

Control de artrópodos plaga y vectores: Consideraciones agroambientales y sanitarias

Control of arthropod pests and vectors: Agri-environmental and sanitary considerations

Controllo degli artropodi e dei vettori nocivi: considerazioni agroambientali e sanitarie

Edison Sidney Pascal Bello

Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, "IVIC". Maracaibo – Venezuela.

edisonpascal@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5108-1889>

Resumen

Las plagas de insectos poseen una notable capacidad de adaptación a cambios ambientales, como la exposición a pesticidas, lo que conduce a la resistencia, así como a posibles efectos perjudiciales adversos en la salud de las personas, igualmente el entorno ambiental, ligados a prácticas agrícolas poco sostenibles. Este estudio se enfoca en describir el control de artrópodos plaga y vectores, considerando factores agroambientales, como también sanitarios. La metodología empleada incluyó una exhaustiva búsqueda bibliográfica en Google Académico, Research Gate, Scielo, además de PubMed, guiada por preguntas clave. Los resultados revelaron una alta proporción de artículos rechazados (81.98%) frente a los utilizados (18.02%), con Google Académico como la fuente más relevante. Se destaca la relevancia de los insectos vectores en la transferencia de enfermedades, la interconexión de los ecosistemas, igualmente los efectos adversos de los agroquímicos en la salud de los trabajadores agrícolas, asimismo a la población en general. En conclusión, se enfatiza la necesidad de enfoques integrados, educativos, así como sostenibles para preservar el ambiente, garantizar la agro-producción y promover la sanidad de las poblaciones.

Palabras clave: Insectos plaga, vectores, manejo integrado de plagas, control biológico

Abstract

Arthropod pests have a remarkable capacity to adapt to environmental changes, such as exposure to pesticides, leading to resistance and potential adverse effects on human health and the environment, linked to unsustainable agricultural practices. This study focuses on describing the control of pest arthropods and vectors, considering agro-environmental and health factors. The methodology employed an exhaustive literature search on Google Scholar, ResearchGate, Scielo, and PubMed, guided by key questions. The results revealed a high proportion of rejected articles (81.98%)

compared to those used (18.02%), with Google Scholar being the most relevant source. The relevance of vector insects in disease transmission, the interconnectedness of ecosystems, and the adverse effects of agrochemicals and pesticides on the health of agricultural workers and the general population are highlighted. In conclusion, the need for integrated, educational, and sustainable approaches to preserve the environment, ensure agro-production, and promote the health of populations is emphasized.

Keywords: Pest insects, vectors, integrated pest management, biological control

Riassunto

Gli artropodi nocivi hanno una notevole capacità di adattarsi ai cambiamenti ambientali, come l'esposizione ai pesticidi, portando alla resistenza e a potenziali effetti avversi sulla salute umana e sull'ambiente, legati a pratiche agricole non sostenibili. Questo studio si concentra sulla descrizione del controllo degli artropodi nocivi e dei vettori, considerando fattori agroambientali e sanitari. La metodologia ha impiegato una ricerca esaustiva della letteratura su Google Scholar, ResearchGate, Scielo e PubMed, guidata da domande chiave. I risultati hanno rivelato una alta proporzione di articoli respinti (81,98%) rispetto a quelli utilizzati (18,02%), con Google Scholar come fonte più rilevante. Viene evidenziata la rilevanza degli insetti vettori nella trasmissione di malattie, l'interconnessione degli ecosistemi e gli effetti avversi di agro-chimici e pesticidi sulla salute dei lavoratori agricoli e della popolazione in generale. In conclusione, si sottolinea la necessità di approcci integrati, educativi e sostenibili per preservare l'ambiente, garantire l'agro-produzione e promuovere la salute delle popolazioni.

Parole chiave: insetti nocivi, vettori, lotta integrata, lotta biologica

Introducción

El aumento en la necesidad de alimentos es uno de los desafíos fundamentales a nivel mundial, impulsado por el aumento de la población proyectada diez mil millones de seres humanos próximamente para el 2050. Un aspecto crucial para garantizar la seguridad alimentaria es la reducción de los rendimientos agrícolas causados por insectos plaga, lo que ha llevado a un uso intensivo de insecticidas sintéticos. En algunas regiones de América Latina, el empleo de estos productos se ha incrementado notablemente, con impactos negativos en la salud humana, afectando a una gran proporción de agricultores expuestos (FAO, 2018).

Frente a esta problemática, es fundamental implementar estrategias de manejo con enfoque ecológico, donde se destaca el empleo de insectos benéficos, insectos estériles y una variedad de bioinsecticidas. Estas alternativas han sido desarrolladas para controlar las plagas que amenazan los cultivos más importantes del país, buscando abordar de manera concisa el progreso, igualmente las investigaciones realizadas en México, en el campo del control biológico de insectos plagas. (Zelaya et al., 2022).

En este sentido, los plaguicidas son sustancias químicas que se emplean para repeler, además de erradicar plagas, tales como plantas o animales no deseados. (sobre todos los artrópodos que se comportan como plagas). Los pesticidas pueden agruparse según su aplicación, como fitosanitarios, usados en el cuidado de plantas; ganaderos, empleados en explotaciones pecuarias; alimentarios, utilizados en la producción masiva de alimentos; y ambientales, usados tanto en entidades privadas como en públicas. Además, los plaguicidas pueden categorizarse según su estructura química, lo que incluye grupos como carbamatos (ácido carbámico), cumarinas con sus derivados (plantas fenólicas), arsénicos, ureas con sus derivados (Linurón), dinitrocompuestos, organofosforados, organoclorados, piretroides, organometálicos, triazinas y tiocarbamatos. (FAO, 1996).

Los insectos plaga, tienen la capacidad natural de adaptarse a diversos cambios en su entorno, como la aplicación de pesticidas. Por tanto, el uso constante de estos agroquímicos lleva a la resistencia, que es la capacidad genética que poseen algunos individuos en una población de plagas para sobrevivir a la exposición continua al agente químico. Es decir, el agroquímico deja de ser eficaz al no eliminar a un número suficiente de individuos en la población de animales invertebrados no benéficos. La resistencia es una preocupación a nivel global debido al aumento en el intercambio de material vegetal a escala mundial, lo cual no solo puede favorecer la propagación de plagas, sino también la dispersión de genes de resistencia presentes en estos animales (Cloyd & Cowles, 2010).

Debido al uso generalizado de pesticidas y su eficacia en la producción agropecuaria, se han descuidado otras estrategias de control de plagas más económicas, además de ser sostenibles, esto ha aumentado los efectos adversos

tanto en el medio ambiente como en la salud humana. Los intentos de emplear enfoques distintos para el manejo de plagas comenzaron en 1903 con la introducción de *Hippodamia convergens* y *Rhizobius ventralis*, especies depredadoras de áfidos, asimismo de cochinillas negras, respectivamente. Más adelante, se han llevado a cabo 172 programas de introducción de enemigos naturales siguiendo la misma línea de control biológico clásico. (Vargas, 1998).

El uso indiscriminado de pesticidas ha traído consigo diversas consecuencias adversas en el entorno ambiental, así como en la sanidad en las personas. En primer lugar, el empleo inapropiado o descuidado de químicos puede dañar el ambiente, incluyendo la atmósfera, los cuerpos de agua, la vegetación, el suelo y la fauna silvestre. Si bien, estos agroquímicos están formulados para atacar especies objetivo, pueden impactar a otras especies no blanco, como las abejas, cruciales para la polinización de cultivos, igualmente para la producción de alimentos. Asimismo, el uso desmedido de insecticidas puede propiciar el surgimiento de especies resistentes a los mismos, dificultando su control (Valera, 2020).

Se considera que la mejor manera de controlar las plagas de importancia agrícola es mediante un procedimiento de manejo integrado de plagas, que supone que el uso cuidadoso de estrategias culturales, biológicas y químicas reduce el uso de pesticidas, por lo tanto, la amenaza para organismos no objetivo como las abejas, así como otros artrópodos benéficos. Sin embargo, las prácticas más habituales implican el uso exclusivo de productos químicos, lo que podría tener graves impactos perjudiciales en la salud de las personas, como en el medio ambiente. Por lo tanto, el envenenamiento agudo de insectos beneficiosos durante la aplicación de insecticidas es una preocupación actual, pero la exposición a largo plazo a cantidades mínimas y subletales de los recursos recolectados por las abejas puede causar una disminución gradual de las poblaciones de estas especies de interés agrícola (Ruiz-Toledo, et al., 2018).

Los pesticidas, herramientas para combatir insectos no benéficos, no están exentos de riesgos para la salud humana. De hecho, la prohibición de químicos organofosforados en Europa, Estados Unidos y Canadá durante más de tres décadas es un claro ejemplo de sus efectos adversos. La exposición a insecticidas puede tener

consecuencias variables según el tiempo, la dosis, así como la ocupación de la persona. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha documentado efectos cancerígenos, neurotóxicos, teratogénicos, daños al sistema reproductor, inclusive al sistema nervioso, como resultado de la exposición a estos productos. Entre los efectos más estudiados se encuentran los cancerígenos, lo que ha llevado a la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) a clasificar a estos agroquímicos como "probablemente cancerígenos" (Grupo 2) durante más de dos décadas (Zapata & Miguel, 2019).

Dentro de este marco conceptual, podemos decir que, el uso excesivo de pesticidas puede ocasionar desde efectos leves como irritación en la piel, en los ojos, tos, mareos, náuseas, inclusive diarrea, hasta efectos más graves como mutaciones o cáncer. Estos agroquímicos son inherentemente tóxicos, además que sus ingredientes varían, pero todos contienen sustancias activas destinadas a envenenar las plagas o interferir en su funcionamiento. El empleo indiscriminado de estos productos puede tener consecuencias perjudiciales para la salud humana como en otras formas de vida, estando esto relacionado con prácticas de producción poco sostenibles (Rueda, 2020).

Si bien los agroquímicos son herramientas esenciales para combatir plagas en la agricultura, su uso también se extiende al ámbito de la salud pública. De hecho, resultan cruciales en la lucha contra enfermedades transmitidas por insectos vectores como el dengue, chikungunya o Zika. No obstante, un uso excesivo puede generar resistencia en los vectores, complicando su control, por lo que es fundamental su aplicación de manera prudente, selectiva y específica. La investigación acerca del uso, además del abuso de pesticidas, es fundamental para asegurar una producción de alimentos sostenible y segura, así como para proteger la sanidad, tanto de las poblaciones, como del entorno ambiental (Del Puerto et al., 2014). Esta investigación tiene como objetivo: Describir el control de artrópodos plaga y vectores, considerando los factores agroambientales, como sanitarios.

Fundamentación Teórica

Insectos Plagas

Se refiere a aquellos insectos que causan daños significativos a los cultivos agrícolas, afectando su producción y calidad. Estos insectos pueden provocar pérdidas económicas importantes, lo cual constituye un problema que afecta la seguridad alimentaria. Además, su presencia puede requerir medidas de control para minimizar sus efectos negativos en la agricultura (Loreto & Machado, 2016).

En otras palabras, el término "plaga" hace referencia a cualquier organismo vivo capaz de interrumpir o causar daño a las actividades humanas, como la agricultura, la salud pública, los ecosistemas naturales, incluso los medios de vida. Según Martínez (2010), un brote o plaga se define como la aparición masiva, además abrupta de organismos de la misma especie que causan serios perjuicios a las poblaciones. Estas plagas pueden clasificarse en biológicas, que abarcan patógenos, artrópodos, vertebrados, malezas, lo cual puede provocar daños directos o indirectos en los cultivos, representando un riesgo significativo, asimismo una importancia económica en áreas específicas.

Para controlar las plagas, se emplean diversos métodos como los mecánicos, biológicos, químicos y culturales. La ecología química de los insectos plaga se puede estudiar a través de semioquímicos. Los insectos constituyen el 80% de todos los animales del Filo Arthropoda, con un total de 1.070.781 especies conocidas. Estos organismos desempeñan funciones ecológicas clave en los ecosistemas terrestres, como la polinización y la descomposición de la materia orgánica. Mientras algunos insectos son beneficiosos para los humanos, otros pueden causar perjuicios como la transmisión de enfermedades, de igual forma ser responsables de importantes brotes de plagas (Domínguez, 2015).

Es importante tener presente que los insectos desempeñan una función crucial en los ecosistemas terrestres y acuáticos al actuar como depredadores principales de otros invertebrados, lo que los convierte en elementos fundamentales en el control biológico de las plagas. Asimismo, contribuyen significativamente a la descomposición, además de la eliminación de una parte importante de la materia orgánica, cumpliendo un papel esencial como polinizadores de plantas de relevancia ecológica y agrícola. (Pascal, 2017).

Control o Manejo Integrado de Plagas (M.I.P.)

Según lo planteado por Badii (2001), el Control Integrado de Plagas (CIP) es un sistema de manejo de plagas que, en función del ambiente asociado, así como de la dinámica poblacional de las especies en cuestión, utiliza todos los métodos y tecnologías apropiados de manera compatible con el fin de mantener la densidad poblacional de plagas en niveles económicamente aceptables, al tiempo que preserva la calidad ambiental.

Desde este contexto, el MIP se refiere a una forma de regular las poblaciones de plagas. Este tipo de control es una parte o aspecto de la gestión de recursos que impacta en la conservación y disponibilidad de otros recursos, tanto en el tiempo, como en el espacio (desarrollo sostenible), así como en los valores ecológicos, socioeconómicos, culturales, religiosos, políticos, igualmente en las decisiones y consecuencias que se derivan de ello. (Badii, Landeros & Cerna, 2007).

Manejo Agroecológico de Insectos Plaga

La agroecología surge como una disciplina científica que redefine la agricultura desde una perspectiva ecológica. Se trata de un marco conceptual que busca analizar los procesos agrícolas de manera integral, considerando los ecosistemas agrícolas como unidades fundamentales de estudio. En este enfoque, se analizan en conjunto el ciclo mineral, las transformaciones energéticas, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas que conforman estos ecosistemas.

A diferencia de la investigación agrícola tradicional, que se centra en maximizar la producción de un solo componente, la agroecología busca optimizar el agroecosistema en su totalidad. Este enfoque busca superar las limitaciones de la investigación agrícola convencional, que a menudo no considera las complejas interacciones entre individuos, cultivos, suelo, animales y otros elementos dentro de un sistema agrícola, trascendiendo las consideraciones disciplinarias convencionales. Desde este punto de vista también, se vislumbra el manejo agroecológico de insectos plaga, maximizando lo disponible en el ambiente, haciendo un manejo sostenible de las poblaciones de insectos perjudiciales (Pascal, 2016).

Control Biológico

El Control Biológico emerge como una estrategia de control de plagas inspirada en la observación de la naturaleza. Desde principios del siglo XIX, naturalistas reconocieron la función crucial de los organismos entomófagos en el equilibrio ecológico. Esta estrategia busca restaurar el equilibrio alterado por plagas, utilizando organismos vivos o sus metabolitos para eliminarlas o reducir el daño que causan al ambiente y los seres vivos, es decir al ecosistema en general.

La mayoría de los grupos de insectos albergan especies entomófagas que se alimentan de otros insectos, actuando como depredadores o parásitos. Este control natural de plagas evita el uso de pesticidas químicos, que pueden tener impactos negativos en el ambiente y la salud humana. El objetivo del control biológico es aprovechar estos organismos beneficiosos para controlar plagas de manera sostenible, además de respetuosa con el medio ambiente (Badii, Landeros & Cerna, 2007).

La naturaleza ha provisto a cada plaga de diversos enemigos naturales, los cuales, en la mayoría de los casos, se encuentran en abundancia. Estos aliados naturales se pueden clasificar en tres grupos principales

1. Organismos Parásitos: Organismos que viven a expensas de otro organismo (el hospedero), obteniendo de él nutrientes y albergue. Algunos ejemplos son ciertas especies de avispas, así como de moscas que parasitan a insectos plaga.

2. Depredadores: Organismos que se alimentan de otros organismos, como ciertos insectos, arañas, aves, de igual manera mamíferos que se alimentan de plagas agrícolas.

3. Patógenos: Organismos, como virus, bacterias, hongos y protozoarios, que causan enfermedades en los insectos plaga, reduciendo sus poblaciones.

Estos tres grupos de enemigos naturales desempeñan un papel fundamental en el control natural de las plagas., manteniendo sus poblaciones en equilibrio dentro de los ecosistemas. Comprender, como aprovechar, estas interacciones ecológicas es clave para desarrollar estrategias de control biológico efectivas, además de sostenibles (Badii & Abreu, 2006).

Metodología

El estudio se desarrolló en el contexto de la investigación descriptiva, sustentado en los planteamientos de Hernández et al., (2014). Esto se debe a que el estudio busca identificar, registrar e incluso observar los aspectos principales de la variable en cuestión; metodología adecuada al objetivo propuesto, puesto que permitió describir situaciones y eventos, precisarlas a nivel de las características e identificar los rasgos comunes del fenómeno en estudio. Adicionalmente, este tipo de investigación abre la puerta a la realización de predicciones o propuestas, aunque incipientes, sobre el comportamiento futuro de los elementos analizados.

En complemento con el alcance planteado, se integró la revisión documental, considerando como estrategia; la búsqueda bibliográfica exhaustiva, siendo necesario el establecimiento de criterios tanto de inclusión como exclusión en la selección de artículos con mayor pertinencia, donde también, se tomaron en cuenta, aspectos tales como: la variabilidad, fiabilidad, validez de las producciones seleccionadas.

Posteriormente, se recopiló, analizó, así como, se sintetizó la información publicada sobre el tema, identificando, a su vez discutiendo, los hallazgos clave, tendencias, lagunas en el conocimiento, para finalmente extraer deducciones basadas en la revisión de la literatura. La estructura del artículo incluye una introducción más extensa que contextualiza el tema, una sección de métodos que describe el enfoque de búsqueda, asimismo en los parámetros de selección, los resultados y discusión que analizan la información revisada, a diferencia de un artículo original que reporta una investigación primaria (Vera, 2009).

Para realizar una búsqueda exhaustiva de la literatura relevante, se plantearon preguntas clave que guiaron el proceso:

- ¿Cómo es el control de plagas desde la perspectiva agroecológica?
- ¿Qué se entiende por un insecto plaga?
- ¿Qué se entiende por un insecto vector?
- ¿Cuáles son los principios del manejo integrado de plagas?
- ¿Qué abarca la entomología médica?

Estas preguntas permitieron enfocar la búsqueda, asegurando que se cubrieran los aspectos fundamentales relacionados con el control de insectos plaga, así como de vectores desde un enfoque agroambiental, como sanitario. Para llevar a cabo la búsqueda, se utilizaron motores de búsqueda de información científica de reconocido prestigio, como Scielo, Google Académico, Research Gate y PubMed, garantizando que la información recopilada fuera la más confiable sobre el tema de interés. La combinación de preguntas guía, junto al uso de fuentes de información científica sólidas aseguró que la revisión bibliográfica fuera meticulosa, enfocándose en los aspectos clave relacionados con el control de insectos plaga y vectores desde una perspectiva agroecológica (Nassi, 2021).

A los efectos de lo antes señalado, se detallan la cantidad de artículos investigados generados por los motores de búsqueda. Así pues, se tienen inicialmente los datos recopilados que incluyen el número total de artículos obtenidos, discriminando los utilizados de los rechazados (Ver Tabla 1). Asimismo, se presentan el total de artículos científicos utilizados, distribuidos de los motores de búsqueda, detallando la cantidad de trabajos encontrados en PubMed, Research Gate, Scielo y Google Académico (Ver Tabla 2). Estos datos son fundamentales para comprender el proceso de indagación, así como de elección de información científica, permitiendo evaluar la efectividad de las estrategias utilizadas, de igual manera, la diversidad de fuentes consultadas en el estudio.

Tabla 1

Total de artículos científicos obtenidos a través de los motores de búsqueda

Cantidad de artículos científicos	Total	Frecuencia Relativa (FR)
Artículos científicos utilizados	31	18.02%
Artículos científicos rechazados	141	81.98%
Total artículos científicos obtenidos	172	100%

Fuente: Elaboración propia (2024)

De acuerdo con los datos concentrados en la Tabla 1, la distribución de los artículos utilizados, muestra de 172 producciones científicas ubicadas, sólo se seleccionaron 31 de estos, equivalente al 18.02%. mientras que la mayoría 141, con 81.98% fueron rechazados, basando los criterios de exclusión en artículos que no eran relevantes en sus títulos y resúmenes, o eran repetidos. Esta acción sugirió un proceso de filtrado estricto.

Tabla 2

Total de artículos científicos consultados por cada motor de búsqueda

Motor de Búsqueda	Total de artículos científicos utilizados	Frecuencia Relativa (FR)
PubMed	01	0.58%
Research Gate	03	1.74%
Scielo	03	1.74%
Google Académico	24	13.95%

Fuente: Elaboración propia (2024)

En cuanto a la cantidad de artículos aceptados (Tabla 2), distribuidos por motores de búsqueda, la mayor parte se obtuvieron de Google Académico con un total de 24 estudios, con el 13.95%, el resto; 7 artículos se ubicaron en los otros motores de búsqueda. Entre los criterios de selección, se encuentran: la calidad de los estudios, relevancia de los resultados, diseño del trabajo y sus objetivos cumplían con los criterios de esta investigación. Este análisis proporcionó una visión general tanto de la selección como de la distribución.

Resultados de la investigación

Incidencia de los artrópodos en la salud pública

Los insectos, como grupo zoológico, tienen una notable capacidad de influir en la salud humana de manera diversa y significativa. Estos organismos pueden generar desde sensaciones agradables, especialmente por su belleza visual, hasta ocasionar molestias e incluso transmitir enfermedades, algunas de las cuales pueden ser sumamente graves, inclusive con altas tasas de mortalidad. Los insectos pueden ejercer una huella característica en la salud pública, ya sea de manera positiva, al proporcionar experiencias agradables, o de manera negativa, al causar problemas de salud que pueden llegar a ser severos e incluso mortales (Pascal, 2022).

Los insectos de interés en salud pública pueden afectar negativamente la salud de las poblaciones de diversas maneras. Algunos causan molestias por su aspecto o picaduras, mientras que otros pueden provocar respuestas inflamatorias en el sitio de la picadura o mordedura, o reacciones más generales como la inhalación de partículas de sus exoesqueletos (Fernández, 1999).

Por otro lado, hay artrópodos que actúan como vectores, los cuales transmiten de forma indirecta patógenos causantes de enfermedades infecciosas, sin ser agentes específicos de la enfermedad. No obstante, encontramos insectos que son elementos indispensables para la propagación de determinadas enfermedades, por lo que su papel es fundamental, pues sin ellos no se propagan ciertas afecciones (Arria, et al., 2005).

Desde una perspectiva sanitaria, los daños causados por las plagas y vectores pueden ser de dos tipos:

1. Daños directos: Cuando la plaga o vector (parásito) se nutre de los líquidos corporales o tejidos de los animales o seres humanos.
2. Daños indirectos: Cuando las especies están vinculadas con la propagación de microorganismos o parásitos causantes de afecciones

En algunos casos, el daño lo provocan solo las larvas o solo el individuo adulto. Sin embargo, en otros casos, ambos estados de desarrollo deben ser considerados como plagas, ya que pueden causar perjuicios (Bueno-Marí, 2009; Pascal, 2023). En

este marco argumental, se destaca la diversidad de formas en que los artrópodos pueden afectar la salud, desde causar molestias físicas hasta transmitir enfermedades infecciosas. Algunos insectos pueden provocar reacciones locales o generales en los individuos, ya sea mediante el contacto físico o la aspiración de sus fragmentos.

Se menciona la importancia de los vectores, artrópodos que transmiten enfermedades sin ser agentes específicos de la enfermedad, así como aquellos insectos necesarios para la transmisión de ciertas enfermedades. Se resalta la relevancia de comprender el papel de estos animales invertebrados en la salud pública y la importancia de implementar medidas de control adecuadas para prevenir la transmisión de enfermedades.

Perspectivas ambientales del control de Insectos plagas

Las perspectivas ambientales del manejo de insectos plaga, incluyen la implementación de métodos preventivos que sean tanto eficaces, como económicos a largo plazo. Estos métodos buscan proteger el agua, los suelos, la biota benéfica, el bienestar de los productores agrícolas, inclusive el bienestar de las personas que consumen sus productos. Además, se destaca la importancia de utilizar estrategias que minimicen las perturbaciones agroecológicas no deseadas, que sean perdurables en el tiempo. En entornos hortícolas tropicales, donde la estacionalidad es menos marcada, se promueve un enfoque preventivo constante debido a la estabilidad térmica, alta precipitación pluvial y fotoperíodo casi constante que favorecen la actividad continua de los insectos plaga.

Los ecosistemas naturales son sistemas complejos e interrelacionados, cuando se produce algún daño en uno de los organismos, esto afectará a toda la cadena ecológica. Por ejemplo, si un pesticida daña ciertas plantas que son el alimento de ciertos insectos, al desaparecer estas plantas, los insectos se verán obligados a buscar otro lugar para encontrar su alimento habitual (Cardona, 1992).

Cabe señalar, estos insectos pueden ser la principal fuente de alimento para determinadas especies de aves durante una etapa de su ciclo de vida. Cuando las

aves llegan a la madurez, consumen otro tipo de insectos que pueden ser considerados plagas. Si los insectos inicialmente afectados se extinguen del ecosistema, esto conllevará la desaparición de las aves que se alimentaban de ellos.

A su vez, esto provocará un incremento en las poblaciones de las plagas que eran consumidas por dichas aves. Este caso ilustra la interdependencia y el funcionamiento del ecosistema, evidenciando los potenciales impactos que pueden tener los pesticidas sobre el medio ambiente. Demuestra cómo la alteración de una parte del sistema puede desencadenar una serie de reacciones en cadena, afectando a múltiples niveles tróficos, generando desequilibrios en la dinámica natural. (FAO, 2020).

En este marco contextual, se destaca la interconexión de los ecosistemas naturales, estableciendo que, cualquier perturbación puede tener efectos en cadena. Se ilustra cómo el impacto de un plaguicida en plantas puede afectar a insectos, aves inclusive provocando desequilibrios en la cadena alimentaria. Resalta la importancia de comprender estas interacciones para adoptar prácticas más sostenibles en la gestión de plagas y la aplicación de sustancias químicas en la producción agropecuaria.

Efectos adversos de los plaguicidas en el ambiente y la salud

Los plaguicidas se consideran microcontaminantes orgánicos que tienen efectos perjudiciales sobre los ecosistemas. El tipo específico de plaguicida determinará el daño o impacto en los organismos vivos. El elemento natural que se contamina con mayor facilidad es el agua, puesto que, al ser arrastrados los plaguicidas, son vertidos en fuentes hídricas como ríos, mares y pozos, se deteriora la pureza del agua, volviéndola tóxica. Este efecto tóxico puede darse a través de dos mecanismos principales:

1. Concentración en tejidos o bioconcentración: Cuando los organismos acuáticos absorben y acumulan los plaguicidas en sus tejidos a niveles más altos que los presentes en el agua.

2. Bioamplificación: Cuando los plaguicidas se van acumulando a lo largo de la cadena alimentaria, aumentando progresivamente sus concentraciones en los organismos de niveles tróficos superiores (Martínez, 2009).

Los plaguicidas, al ser compuestos orgánicos microcontaminantes, tienen un gran potencial de afectar negativamente a los ecosistemas acuáticos. Esto se debe a que el recurso hídrico es el medio que se ve más fácilmente contaminado, debido a que los plaguicidas son arrastrados y vertidos en las fuentes hídricas como ríos, lagos, mares entre otros, dañando la calidad del agua.

De esta manera, el deterioro de las fuentes hídricas por plaguicidas puede tener un impacto devastador en la diversidad de especies orgánicas, así como en el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, afectando a los organismos vivos en diferentes niveles tróficos a través de los procesos de bioconcentración y bioamplificación. Desde el punto de vista sanitario, los impactos negativos de los plaguicidas se pueden clasificar en efectos agudos, como también en efectos crónicos. Los efectos agudos abarcan desde la irritación de ojos, vías respiratorias, inclusive la piel, hasta síntomas más graves que pueden llegar al coma, en los casos más extremos la muerte por intoxicación severa. Por otro lado, los efectos crónicos, que se manifiestan tras una exposición prolongada a bajas concentraciones de plaguicidas, incluyen problemas respiratorios, cáncer, trastornos neurológicos, hormonales, reproductivos, entre otras afecciones.

Estos últimos efectos son particularmente preocupantes debido a que pueden aparecer mucho tiempo después de la exposición inicial, teniendo consecuencias graves para la salud a largo plazo. La exposición a plaguicidas puede ser directa o indirecta. La exposición directa ocurre cuando el contacto directo del individuo implica identificar la fuente de contaminación, mientras que la exposición indirecta se da a través de residuos presentes en alimentos, agua, suelo y aire, afectando a un número más amplio de personas, ya que el individuo no tiene conocimiento de la presencia del contaminante (Anguiano, et al., 2015).

Según estudios de Uribe et al. (2012), trabajando con un periodo medio de exposición de nueve años a plaguicidas resultó en el mayor impacto en el sistema nervioso central. (132 trabajadores agrícolas), con un 95,5% de los casos; además del sistema nervioso central, otros sistemas afectados fueron los órganos de los sentidos (46,2%), el sistema digestivo (33,3%), la piel (21,2%) y otros (19,7%). En el 97,0% (128) de los participantes se encontraron residuos de plaguicidas

organoclorados, mientras que en el 34,1% (45) se detectó inhibición de la enzima acetilcolinesterasa. No se hallaron niveles del metabolito etilentiourea.

En muestras ambientales, los investigadores identificaron presencia de plaguicidas organofosforados en tomates, así como en suelo; de igual manera se detectó presencia de organoclorados en agua y lodo. Estos resultados evidencian la amplia contaminación por plaguicidas en el ambiente, demostrando su acumulación en los organismos, con potenciales efectos adversos para la salud. Este estudio evidencia los graves efectos sobre la salud de los trabajadores agrícolas (incluyendo la población en general), de forma similar a la contaminación ambiental asociada al uso prolongado de insecticidas, lo cual resalta la necesidad de implementar estrategias agroecológicas sostenibles que minimicen estos impactos negativos.

La agroecología y manejo de insectos plaga: desarrollo sostenible y protección ambiental

El reconocido investigador en agroecología, Miguel Altieri, junto a Clara Nicholls (2005), expresan que, la agroecología es la disciplina científica que estudia la agricultura desde una perspectiva ecológica. Se define como un marco conceptual cuyo objetivo es analizar los procesos agrícolas de manera integral. El enfoque agroecológico considera a los agroecosistemas como las unidades básicas de análisis, en las cuales se investigan como un conjunto los ciclos de nutrientes, los flujos de energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas.

A diferencia de los enfoques convencionales que fragmentan los sistemas agrícolas, la agroecología adopta una visión holística que busca entender las interacciones complejas entre los componentes bióticos y abióticos de los agroecosistemas. Esto permite diseñar sistemas de producción más diversificados, resilientes, inclusive autosuficientes, que optimizan el uso de recursos locales, reduciendo la dependencia de insumos externos.

En este escenario, León (2009) enuncia que, la agroecología se enfoca en estudiar la estructura y funciones de los sistemas agrícolas, considerando tanto sus relaciones ecológicas como culturales. Esta definición, aunque aparentemente sencilla, conlleva

varias reflexiones. En primer lugar, se establece que el objeto de estudio de la Agroecología es el agro ecosistema. Sin embargo, esta idea enfrenta desafíos epistemológicos cuando se intenta definirla en un marco que vaya más allá de los límites biofísicos o ecosistémicos.

Un aspecto significativo que se debe abordar en este fenómeno es el de la agrobiodiversidad, la cual, abarca una amplia gama de elementos (en el contexto agroalimentario). Esto incluye las variedades de animales, plantas, microorganismos a nivel genético, de especies, de ecosistemas y agroecosistemas. Todos estos componentes son fundamentales para preservar las funciones principales, la estructura de los procesos tanto de los ecosistemas como de los Ecosistemas Agropecuarios (Sarandón, 2009).

Puede expresarse que la manipulación agroecológica de artrópodos que se comportan como plaga, bajo el enfoque del desarrollo sostenible, demanda la aplicación de estrategias educativas ambientales, ya que se busca utilizar la menor cantidad posible de pesticidas por parte de los miembros de las comunidades, aplicando labores culturales desde una perspectiva medioambiental-ecosistémica, con el propósito de prevenir la contaminación ambiental. Esto implica colocar en marcha programas educativos para un control más apropiado y seguro de los programas agroecológicos (Pascal, 2019).

Podemos notar en este contexto que, se destaca la importancia de la agrobiodiversidad, enfatizando en la necesidad de implementar estrategias educativas ambientales en el manejo agroecológico de insectos plaga para reducir el uso de agroquímicos, promoviendo prácticas sostenibles. Se enfatiza la educación como clave para un control efectivo de los programas agroecológicos, garantizando el cuidado de los ecosistemas y la producción agropecuaria sostenible, a largo plazo.

Conclusiones

Para concluir, podemos resaltar la importancia de abordar la resistencia de las plagas de artrópodos a los pesticidas mediante estrategias de control más sostenibles. La gestión integral de insectos no benéficos (o plagas) como la estrategia

más efectiva para controlar plagas agrícolas de manera segura, protegiendo el medio ambiente. Se enfatiza la necesidad de considerar el impacto de los insectos en la salud humana, promoviendo medidas preventivas para mitigar riesgos.

Además, se subraya la importancia de adoptar perspectivas ambientales en el manejo de insectos plaga, implementando métodos preventivos que protejan los recursos naturales, la integridad física de los agricultores y consumidores, fomentando prácticas agrícolas sostenibles a largo plazo. Este cierre reflexivo resalta la necesidad de enfoques integrados, educativos, así como sostenibles, para garantizar el cuidado de los ecosistemas, la disponibilidad y acceso a alimentos, tanto sanos como nutritivos, resaltando el bienestar general de las comunidades.

Referencias bibliográficas

- Altieri, M.; Nicholls, C. y Fritz, M. (2005). *Manage Insects on your Farm: A guide to ecological strategies*. Sustainable Agriculture Network. ISBN: 1-888626-10-0. Beltsville, MD, USA. <https://ipm.osu.edu/sites/ipm/files/imce/manage%20insects%20on%20your%20farm.pdf>
- Anguiano, L.; Ferrari, A.; Lascano, C.; Soleño, J.; Copes, W.; Pechen, A. y Montagna, C. (2015). Conociendo los efectos adversos de los plaguicidas podremos cuidar nuestra salud y la del ambiente. ISBN 978-987-33-6826-4. <https://n9.cl/4hmlw>
- Arria, M.; Rodríguez-Morales, A. y Franco-Paredes, C. (2005). Ecoepidemiología de las Enfermedades Tropicales en Países de la Cuenca Amazónica. *Revista Per Med Exp. Salud Pública*. Vol. 22, N° 3. <https://n9.cl/54frm>
- Badii, M.H. (2001). Fundamentos del manejo de plagas. *Contacto Ecológico*. 1(1): 20-22. <https://n9.cl/3is0a2>
- Badii, M.; Landeros, J. y Cerna, E. (2007). Manejo sustentable de plagas o manejo integral de plagas un apoyo al desarrollo sustentable. *Culcyt*. Año 4, No 23. <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/423>
- Badii, M.H. y Abreu, J.L. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *International Journal of Good Conscience*. 1(1): 82-89. [http://www.spentamexico.org/v1-n1/1\(1\)%2082-89.pdf](http://www.spentamexico.org/v1-n1/1(1)%2082-89.pdf)
- Bueno-Marí, R.; Moreno-Marí, J.; Oltrá-Moscardó, M. y Jiménez-Peydró, R. (2009). Artrópodos con interés vectorial en la salud pública en España. *Revista Especializada de Salud Pública*. Vol. 83, N° 2. <https://n9.cl/22ubi>

- Cardona, C. (1992). El Manejo Integrado de Plagas: Análisis y perspectivas. programa de frijol, centro internacional de agricultura tropical, CIAT, AA 671,3, Cali, Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209118292003.pdf>
- Cloyd, R. A. & Cowles, R. S. (2010). Manejo de resistencia: principios de resistencia, modo de acción y rotación de insecticidas. Connect Agric Exp Stn, 1-12. https://www.business.ct.gov/-/media/caes/documents/publications/fact_sheets/forestry_and_horticulture/2010resistancefactsheetksucaesspanishpdf.pdf
- Del Puerto-Rodríguez, A.M.; Suárez-Tamayo, S. y Palacio-Estrada, D.E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387. <https://n9.cl/eftw2>
- Domínguez, A. (2015). Estudios dirigidos a la ecología química de insectos plaga mediante semioquímicos. Universitat de Barcelona, España. https://deposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/121764/3/02.ADC_2de12.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2020). 2020 superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura mundial de la agricultura y la alimentación. <https://n9.cl/y7o1d>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1996). Sigue las semillas. <http://www.fao.org/docrep/W1604S/w1604s04.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. El futuro de la alimentación y la agricultura: vías alternativas hacia el 2050. Versión resumida. Rome. 64 pp. <http://www.fao.org/3/CA1553ES/ca1553es.pdf>.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición, editorial Mc Graw Hill. México DF.
- León-Sicard, T. (2009). Agroecología: Desafíos de una ciencia ambiental en construcción. Capítulo 2. Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. Editor/compilador: Altieri, M. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Medellín, Colombia. Disponible en: [file:///C:/Users/tutor/Downloads/19_agroecologia%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/tutor/Downloads/19_agroecologia%20(2).pdf)
- Loreto, F. y Machado, J. (2016). Insectos plagas de mayor importancia económica en los cultivos de melón y pimentón en Butare, municipio colina, estado falcón. *Koinonia*. Año I. Vol I. N°2. <https://www.redalyc.org/pdf/5768/576866906004.pdf>
- Martínez, N. (2010). Manejo integrado de plagas: Una solución a la contaminación ambiental. *Comunidad y Salud*, 8(1), 073-082. <https://n9.cl/9jye5> .

Nassi, L. (2021). El papel de los artículos de revisión va más allá de sintetizar el conocimiento actual sobre un tema de investigación. Scielo en Perspectiva. Disponible en: <https://n9.cl/m68zc>

Pascal-Bello, E. (2023). El control ecológico y la ecoepidemiología en el manejo de artrópodos de interés en salud pública. *Redieluz*, 13(1), 213 - 218. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8127308>

Pascal, E. (2019). Ecoeducación: Herramienta Pedagógica para el Manejo Agroecológico de Insectos Plaga en el Asentamiento Campesino Nueva Venezuela. Tesis de Grado Doctoral. Universidad Nacional Exp. Rafael María Baralt (UNERMB), Cabimas, Venezuela. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13287.05280>

Pascal, E. (2017). *Insectos acuáticos como indicadores de calidad de aguas, en una laguna con potencial acuícola*. Editorial Académica Española. ISBN: 978-3-659-65850-1. <https://n9.cl/i9xfv>

Pascal, E. (2016). Agroecología y Manejo de Insectos Plaga. Memorias arbitradas de las IV Jornadas Científicas del Departamento de Ciencias Naturales, UNERMB. ISBN: 978-980-6792-68-5. https://www.academia.edu/105546891/Agroecolog%C3%ADA_y_Manejo_de_Insectos_Plaga

Zapata-Quispe, R. y Miguel-Zacarías, Y.M. (2019). *Exposición ocupacional a pesticidas y el riesgo a enfermedades neurodegenerativas en trabajadores*. [Trabajo especial de grado de especialista]. Repositorio digital de la Universidad Privada Norbert Wiener. Facultad de ciencias de la salud, Lima. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/20.500.13053/2894>

Rueda, A. (2020). El Abuso de plaguicidas y sus riesgos. Salud con lupa. <https://saludconlupa.com/comprueba/el-abuso-de-plaguicidas-y-sus-riesgos/>

Ruiz-Toledo, J.; Vandame, R.; Castro-Chan, R. A.; Penilla-Navarro, R. P.; Gómez, J. & Sánchez, D. (2018). Organochlorine Pesticides in Honey and Pollen Samples from Managed Colonies of the Honey Bee *Apis mellifera Linnaeus* and the Stingless Bee *Scaptotrigona mexicana* Guérin from Southern, Mexico. *Insects*, 9(2), 54. <https://doi.org/10.3390/insects9020054>

Vargas, M. (1998). Racionalización del uso de pesticidas en Chile. Reporte Técnico. Chile. <https://n9.cl/fznlk>

Valera, M. (2020). Pesticidas y medio ambiente. Ecovidrio. Disponible en: <https://hablandoenvidrio.com/pesticidas-medio-ambiente/>

Varona-Uribe, M.; Castro-René, A.; Paéz, M.I.; Carvajal, N.; Barbosa, E.; León, L. M.; Díaz, S.M. (2012). Impacto en la salud y el medio ambiente por exposición a plaguicidas e implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de



tomate. *Revista Chilena de Salud Pública*; 16(2): 96-106.
<https://pesquisa.bvsalud.org/gim/resource/fr/lil-712363>

Vera-Carrasco, O. (2009). Cómo escribir artículos de revisión. *Revista Médica La Paz*, 15(1). 63-69. <https://n9.cl/ustk>

Zelaya-Molina, L.X.; Chávez-Díaz, I.F. De los Santos-Villalobos, S.; Cruz-Cárdenas, C.I.; Ruíz-Ramírez, S. & Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(spe27), 69-79. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>