma temprana permitirá tener en cuenta las medidas preventivas y realizar un ajustamiento estratégico de manejo.
- Adoptar nuevos enfoques que se encuentren integrados en el manejo y control de insecticidas que se encuentran en los sembríos. La diversificación de los métodos se basa en utilizar trampas y rotar los cultivos, disminuyera la presión sobre los insecticidas organofosforados y reducirá los riesgos ambientales.
- Realizar una inversión en el estudio y desarrollo de cambios más sostenibles y seguros para poder controlar las plagas de insectos, los esfuerzos se basan en centrar la identificación de nuevos compuestos en cuanto a los métodos culturales y biológicos.

IV. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1 Referencias Bibliográficas

- Arroyo, F., & Torres, C. 2020. Biological Control: A tool for sustainable agriculture, a point of view of its benefits in Ecuador. *Revista Scielo*, 1-18.
- Avello, C. 2020. Exposición ocupacional a plaguicidas en cultivadores de tomate en áreas rurales de la provincia alto Ricaurte departamento de Boyacá. *Gestión de la seguridad y la salud en el trabajo* 1(1). DOI: <https://doi.org/10.15765/gsst.v1i1.1582>.
- Castillo, B; Ruiz, J; Manrique, M; Pozo, C. 2020. Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). ISSN 41(10).
- Castillo, B; Castillo, V. 2021. Uso de plaguicidas químicos en tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero y campo en Loja, Ecuador. *CEDAMAZ* 11(1).
- Chirinos, D; Castro, R; Cun, J; Castro, J; Peñarrieta, S; Solis, L; Geraud, F. 2019. Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria* 21(1). DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276.
- Díaz, J. 2020. Identificación y cuantificación de residuos de plaguicidas en hortalizas de alto consumo comercializadas en mercados y supermercados de Managua. *Revista Torreón Universitario* 8(23). DOI: <https://doi.org/10.5377/torreon.v8i23.9532>.
- FAO. 2020. Los plaguicidas, en cuanto contaminantes del agua. *Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55)* .
- Fiel, M; Rodríguez, N; Macías, F; Navarro, R; Florido, B. 2020. Bioplaguicidas fúngicos y botánicos en el manejo sustentable de plagas en la agricultura moderna. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 20(30).

- González, R; Flores, M; Guerrero, E; Mendoza, R; Cárdenas, A; Aguirre, LA; Cerna, E. 2018. Efecto insecticida de extractos vegetales, sobre larvas de *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae) en laboratorio. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(2). DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i2.1237>.
- Guerrero, R; Lascano, M; López, D; Figueroa, LE. 2021. Vigilancia de la resistencia a los insecticidas organosintéticos en *Anopheles albimanus* y *Aedes aegypti* de Ecuador 2019. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* .
- Henao, L; Triana, T; Galindo, C; Bernal, M. 2020. Toxicidad de tres insecticidas organofosforados en embriones de anuros a diferentes temperaturas. *Acta Biológica Colombiana* 26(1). DOI: <https://doi.org/10.15446/abc.v26n1.78618>.
- Hernández, F; Orozco, F. 2020. Nanoformulaciones de bioinsecticidas botánicos para el control de plagas agrícolas. *Revista de la Facultad de Ciencias* 9(1). DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.81401>.
- Karunairajan, R. 2019. Utilización de plaguicidas e insecticidas. *Revista de Ciencias Ambientales* 2(1). DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.2-1.7>.
- López, L; Pérez, A; García, M; Juárez, M; Dávila, M. 2023. Efectividad de cuatro insecticidas para el control de ácaros (*Tetranychus urticae* y *Panonychus citri*), en limón persa (*Citrus latifolia* L.) en la zona centro de Veracruz. *Revista Biológico-Agropecuaria Tuxpan* 10(2). DOI: <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v10i2.428>.
- Manzanares, R. 2019. Sistematización del uso de insecticidas botánicos registrados y no registrados en Nicaragua. Maestría en Gestión de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias.
- OMS. (2021). Vigilancia y resistencia de los insecticidas. *Revista de la Organización Mundial de la Salud*, 1-17. Obtenido de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=2623:2010-resistance-insecticides&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0
- Ortega, J; Yezioro, S; Benavides, B; Báez, L. 2017. Efectos teratogénicos de insecticidas organofosforados en la etiología de labio y paladar hendido:

revisión de literatura. Revista Nacional de Odontología 13(24). DOI:
<https://doi.org/10.16925/od.v12i24.1658>.

Pouey, F., & Solís, L. 2020. Los insecticidas y el control de plagas agrícolas. Revista Redalyc, 21(1), 1-16.
doi:https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276.

Segarra, V., Bayas, K., & Gonzaga, A. 2019. Organophosphorus poisoning treatment. Reciamuc, 3(2), 503-530.
doi:10.26020/reciamuc/3.(2).abril.2019.503-545

Rey, G. 2018. Determinación de los grados de resistencia al insecticida temefos en poblaciones de. Tesis universidad nacional de Colombia facultad de medicina maestría en infecciones y salud en el trópico 2011.

Rey, L; Vargas, J; Vergara, E; Londoño, E. 2020. Efecto genotóxico de la exposición ocupacional a insecticidas organofosforados y piretroides, evaluado por la prueba de micronúcleos: Revisión de la literatura. Saltem Scientia Spiritus 6(1).

Rubiano, J; Fuentes, E; Ramírez, C. 2019. Variabilidad genética neutral y presencia de mecanismos de resistencia en *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), provenientes de diferentes hospedantes en Chile central. Ciencia & Tecnología Agropecuaria 20(3). DOI:
https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num3_art:1589.

Vargas, K; Troyo, A; Calderón, Ó. 2019. Resistencia de *aedes aegypti* (diptera: culicidae) a insecticidas organofosforados y piretroides en la localidad de Orotina, Alajuela, Costa Rica. Rev. Costarricense de Salud Pública 28(1).

4.2 Anexos



Anexo 1. Productos insecticidas organofosforados “Ectogan” 20 CE
Fuente: (Virbac 2020)



Anexo 2. Presencia de insectos en hojas de sembríos de maíz
Fuente: (Casafe 2021)



Anexo 3. Secuelas originadas por insectos en plantaciones de maíz
Fuente: (Infoagro 2019)



Anexo 4. Uso de insecticidas en plantaciones
Fuente: (Dreamstime 2022)