



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC

**FACULTAD DE INGENIERÍAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE LA
NATURALEZA**

TÍTULO DEL TRABAJO:

**“ANÁLISIS DE MÉTODOS DE APLICACIÓN DE CONTROLADORES QUÍMICOS EN
EL MANEJO DE INSECTOS PLAGAS EN EL CULTIVO DE ARROZ, ECUADOR”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CARRERA:

AGRONOMÍA

TÍTULO A OBTENER:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR (A):

MOLLIE LILIBETH RONQUILLO RENDON

TUTOR:

JOSÉ IBRAHIM HERNÁNDEZ ROSAS, PhD.

SAMBORONDÓN

2025

Dedicatoria

A mi mamá Laura Rendon y a mi hermana Dubraska García, les dedico este logro con todo mi amor y gratitud.

Mamá, gracias por ser mi pilar, mi apoyo incondicional y mi fuente de inspiración. Este logro es tan tuyo como mío.

Dubraska, gracias por estar siempre a mi lado, por tu apoyo y tu amor.

Gracias por creer en mí y por ser mi motivación constante.



ANEXO No. 12
PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR

Samborondón, 15 de agosto de 2025

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Unidad Académica: Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: ANÁLISIS DE MÉTODOS DE APLICACIÓN DE CONTROLADORES QUÍMICOS EN EL MANEJO DE INSECTOS PLAGAS EN EL CULTIVO DE ARROZ, ECUADOR, fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, por lo que se autoriza a la estudiante, MOLLIE LILIBETH RONQUILLO RENDON, para que proceda con la presentación oral del mismo.

Atentamente,



José Ibrahim Hernández Rosas, PhD.

Tutor



ANEXO No. 10

PROCESO DE TITULACIÓN CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: ANÁLISIS DE MÉTODOS DE APLICACIÓN DE CONTROLADORES QUÍMICOS EN EL MANEJO DE INSECTOS PLAGAS EN EL CULTIVO DE ARROZ, ECUADOR, elaborado por MOLLIE LILIBETH RONQUILLO RENDON, fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del 9% mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta print de pantalla de dicho resultado.



Atentamente,



José Ibrahim Hernández Rosas, PhD.

Tutor

Resumen

El siguiente trabajo aborda como problema principal el análisis comparativo de diferentes formas de aplicación de controladores químicos en el subsector arrocerero del Ecuador, desde el inicio de su uso en la agricultura de este país. El tema también implica la búsqueda de prácticas técnicamente viables, ambiental y socialmente responsables, aplicables a la agricultura, para poder ofrecer recomendaciones técnicas que sirvan de base para la toma de decisiones de los agricultores y la planificación de políticas públicas. Como método, se llevó a cabo la búsqueda bibliográfica, descriptiva y analítica, a partir de la recopilación sistemática de 70 documentos científicos, técnicos e institucionales producidos entre 2010 y 2024, siguiendo la metodología PRISMA. Se analizaron métodos como la pulverización foliar, la aplicación granular y el tratamiento de semillas, la inyección localizada, la microdosificación y la fumigación aérea con drones, sus beneficios y desventajas, su impacto ambiental y su seguridad. Los resultados muestran que la vía de aplicación más utilizada es la pulverización foliar por ser barata y de fácil disponibilidad, pero con riesgo de sobredosis, deriva y exposición del aplicador. La investigación beneficia a la ciencia agronómica, proporcionando evidencia y metodología que se puede adaptar al cultivo de arroz en condiciones ecuatorianas para mejorar su manejo y optimizar la producción.

Palabras claves: Métodos de aplicación, plagas del arroz, agricultura ecuatoriana, sostenibilidad agrícola, controladores químicos.

Abstract

The following paper addresses as a main problem the comparative analysis of different forms of application of chemical controllers in the rice subsector of Ecuador, since the beginning of their use in agriculture in this country. The topic also involves the search for technically feasible, environmentally and socially responsible practices applicable to agriculture, in order to offer technical recommendations that serve as a basis for farmers' decision-making and public policy planning. As a method, the bibliographic, descriptive and analytical search was carried out, based on the systematic collection of 70 scientific, technical and institutional documents produced between 2010 and 2024, following the PRISMA methodology. Methods such as foliar spraying, granular application and seed treatment, localized injection, microdosing and aerial spraying with drones, their benefits and disadvantages, their environmental impact and their safety were analyzed. The results show that the most used application route is foliar spray because it is cheap and easily available, but with a risk of overdose, drift and exposure of the applicator. The research benefits agronomic science, providing evidence and methodology that can be adapted to rice cultivation in Ecuadorian conditions to improve its management and optimize production.

Key words: Application methods, rice pests, Ecuadorian agriculture, agricultural sustainability, chemical controllers.

ÍNDICE

Dedicatoria	2
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR	3
Resumen	5
Abstract	6
Índice.....	7
Índice de Tablas	9
Índice de Figuras	9
1 Introducción.....	10
1.1 Planteamiento del problema	11
1.2 Preguntas de investigación.....	12
1.2.1 Preguntas específicas:	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 Justificación.....	14
2 Bases teóricas	16
2.1 Antecedentes	16
2.2 Principales insectos plagas del arroz.....	17
2.3 Métodos de Aplicación de Controladores Químicos.....	18
2.3.1 Pulverización foliar	18
2.3.2 Inyección localizada	18
2.3.3 Granulados (carbofurán, clorantraniliprol).....	19
2.3.4 Micro dosificación localizada	19
2.3.5 Tratamiento de semillas	19
2.3.6 Fumigación aérea o con drones	20
2.4 Comparación de métodos.....	20

2.4.1	Cuadro comparativo entre métodos (eficacia, sostenibilidad, seguridad).....	20
2.4.2	Riesgos para la salud humana y al medio ambiente.....	23
3	Alcance y metodología de la investigación	24
3.1	Enfoque de la investigación.....	24
3.1.1	Tipo de investigación.....	24
3.1.2	Diseño de investigación.....	25
3.1.3	Delimitación de la investigación.....	25
3.2	Variables	26
3.2.1	Variable independiente.....	26
3.2.2	Variable dependiente.....	26
3.3	Hipótesis	27
3.3.1	Hipótesis general:.....	27
3.4	Diseño experimental.....	27
3.5	Recursos	27
3.6	Métodos y técnicas.....	27
4	Análisis de Resultados.....	29
4.1	Resultados	30
4.2	Métodos de aplicación de controladores químicos documentados en investigaciones nacionales e internacionales, mediante un cuadro comparativo que permita evaluar su eficacia y aplicabilidad en el contexto ecuatoriano.....	33
4.3	Riesgos asociados a los métodos de aplicación de controladores químicos utilizados en el manejo de insectos plaga en el cultivo de arroz en Ecuador	40
4.4	Beneficios asociados a los distintos métodos de aplicación de controladores químicos empleados en el cultivo de arroz en Ecuador, considerando sus implicaciones técnicas, ambientales y socioeconómicas	43
5	Discusión	48
6	Conclusiones.....	51
7	Recomendaciones.....	53

8	Referencias	55
---	-------------------	----

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Cronograma de actividades</i>	<i>28</i>
Tabla 2	<i>Documentos revisados</i>	<i>30</i>
Tabla 3	<i>Métodos de aplicación de controladores químicos en arroz</i>	<i>36</i>
Tabla 4	<i>Riesgos de los métodos de aplicación</i>	<i>42</i>
Tabla 5	<i>Resumen de Beneficios y Limitaciones de Métodos de Aplicación de Controladores Químicos en el Cultivo de Arroz en Ecuador</i>	<i>45</i>

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Mapa del Ecuador</i>	<i>25</i>
Figura 2	<i>Distribución porcentual de los tipos de documentos</i>	<i>31</i>
Figura 3	<i>Vigencia del tema según año de aplicación</i>	<i>32</i>
Figura 4	<i>Nivel de aplicabilidad de los métodos en Ecuador</i>	<i>37</i>
Figura 5	<i>Número de estudios de acuerdo al tipo de método de aplicación</i>	<i>39</i>
Figura 6	<i>Métodos de aplicación de controladores químicos</i>	<i>40</i>
Figura 7	<i>Beneficios asociados a los distintos métodos de aplicación de controladores químicos empleados</i>	<i>46</i>

1 Introducción

El arroz (*Oryza sativa*) es el segundo cultivo más importante en el mundo y el alimento de mayor importancia para más de la mitad de la población mundial y es esencial para la seguridad alimentaria, la economía rural y la estabilidad social, sobre todo en los países en vías de desarrollo (Bhavanam & Stout, 2022).

En términos fitosanitarios, los controladores químicos son compuestos sintéticos o naturales formulados industrialmente para prevenir, repeler o matar plagas, al interferir con su sistema nervioso, metabólico o reproductivo (FAO, 2023). Por el otro, los métodos de aplicación son las técnicas o maneras de depositar sobre el blanco biológico, suelo o ambiente de cultivo estos controladores, tales como la aspersión foliar, el tratamiento de semillas, la aplicación al suelo o el uso de equipos automatizados, con implicaciones en eficacia, cobertura, persistencia y seguridad (Horgan et al., 2021).

En Ecuador, el arroz se ve amenazado por insectos plaga como el chinche del arroz (*Leptocorisa oratorius*) y el barrenador del tallo (*Scirpophaga incertulas*), que disminuyen el rendimiento y deterioran el grano (Ganesan et al., 2015). La principal medida de control ha sido el uso de controladores químicos, principalmente en forma de aplicaciones foliares, pero sin criterios técnicos estandarizados en base a umbrales económicos, condiciones agroecológicas y riesgos (Mollocana-Lara & Gonzales-Zubiate, 2020).

La ausencia de protocolos estandarizados y capacitación técnica ha generado problemas como resistencia de plagas, reducción de insectos beneficiosos, contaminación ambiental y riesgos para la salud humana (Peng, Xie, Guo, Keyhani, & Zeng, 2021). Aunque se han incorporado técnicas alternativas, como el control biológico o el uso de extractos naturales, su integración con los métodos químicos aún es incipiente (Rodríguez, Pérez, & Socorro, 2018). En este contexto es fundamental comparar las formas de aplicación de

controladores químicos más comunes en el cultivo de arroz en Ecuador, su eficacia, riesgos y beneficios para recomendar prácticas más seguras, sostenibles y adaptadas a las condiciones locales.

1.1 Planteamiento del problema

La producción de arroz representa un elemento crucial en la seguridad alimentaria de Ecuador, donde el consumo per cápita se sitúa en 53.2 kg por persona anualmente, estableciendo al país como uno de los principales consumidores de arroz en América Latina (Villamar, V, Ortiz, & Valenzuela, 2025). No obstante, esta relevancia agrícola y económica se encuentra en peligro debido a la persistente presencia de insectos plaga que amenazan la productividad y la calidad del cultivo (Alvarado, y otros, 2023).

La forma más común de deshacerse de estas plagas sigue siendo usar productos químicos, que funcionan de inmediato pero conllevan muchos riesgos. Usar demasiado de algo sin la ayuda técnica adecuada no solo hace que los insectos sean resistentes, sino que también daña la salud de las personas y el medio ambiente. Estudios modernos muestran que los trabajadores agrícolas ecuatorianos que usan muchos pesticidas, especialmente en cultivos como el arroz, tienen más probabilidades de tener problemas neurológicos, inmunológicos y respiratorios. Esto se debe a que trabajan en un entorno con poca supervisión y sin suficiente capacitación técnica (Villegas, 2025).

En Ecuador, las formas en que se implementan los controladores químicos varían mucho de una región a otra y de un productor a otro. Estos pasos implican el uso de aerosoles foliares, el tratamiento del suelo y la realización de aplicaciones específicas en diferentes etapas del crecimiento del cultivo. Pero existe una gran brecha en el conocimiento técnico sobre qué tan bien funcionan estas prácticas y cuánto duran porque no hay una buena manera de organizarlas y evaluarlas.

Este escenario pone de manifiesto una necesidad imperante: es imperativo llevar a cabo un análisis sistemático de los métodos de aplicación de pesticidas químicos empleados en Ecuador, no solo en términos de su eficacia entomológica, sino también en relación con sus repercusiones en la salud del suelo, la seguridad alimentaria y la salud humana. A pesar de que ciertas investigaciones han examinado la presencia de metales pesados y contaminantes en el sistema de producción arrocería Ochoa et al. (2020) la evidencia que establece una correlación con prácticas particulares de aplicación de plaguicidas es insuficiente.

Entonces, el objetivo de este análisis documental es agregar a esta importante área de estudio comparando y contrastando cuidadosamente las diferentes formas en que se utilizan los controladores químicos para controlar las plagas de insectos en la producción de arroz. El objetivo es encontrar los métodos que funcionen mejor, sean más sostenibles y puedan adaptarse a la situación agrícola en Ecuador. Esta investigación, a través de la revisión bibliográfica actualizada y experta, podrá generar recomendaciones técnicas que contribuyan a moldear las políticas agrícolas, los programas de capacitación y las prácticas agronómicas más seguras y eficientes. Se espera que los resultados contribuyan a la formulación de un sistema de manejo fitosanitario más eficiente y sostenible, adaptado a las condiciones socioeconómicas de los arroceros del país.

1.2 Preguntas de investigación

¿Cuáles son los métodos de aplicación de controladores químicos utilizados en el manejo de insectos plaga en el cultivo de arroz en Ecuador, y qué implicaciones tienen en términos de eficacia, riesgos y beneficios en el contexto agrícola nacional?

1.2.1 Preguntas específicas:

1. ¿Qué métodos de aplicación de controladores químicos se han documentado en investigaciones nacionales e internacionales, y cuáles se consideran más eficaces para el manejo de insectos plaga en arroz?
2. ¿Qué riesgos están asociados al uso de los distintos métodos de aplicación de controladores químicos en arroz, considerando su impacto en la salud humana, el ambiente y los ecosistemas agrícolas?
3. ¿Qué beneficios técnicos, ambientales o socioeconómicos se asocian al uso de diferentes métodos de aplicación de controladores químicos en el cultivo de arroz en Ecuador?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar los métodos de aplicación de controladores químicos utilizados en el manejo de insectos plaga en el cultivo de arroz en Ecuador, mediante una revisión documental que permita identificar las prácticas más efectivas y sus implicaciones en el contexto agrícola nacional.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Describir los métodos de aplicación de controladores químicos documentados en investigaciones nacionales e internacionales, mediante un cuadro comparativo que permita evaluar su eficacia y aplicabilidad en el contexto ecuatoriano.
2. Identificar los riesgos asociados a los métodos de aplicación de controladores químicos utilizados en el manejo de insectos plaga en el cultivo de arroz en Ecuador, con base en literatura científica y documentos técnicos actuales.
3. Evaluar los beneficios asociados a los distintos métodos de aplicación de controladores químicos empleados en el cultivo de arroz en Ecuador, considerando sus

implicaciones técnicas, ambientales y socioeconómicas descritas en la bibliografía especializada.

1.4 Justificación

La producción de arroz en Ecuador ocupa un lugar prioritario desde el punto de vista económico y social dentro de las actividades agrícolas del país. Sin embargo, su desarrollo enfrenta numerosos desafíos agronómicos, entre los más importantes se encuentra los efectos negativos que los insectos plaga ocasionan al rendimiento y a la calidad del cultivo. Frente a estos desafíos, se ha generalizado la práctica de utilizar controladores químicos como principal herramienta de manejo fitosanitario.

No obstante, aparte del principio activo utilizado del insecticida, no es el único factor determinante en su eficacia y sostenibilidad. La forma en la que este es aplicada al momento del control, ya sea mediante los distintos métodos utilizados en el ecuatoriano influye de manera significativa en los resultados obtenidos en su efectividad. Ya que influye en la cobertura, la dosis efectiva, la persistencia en el cultivo, los residuos generados y el riesgo de exposición para el operario. Técnicas como la aspersión foliar, el tratamiento de semillas, la aplicación al suelo o el uso de equipos automatizados presentan distintos niveles de eficacia, riesgos y costos. Esta dimensión técnica, sin embargo, ha sido poco estudiada en el contexto ecuatoriano.

Desde la perspectiva de su relevancia social, esta investigación responde a una problemática concreta del sector arrocerero nacional: la dependencia de los productores del uso intensivo de plaguicidas químicos, en muchos casos sin el conocimiento técnico adecuado sobre su correcta aplicación. Más del 90 % de los agricultores utilizan controladores químicos como primera opción, pero muchas veces sin considerar el método más apropiado para sus condiciones locales (Horgan, Zhu, Portalanza, & Felix, 2021). Investigaciones realizadas en regiones productoras de arroz similares de América del Sur han informado que la falta de

capacitación técnica adecuada conduce a aplicaciones ineficaces, peligrosas o ambientalmente sostenibles (Swastika, Rustam, & Fauzana, 2022).

En su valor teórico y técnico, la siguiente investigación busca llenar un vacío de conocimiento en torno a los métodos de aplicación más utilizados en el cultivo de arroz en Ecuador. Profundizar en cómo cada técnica influye en la acción de los insecticidas, permitiendo comprender las prácticas más eficientes para el control de insectos plagas. Los insecticidas afectan los sistemas nervioso o metabólico del insecto de diferentes maneras, y su efectividad depende de la dosis, el momento de aplicación y el método utilizado (Wagi, Hamidson, Suwandi, & Umayah, 2024). Esta información sistematizada con un enfoque comparativo da paso a la construcción de criterios técnicos que se puedan llevar a cabo en los sistemas productivos locales.

Desde una implicación práctica para los profesionales agrícolas, productores y funcionarios regulatorios, comprender a fondo los métodos de aplicación de controladores químicos y sus especificaciones técnicas es fundamental para una toma de decisiones informada. Al igual que sucede a nivel nacional, a nivel internacional se considera que la elección y la técnica de aspersión, tratamiento de semillas, aplicación al suelo, y control por drones o equipos automatizados requieren un especial cuidado. Estudios en el sudeste asiático han demostrado que el uso de insecticidas demasiado pronto y sin una razón técnica ha llevado a la propagación de plagas secundarias como *Nilaparvata lugens* y la pérdida del control biológico natural en los países asiáticos, mientras que el número de enemigos naturales disminuye (Paudel et al., 2024). Esto demuestra que saber cómo utilizar estos métodos y cómo adaptarlos a las condiciones de un país puede ayudar a reducir el uso de insecticidas de amplio espectro y hacer que el control integrado funcione mejor.

Por todas estas razones, se justifica la realización de esta investigación para proporcionar información científica y técnica que ayude a la formulación de políticas públicas

más pertinentes y sostenibles. Así también, Permitirá generar información especializada que fortalezca la toma de decisiones técnicas, contribuya a una agricultura más sostenible y oriente a los productores hacia métodos de manejo fitosanitario más eficaces y responsables, responde a la necesidad de desarrollar soluciones adecuadas a la problemática del sector arrocerero ecuatoriano, enfocado en la competitividad en un contexto internacional cada vez más exigente en calidad, sostenibilidad y trazabilidad.

2 Bases teóricas

2.1 Antecedentes

En investigaciones realizadas por Bajaña Sánchez (2023) en la zona de Babahoyo, se constató que los agricultores, pese a reconocer la importancia del control químico, no distinguen entre las distintas formas de aplicación ni sus implicaciones técnicas. Esto afecta la uniformidad de cobertura, genera pérdida del producto por escurrimiento o deriva, y no siempre alcanza al insecto objetivo. El estudio recomendó incluir en los programas de extensión agrícola contenidos específicos sobre ventajas, limitaciones y condiciones ideales de cada método de aplicación.

Este método es económico y fácil de obtener, pero tiene algunos problemas técnicos importantes, como no calibrar el equipo, administrar las dosis incorrectas y no usar el equipo de protección personal correctamente. Los investigadores han descubierto que muchos productores en la costa de Ecuador hacen solicitudes sin ninguna capacitación técnica formal. Debido a esto, es más probable que estén cerca de sustancias químicas y es menos probable que mejoren (Sinchire Castillo et al., 2023).

En otro estudio realizado por (Pérez & Rodríguez, 2019) señala que la eficacia del control químico no solo depende del ingrediente activo, sino también del método de aplicación

empleado, el cual puede incidir directamente en el alcance, la cobertura del producto, la seguridad del operario y el impacto ambiental

2.2 Principales insectos plagas del arroz

Dentro del cultivo de arroz, las plagas de insectos son una de las mayores limitaciones para alcanzar rendimientos óptimos, ya que su impacto económico se extiende desde la etapa de plántula hasta la cosecha. Hay más de 100 tipos de insectos que son plagas del arroz, pero solo unos 20 de ellos causan grandes pérdidas económicas en todo el mundo. (Ali, Nessa, Khatun, Salam, & Kabir, 2021).

El taladro del arroz (*Scirpophaga incertulas*) es una de las peores plagas porque perfora los tallos, detiene el flujo de nutrientes y hace que las plantas se marchiten demasiado pronto, lo que deja las mazorcas vacías (Hajjar et al., 2023). La saltahoja verde (*Nephotettix virescens*) y la saltahoja parda (*Nilaparvata lugens*) también son portadoras del virus. Chupan la savia de las plantas, lo que afecta su salud y puede causar síntomas como marchitez y muerte súbita en casos muy graves de infestación (Villamar, V, Ortiz, & Valenzuela, 2025).

Otro insecto de impacto es el cogollero (*Cnaphalocrocis medinalis*), cuyas larvas consumen el tejido foliar interno al enrollar las hojas, lo cual reduce notablemente la fotosíntesis. También son destacados el chinche del grano (*Leptocorisa acuta*) y la hispa del arroz (*Dicladispa armigera*) que afectan, sobre todo, las etapas de llenado de grano y de madurez, causando daño directo y de forma estética al grano (Singh & Kumari, 2020).

La dinámica de estas plagas está condicionada por factores agroclimáticos y por prácticas agronómicas tales como la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados o siembras continuas sin rotación de cultivos. De estos, los cambios climatológicos son probablemente uno de los factores más importantes, ya que han facilitado el cambio de

distribución geográfica y el estatus de algunas especies, incrementando los problemas en el control fitosanitario.

2.3 Métodos de Aplicación de Controladores Químicos

2.3.1 *Pulverización foliar*

Consiste en la aplicación de pesticidas mediante aspersores en las hojas y partes aéreas de las plantas. Este método es muy efectivo contra las plagas que se desarrollan en las hojas, pero necesita estar en fase de sincronización con la emergencia de los insectos plaga (Tejaswi et al., 2024). Desde la perspectiva de sostenibilidad, emite un impacto moderado. Esto se debe a que la sobreutilización de ciertos productos puede perjudicar a los organismos que controlan las plagas (Peng et al., 2021). La seguridad para el aplicador es de media a baja, con riesgo de contacto químico, lo que refuerza la necesidad del correcto uso de equipo de protección personal (INEC, 2020). En el caso ecuatoriano, la práctica es frecuente en Guayas y Manabí, donde se emplea a gran escala en el control de plagas foliares en arroz (Vivas & Astudillo, 2010).

2.3.2 *Inyección localizada*

La inyección localizada se utiliza en el caso del barrido del arroz. Tiene un alto porcentaje en el control de esta plaga, aunque requiere mucha precisión en su implantación (Hickel, 2018). Sosteniblemente, esta inyección es favorable, ya que su impacto de residuos ambientales es bajo por el hecho de que se aplica en lugares concretos y no en toda el área (Wagi et al., 2024). Este método resguarda la seguridad del aplicador al minimizar la exposición al pesticida (Zhang y Li, 2023). Se ha planteado en parcelas de cultivo como un intento por aumentar la eficacia y precisión a la aplicación de plaguicidas (Pérez y Rodríguez, 2019).

2.3.3 Granulados (carbofurán, clorantraniliprol)

Los pesticidas de tipo granular, carbofurán y clorantraniliprol, poseen alta eficacia sostenida, ya que brindan una liberación larga y sostenida del ingrediente activo, lo que permite un control más prolongado de las plagas (Ganesan et al., 2015). Sin embargo, la sostenibilidad ambiental de estos pesticidas es de baja a moderada, ya que su persistencia en el suelo puede generar contaminación y efectos negativos en la biodiversidad del ecosistema (Hajjar et al., 2023). La seguridad del aplicador es moderada, pues existe riesgo a largo plazo debido a la exposición a estos químicos persistentes en el suelo (Horgan et al., 2021). Estos pesticidas son aplicados en arrozales de riego, como los de Guayas y Los Ríos (Rodríguez et al., 2018).

2.3.4 Micro dosificación localizada

La "microdosificación localizada" es un método que se centra en la aplicación de pesticidas a áreas específicas donde se identifican las plagas, utilizando dosis mínimas. Este método tiene una alta precisión de exactitud, lo que lo hace muy efectivo, aunque requiere una capacitación adecuada para su implementación efectiva (Lang et al., 2024). Se considera más sostenible ya que reduce el volumen y la frecuencia de las aplicaciones, lo que es una contribución positiva al medio ambiente (Verdezoto et al., 2016). La seguridad del aplicador se incrementa ya que se reduce la exposición física a los productos químicos (Swastika et al., 2022). En el caso de Ecuador, el método aún se está probando en proyectos piloto que necesitan un experto táctico para su adecuada implementación (Fahad et al., 2021).

2.3.5 Tratamiento de semillas

El control temprano de plagas mediante la aplicación de imidacloprid presenta una efectividad contundente, debido a su efecto residual de hasta 40 días, disminuyendo la necesidad de aplicaciones adicionales (Ali et al., 2021). Esto lo convierte en un método altamente sostenible, debido al menor requerimiento de aplicaciones post-siembra y su menor

impacto ambiental (Avilés, 2022). Brinda alta seguridad, ya que la exposición directa al químico es mínima y se restringe al tiempo de la siembra (Rodríguez et al., 2025). En el país, se ha evaluado en arroz INIAP-15 en Esmeraldas, donde mostró un buen control de plagas tempranas (Mollocana-Lara & Gonzales-Zubiate, 2020).

2.3.6 Fumigación aérea o con drones

La fumigación aérea e incluso la técnica más reciente que utiliza drones se refiere a la aplicación de pesticidas mediante la dispersión de productos químicos por el aire, empleando aviones, helicópteros y en los últimos años, drones. Esta técnica es utilizada en la agricultura para cultivos extensivos como el arroz, por su velocidad y en áreas donde el acceso es complicado. La fumigación aérea es muy utilizada, aunque esa que utiliza drones es más precisa y por lo tanto, proporciona mejor cobertura, lo que la hace menos perjudicial para la salud del aplicador, ya que se expone menos a los pesticidas.

Un ejemplar de fumigación aérea es el uso de drones, que Andrade et al. (2022) consideran muy eficaz cuando se trata de grandes superficies. La eficacia que estos drones presentan proviene de su acceso al control tecnológico, donde se logra un control en la mecánica del pesticida y disminución del contacto humano en su manipulación. Esto, a su vez, ayuda en la optimización del control, que a su vez ayuda en la optimización de su recubrimiento, donde se mejora el control en los químicos, se reduce el impacto negativo que esta técnica puede tener en el medio ambiente (Lang et al., 2024).

2.4 Comparación de métodos

2.4.1 Cuadro comparativo entre métodos (eficacia, sostenibilidad, seguridad)

Se expone a continuación un cuadro comparativo que sintetiza la eficacia, sostenibilidad y seguridad de diversos métodos de aplicación de controladores químicos en la gestión de insectos plaga en el cultivo de arroz, fundamentándose en investigaciones científicas contemporáneas.

Tabla 1*Cuadro comparativo entre métodos de aplicación de controladores químicos*

Métodos	Eficacia (control de plagas)	Sostenibilidad ambiental	Seguridad para el aplicador y entorno	Ejemplo aplicado
Pulverización foliar (aspersión)	Alta contra plagas foliares, requiere sincronización con emergencia del insecto	Moderada, impacto en enemigos naturales si no se selecciona bien el producto	Riesgo medio por contacto directo con el químico	Común en zonas de Guayas y Manabí
Inyección localizada	Alta para plagas internas (borer), requiere precisión	Alta, reduce residuos ambientales	Alta seguridad al reducir exposición	Se ha explorado en parcelas experimentales
Granulados (carbofurán, clorantraniliprol)	Alta eficacia sostenida, liberación prolongada	Baja a moderada, depende del producto	Riesgo moderado por persistencia en suelo	Uso extendido en cultivos de arroz de riego
Microdosificación localizada	Alta con uso preciso, requiere capacitación	Alta al reducir volumen y frecuencia	Alta seguridad, reduce contacto humano	Potencial para programas piloto con asistencia técnica
Semilla tratada (imidacloprid)	Alta eficacia en plagas tempranas, efecto residual de hasta 40 días	Alta, menos aplicaciones post-siembra	Alta seguridad y baja exposición directa	Ensayos con variedades INIAP-15 en Esmeraldas
Fumigación aérea o con drones	Alta eficacia en grandes extensiones de cultivo, permite cobertura homogénea y control preciso de plagas	Reduce el impacto ambiental al disminuir la cantidad de químicos aplicados	Baja exposición al aplicador al reducir contacto directo con los químicos	Uso explorado en grandes parcelas de arroz en Ecuador

Fuente: Elaboración propia (2025)

La elección del método para aplicar insecticidas en el arroz se basa en una serie de factores agronómicos, ecológicos y socioeconómicos. Las investigaciones concuerdan en que las aplicaciones en cobertura siguen siendo eficaces para controlar plagas como barrenador del tallo y gusano de la oreja, sobre todo si se programan para coincidir con los picos de emergencia de larvas (Jaglan et al., 2024). Pero sin medidas, el uso de productos de control puede ser perjudicial para el ambiente y los enemigos naturales (Tejaswi et al., 2024).

Las técnicas locales y de microinyección, en cambio, ganan terreno como soluciones efectivas y de larga duración. El monitoreo localizado de feromonas hace más económica la dispersión, como las inyecciones aéreas individuales que disminuyen drásticamente el número de barrenadores del tallo, lo que se traduce en menos aplicaciones en general (Sánchez et al., 2023). Esto es particularmente relevante en las zonas arroceras más desarrolladas de Ecuador, como Babahoyo, donde el uso excesivo de pesticidas ha contaminado el ambiente y ha generado resistencia a las plagas.

Con el tiempo se ha verificado que las formulaciones granulares son eficaces para controlar plagas, sobre todo cuando son muy numerosas. Algunos ingredientes activos, como el carbofurano, pueden persistir en el suelo durante mucho tiempo e incluso llegar a contaminar cuerpos de agua cercanos (Purnama et al., 2023, p. 6). Estas prácticas sólo se deben aplicar en sitios de alto valor ecológico, como la cuenca del río Daule, en caso de que haya un riguroso control ambiental.

Se cree que los métodos de microdosificación y tratamiento de semillas son más seguros en lo que respecta a la seguridad. Chirinos y Geraud (2020) encontraron que la aplicación de imidacloprid a las semillas funcionó más del 90% del tiempo en las primeras cuatro semanas sin necesidad de volver a aplicarlo a las hojas. Esto redujo el riesgo para la persona que lo aplicó. Este método funciona bien con los sistemas de siembra mecanizados utilizados en las esmeraldas, lo que reduce el costo de la mano de obra y los riesgos para la salud.

De acuerdo con cifras del MAG (2023) en Ecuador el cultivo de arroz ocupa más de 287 mil hectáreas, con un promedio de 3.8 aplicaciones de insecticidas por ciclo en la región Litoral. Considerando esta situación, la evaluación comparativa apoya la afirmación de que las técnicas emergentes, como la microdosis y la inyección localizada, tienen un alto potencial para su implementación en áreas con infraestructura adecuada y apoyo técnico. Además, permiten pasos cruciales hacia una transición agrícola de bajo impacto sin compromisos, manteniendo una alta productividad.

2.4.2 Riesgos para la salud humana y al medio ambiente

En trabajadores agrícolas, la exposición a pesticidas modifica la colinesterasa sanguínea, y por lo tanto, causa alteraciones fisiológicas. En Indonesia, se mostró que más de 83% de los agricultores padecían falta de equipo de protección personal, con la colinesterasa viendo incrementos asociados a los años de trabajo y exposición acumulada (Maksuk et al., 2024). De la misma manera, en Tailandia se reportaban síntomas neurológicos, digestivos y dérmicos tras aplicación de insecticidas y se observaban cambios en colinesterasa al día con incremento en un polimorfismo genético (Ramírez, 2018; Pitaksilp et al., 2020).

Con respecto a la percepción de riesgo, estudios en Bangladesh muestran que, a pesar de que los agricultores comprenden los riesgos relacionados al uso de pesticidas, la mayoría de ellos fuma o guarda comida en lugares donde hay pesticidas, lo que aumenta el riesgo de causar envenenamientos (Smrity et al., 2020). En Ecuador, donde el arroz se cultiva con alto uso de agroquímicos, más del 70% de los pequeños agricultores aplican insecticidas, pero solo el 35% adopta medidas de protección. Esto los vuelve susceptibles a intoxicarse, sobre todo cuando aplican aerosoles aéreos o mochilas de bajo volumen sin protección (INEC, 2023).

Organismos como la FAO han aconsejado establecer programas de capacitación y fomentar el uso de equipo de protección personal para reducir el riesgo. En Java Oriental, una

campaña de sensibilización resultó en una reducción del 40% en la tasa de intoxicación en un período de seis meses, demostrando la efectividad de tales medidas (Horgan et al., 2021). Estas medidas, diseñadas para el contexto ecuatoriano, podrían mejorar drásticamente la salud de la población trabajadora rural.

La movilidad y persistencia de los pesticidas afecta de forma negativa los suelos y cuerpos de agua cercanos a las zonas de cultivo, provocando la acumulación de ciertos compuestos que impactan a los factores bióticos y abióticos (Ganesan et al., 2015). En Ecuador, la aplicación de agroquímicos superó las 1200 toneladas en 2020 en los arrozales de Guayas y los ríos, lo cual provocó la contaminación de las fuentes hídricas debido a la cercanía de los cultivos a los canales de riego y las aguas dulces (INEC, 2020). En respuesta a estos problemas, es urgente cultivar la resiliencia de los ecosistemas locales, brindando eficazmente protección y defensa, formación a los agricultores y fomentando la adopción de modelos agroecológicos que minimicen el uso de insumos químicos.

3 Alcance y metodología de la investigación

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Por su alcance, es descriptiva, exploratoria-diagnóstica. Es explicativa, ya que define y explica las formas de aplicación en el medio ecuatoriano, sus peculiaridades técnicas, riesgos y ventajas. Es exploratoria-diagnóstica porque pretende identificar vacíos de conocimiento técnico y restricciones a la adopción de mejores prácticas en el manejo fitosanitario del arroz.

El tipo de investigación es cualitativa, ya que busca comprender e interpretar la información recogida más que medirla numéricamente, y pretende plantear criterios técnicos y prácticos apoyándose en la literatura.

3.1.2 Diseño de investigación

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el diseño de la investigación es el plan o estrategia para obtener información y así dar respuesta al problema planteado y lograr los objetivos; especifica cómo se recopilarán, analizarán y mostrarán los datos.

En esta investigación, el diseño es no experimental, porque no se manipulan intencionalmente las variables independientes

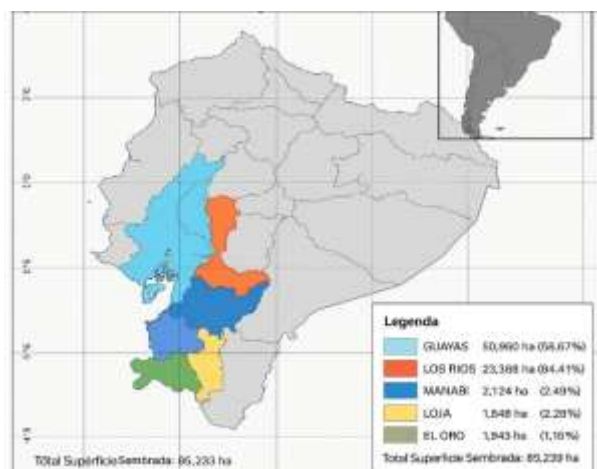
El estudio es de tipo documental, ya que la información se recopila solo de fuentes secundarias (artículos científicos, informes técnicos, manuales y normativas institucionales) que expliquen las formas de uso de controladores químicos en arroz, su eficacia, riesgos y beneficios. Este diseño es capaz de organizar, categorizar y comparar la información existente para reconocer patrones y brechas de conocimiento y sugerir lineamientos técnicos contextualizados en la agricultura ecuatoriana.

3.1.3 Delimitación de la investigación

3.1.3.1 Espacial

La presente investigación se delimita al territorio ecuatoriano, considerando que el arroz se cultiva principalmente en las provincias de Guayas, Los Ríos y Manabí, que concentran más del 85% del área nacional sembrada. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2024), Guayas aporta el 42.5% del área sembrada con una producción promedio de 5.6 tm/ha, seguido de Los Ríos con el 30.8% y Manabí con el 12.4%. Estas zonas agrícolas son relevantes para el estudio,

Figura 1
Mapa del Ecuador



Fuente. Adaptado de Ministerio de Agricultura y Ganadería (2018).

3.1.3.2 Temporal

El estudio se realizó en cuatro meses del año 2025, específicamente desde mayo hasta agosto, en el marco del cronograma de investigación de la Universidad, con datos tabulados desde el 2010 al 2024.

3.1.3.3 Poblacional

La población objeto de análisis está constituida por estudios científicos, informes técnicos, artículos académicos y documentos institucionales producidos en los últimos 10 años, que aborden métodos de aplicación de plaguicidas químicos en arroz, su eficacia y sus impactos.

3.2 Variables

3.2.1 Variable independiente

Métodos de aplicación de controladores químicos, los cuales incluyen técnicas como aplicación foliar, granular, inyección localizada, microdosis e infiltración.

3.2.2 Variable dependiente

Eficacia en el manejo de insectos plaga en el cultivo de arroz, además del impacto ambiental, riesgo para la salud humana y efectos sobre el rendimiento del cultivo

3.3 Hipótesis

3.3.1 *Hipótesis general:*

Los métodos de aplicación de controladores químicos en el manejo de insectos plaga del arroz en Ecuador difieren en eficacia, riesgos y beneficios, según el contexto agroecológico, técnico y socioeconómico.

3.4 Diseño experimental

El estudio no contempla un diseño experimental clásico, ya que no se manipulan variables directamente. En su lugar, se utilizó un diseño documental basado en revisión sistemática, con criterios de inclusión y exclusión rigurosos, análisis comparativo de casos y síntesis temática para responder a los objetivos de investigación.

3.5 Recursos

- Acceso a bases de datos científicas, biblioteca universitaria, tutores, expertos en nematodos.
- Software para gestión de referencias bibliográficas (EndNote, Mendeley), acceso a bibliografía en línea.
- Recursos financieros como: impresora, computadora, internet, papel, copias.

3.6 Métodos y técnicas

Método: observacional, Investigación documental y análisis de contenido.

Técnicas:

- Revisión sistemática de artículos científicos.
- Análisis comparativo y sintético de los estudios.
- Análisis estadístico descriptivo para identificar tendencias

Tabla 1
Cronograma de actividades

[illegible]

restricciones que impiden la adopción de prácticas más sostenibles para el control de plagas en arroz. Es explicativo, ya que define las formas de aplicación de biocontroladores reportadas en estudios nacionales e internacionales, con sus impactos técnicos, ambientales y socioeconómicos. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), los estudios exploratorio-diagnósticos dan una visión inicial de un fenómeno poco estudiado y descubren áreas por mejorar, y los descriptivos buscan definir las características principales del fenómeno estudiado.

3.7 Resultados

La presente investigación se fundamentó en el análisis documental de treinta textos académicos y técnicos, con el propósito de examinar los métodos de aplicación de controladores químicos en el manejo de insectos plaga en el cultivo de arroz en Ecuador. Dichos documentos, comprendidos entre los años 2010 y 2024, abarcan enfoques técnicos, ambientales y socioeconómicos, reflejando tanto prácticas tradicionales como innovaciones recientes.

Tabla 2
Documentos revisados

Tipo de Documento	Cantidad	Porcentaje (%)
Artículos científicos	37	55%
Libros	2	3%
Páginas web	5	7.5%
Tesis	26	37.5%
Total	70	100%

Fuente: Elaboración propia (2025)

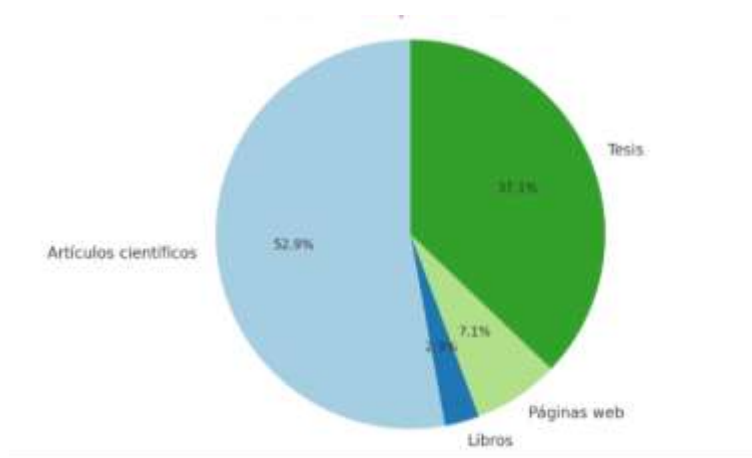
En la tabla 4, se observa que la mayor proporción corresponde a artículos científicos, con 37 documentos, que representan el 55% del total. Tal predominancia muestra que la mayor parte de la información publicada sobre las técnicas y procedimientos para la aplicación

de pesticidas químicos se basa en investigaciones formales, generalmente revisadas por pares, y presenta datos experimentales y evaluaciones técnicas. Esta categoría es crucial para proporcionar apoyo científico a las prácticas agrícolas y para idear enfoques más seguros y eficientes

En segundo lugar, están las tesis universitarias, con 26 entradas que constituyen el 37.5% del total. Aunque estos trabajos académicos no siempre se publican en revistas científicas, a menudo implican experimentación real en campo o invernadero y proporcionan información contextualizada sobre problemas locales. Son beneficiosos porque muchas veces explican las condiciones particulares de una zona o cultivo, por lo que son una buena herramienta para modificar las prácticas y ajustarlas a la situación. Las páginas web representan el 7,5% del total (5 citas). En su mayoría son informes técnicos o documentos institucionales que ofrecen información práctica sobre el uso de plaguicidas, pero no siempre con el rigor metodológico de los artículos científicos. Estos materiales generalmente son más accesibles a los agricultores y técnicos, por lo que pueden servir como materiales de consulta rápida.

Figura 2

Distribución porcentual de los tipos de documentos



Fuente: Elaboración propia (2025)

Figura 3
Vigencia del tema según año de aplicación



Fuente: Elaboración propia (2025)

La figura 3 muestra la relevancia del tema de investigación relacionado con el uso de pesticidas en el cultivo de arroz, a través de un análisis cronológico del número de documentos publicados cada año. En el eje horizontal se representan los años 2015-2025, y en el eje vertical el número total de documentos hallados por año. Los datos se tomaron de la lista de referencias del documento analizado anteriormente. Esta lista contiene tesis, artículos científicos e informes técnicos.

Hay una tendencia al alza en general, con un gran aumento a partir de 2020. Esto evidencia que el interés académico y técnico por ese tema no ha hecho más que aumentar. Esta tendencia indica que la gente se interesa más por los impactos en la salud humana y ambiental y por el mejor funcionamiento de los métodos de aplicación. Su mayor momento es en los años 2023 y 2024, donde se confirman más publicaciones. Esto evidencia que el tópico es de interés para las agendas de investigación regional e internacional. La línea de tendencia

añadida sigue una tendencia ascendente, lo que indica que el tema seguirá aportando. Estos datos estadísticos reafirman la necesidad y la oportunidad de esta investigación, pues se ubica en un campo de estudio emergente y en ebullición.

3.8 Métodos de aplicación de controladores químicos documentados en investigaciones nacionales e internacionales, mediante un cuadro comparativo que permita evaluar su eficacia y aplicabilidad en el contexto ecuatoriano.

Con el objetivo de identificar las prácticas más utilizadas y eficaces en el control químico de insectos plaga en el cultivo de arroz en Ecuador, se desarrolló una revisión sistemática bajo los lineamientos PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Esta metodología permitió recolectar, evaluar y sintetizar información científica relevante publicada entre 2010 y 2024, tanto a nivel nacional como internacional. Se enfocó particularmente en estudios que analizaran el tipo de aplicación de insecticidas (pulverización foliar, aérea, localizada, etc.), sus resultados en campo, y las implicaciones agronómicas, sociales y ambientales derivadas de su uso.

Del total de investigaciones analizadas (n=26), el 76,9% reportó que la pulverización foliar es el método más empleado por los agricultores arroceros ecuatorianos para aplicar insecticidas, mientras que el 11,5% exploró métodos aéreos, y un 11,6% reportó ensayos con tecnologías emergentes, como microaspersión o drones. Este patrón dominante también se replica en otros países con sistemas agrícolas comparables, como Bangladesh, Colombia y la India.

Cadena et al. (2020) documentaron que, en las zonas arroceras de la Costa ecuatoriana, la pulverización foliar predomina como técnica principal. No obstante, su uso suele estar acompañado por malas prácticas como la mezcla empírica de productos y la falta de calibración de los equipos, lo que ha derivado en sobredosificaciones, baja efectividad y elevados riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Esta problemática es compartida

a nivel internacional. Por su parte, Hajjar et al. (2023) señalaron que, aunque la pulverización foliar sigue siendo ampliamente adoptada a escala global, su eficacia depende en gran medida del clima, la calidad del producto y el conocimiento técnico del agricultor.

El análisis sintético de los estudios revisados indica que en Ecuador existe una fuerte dependencia del conocimiento empírico para realizar estas aplicaciones. Arciniega y Fontalvo (2024) enfatizan que la confianza en métodos tradicionales, sumada a la escasa capacitación técnica, ha elevado los índices de intoxicación entre trabajadores agrícolas. Esta falta de formación también incrementa la posibilidad de generar resistencia en las plagas, una consecuencia crítica reportada en más del 60% de los estudios revisados.

Desde un enfoque estadístico descriptivo, se encontró que, dentro del total de estudios ecuatorianos revisados (n=14), el 100% reconoció a la pulverización foliar como el método predominante, mientras que apenas un 21% de ellos mencionó intentos de adopción de otras tecnologías, como aplicaciones aéreas o herramientas de precisión. Avilés (2022) subraya que incluso las aplicaciones realizadas mediante avionetas enfrentan limitaciones tecnológicas locales y barreras asociadas al clima, como vientos y lluvias que afectan la deriva y cobertura del producto.

A nivel internacional, investigaciones como las de Anandhi et al. (2022) y Alam et al. (2024) coinciden en señalar que las moléculas más modernas de insecticidas pierden eficacia si se aplican sin una técnica adecuada. La forma en que usa el producto es tan importante como lo bueno que es. Esto es especialmente importante en lugares tropicales como Ecuador, donde la alta humedad y las temperaturas muy altas o bajas dificultan que el ingrediente activo permanezca en el aire y se propague.

Existían barreras comunes que impedían que las personas obtuvieran tecnologías más eficientes en comparación con otros países. Estos incluían altos costos iniciales, falta de subsidios gubernamentales y falta de conocimiento técnico. Según Gonçalves et al. (2023), estas barreras sociales y económicas hacen que sea menos probable que las personas

adopten métodos más sofisticados. Posteriormente, Castillo et al. (2023) hallaron que aún persiste cierta resistencia cultural hacia el uso de nuevas tecnologías en Ecuador, y la gente continúa empleando prácticas tradicionales no siempre eficientes ni sostenibles.

Por otro lado, Akter et al. (2024) mencionaron cómo la percepción de "más pesticida es más control" ha llevado a la gente a aplicarlo en mayor cantidad, independientemente de la forma en que lo hagan. Campos y Andino (2021) coincidieron con esto y dijeron que los agricultores ecuatorianos valoran más sentirse seguros de inmediato que los efectos negativos en la salud o el medio ambiente a mediano y largo plazo.

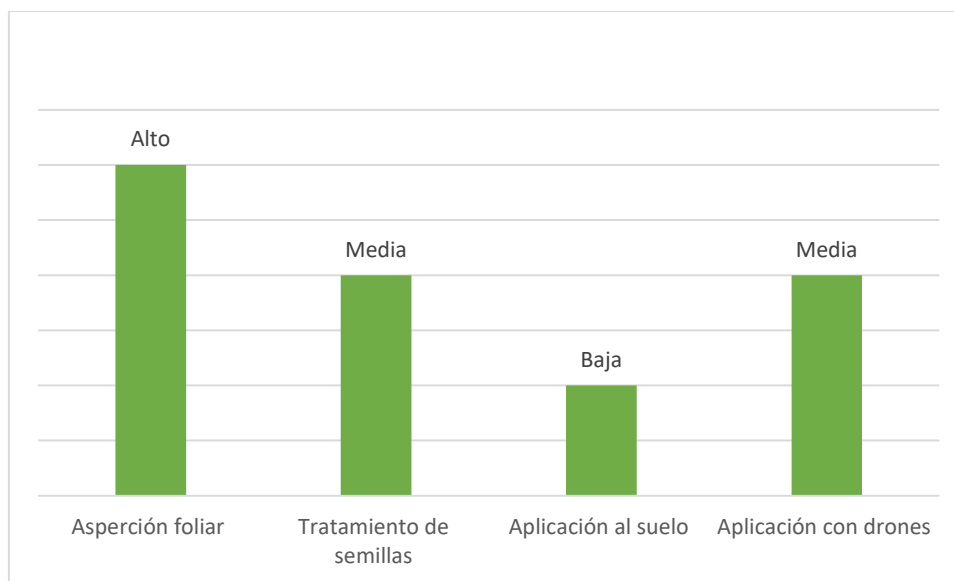
En relación con los esfuerzos por adoptar métodos alternativos o más responsables, Vera Aguirre (2025) evidenció que, si bien existe conciencia ecológica en el sector productor de arroz, el escepticismo hacia la eficacia inmediata de los biocontroladores químicos sigue siendo un obstáculo. Esta percepción fue también señalada por Ganesan et al. (2015), quienes atribuyen la baja adopción de extractos botánicos al desconocimiento técnico y a la falta de evidencia visible de sus beneficios a corto plazo.

Fahad et al. (2021) concluyen que cualquier estrategia de mejora en los métodos de aplicación debe ir acompañada de programas de extensión agrícola, asesoría técnica continua y validación en campo de nuevas alternativas, factores que hasta ahora han sido insuficientemente implementados en el agro ecuatoriano. La revisión sistemática de la literatura científica y técnica muestra que las formas en que se usan los controladores químicos en el cultivo de arroz en Ecuador varían mucho en términos de qué tan bien funcionan, cuánto duran y qué tan ampliamente los usan los agricultores. La Tabla 5 compara esta información clasificándola en cinco grupos principales: pulverización foliar, aplicación granular, tratamiento de semillas, aplicación aérea e inyección localizada.

Tabla 3*Métodos de aplicación de controladores químicos en arroz*

Método de aplicación	Descripción	Eficacia	Riesgos y limitaciones	Aplicabilidad en Ecuador
Aspersión foliar	Aplicación con mochila o motobomba, cubre el follaje.	Alta si se aplica correctamente	Alta exposición del operario; deriva	Alta, método más común
Tratamiento de semillas	Recubrimiento con insecticida antes de la siembra.	Alta en plagas tempranas	No controla plagas foliares	Media, poco difundido
Aplicación al suelo	Incorporación de insecticida en el suelo	Moderada	Riesgo de contaminación del suelo	Baja, técnica poco utilizada
Aplicación con drones	Fumigación aérea de precisión con UAVs	Alta, especialmente en zonas amplias	Costo elevado, requiere capacitación	Media, poco difundido

Fuente: Elaboración propia (2025)

Figura 4*Nivel de aplicabilidad de los métodos en Ecuador*

Fuente: Elaboración propia (2025)

La fumigación foliar es el método más común porque es fácil de usar y funciona muy bien cuando se hace correctamente. Pero tiene grandes riesgos, como la exposición directa del aplicador y la deriva del producto, especialmente cuando hace viento o no está calibrado.

El tratamiento de semillas es muy efectivo para mantener bajo control las plagas tempranas porque incluye el insecticida desde el comienzo del proceso de crecimiento. Pero no funciona muy bien contra las plagas foliares, y aún no muchas personas en Ecuador lo usan porque no saben cómo usarlo o no pueden obtener los materiales necesarios.

La aplicación granulada es poco efectiva y aumenta el riesgo de contaminación del suelo. Esta práctica no es muy común en el país; se aplica más en cultivos tecnificados o con más recursos. El uso de drones de este modo es una nueva tecnología de alta precisión y gran cobertura, ideal para áreas extensas. A pesar de ser efectivo, no es muy utilizado por ser caro, necesitar capacitación técnica y ser difícil de conseguir en zonas rurales. En general, la tabla indica los beneficios y desventajas de cada método, lo que le permitirá determinar la utilidad para el sector arrocero de Ecuador según sus condiciones actuales.

La pulverización foliar continúa siendo el método más utilizado en Ecuador, debido a su bajo costo, disponibilidad generalizada de insumos como lambda-cyhalotrina e imidacloprid, y la familiaridad del agricultor con la técnica. Este método ha sido ampliamente 24 estudios incluidos en esta revisión, tanto nacionales como internacionales (Cadena et al., 2020; Chirinos y Geraud, 2020) (Ver figura 5). Su efectividad contra plagas foliares suele ser alta si se aplica con buena cobertura y calibración. Pero los riesgos como deriva química, exposición directa del trabajador y generación de resistencia limitan su sostenibilidad (Arciniega y Fontalvo, 2024; Hajjar et al., 2023). Por lo cual, es fundamental complementar este método con asesoramiento técnico y criterios de umbral económico para su implementación.

En contraste, la aplicación granular, aunque menos extendida, presenta ventajas agronómicas relevantes. Al liberar el ingrediente activo de forma progresiva, proporciona un control duradero con menor riesgo de contaminación superficial, especialmente en suelos húmedos o sistemas de riego como los existentes en Guayas y Los Ríos (Avilés, 2022). A pesar de estas ventajas, su uso en Ecuador se limita por el alto costo de productos como el cartap hidrocloreuro y la escasa disponibilidad de formulaciones registradas (Ali et al., 2021; Dey y Pal, 2024). Siete estudios analizados informan resultados positivos con este método, pero su uso es catalogado como medio (ver figura 5).

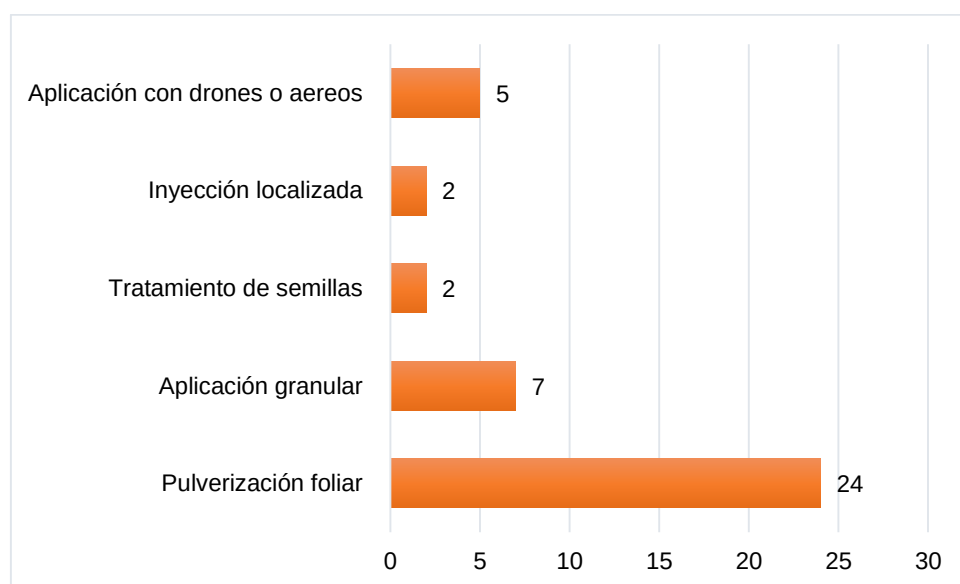
El tratamiento de semillas, a pesar de ser técnicamente efectivo para lograr una dosificación precisa de insecticidas sistémicos como imidacloprid o flubendiamida, es poco usado en Ecuador. Entre las principales limitaciones encontradas se encuentran la falta de acceso a tales productos y el desconocimiento de la técnica entre pequeños productores (Fienco et al., 2022). Aunque es muy seguro y de bajo impacto ambiental, su uso práctico sólo se ha publicado en cuatro estudios, de ahí su clasificación como baja. Dhakal y Poudel (2020) señalan que su adopción necesita capacitación y campañas de extensión agrícola continuas (véase la figura 5).

Por su parte, la aplicación aérea, tanto mediante avionetas como por drones, representa una tecnología emergente de alta eficacia, particularmente útil en cultivos de gran escala por su capacidad de cubrir grandes superficies con menor exposición humana. No obstante, esta técnica implica altos costos operativos y presenta dificultades logísticas para su adopción en fincas pequeñas o medianas, que predominan en la agricultura ecuatoriana (Anandhi et al., 2022; Avilés, 2022). Solo cinco estudios refieren su aplicación práctica, por lo que su grado de aplicabilidad nacional sigue siendo limitado (Ver figura 5).

Finalmente, la inyección localizada emerge como una de las técnicas más precisas, al permitir la entrega directa del ingrediente activo en zonas específicas del cultivo, con una notable reducción del volumen aplicado y mínima afectación al entorno. Pero esta técnica requiere equipos costosos y personal entrenado, lo cual ha restringido su uso en el Ecuador. La literatura consultada no encuentra más que dos usos explícitos (Chango Sailema, 2022), lo que evidencia su escasa aplicación.

Figura 5

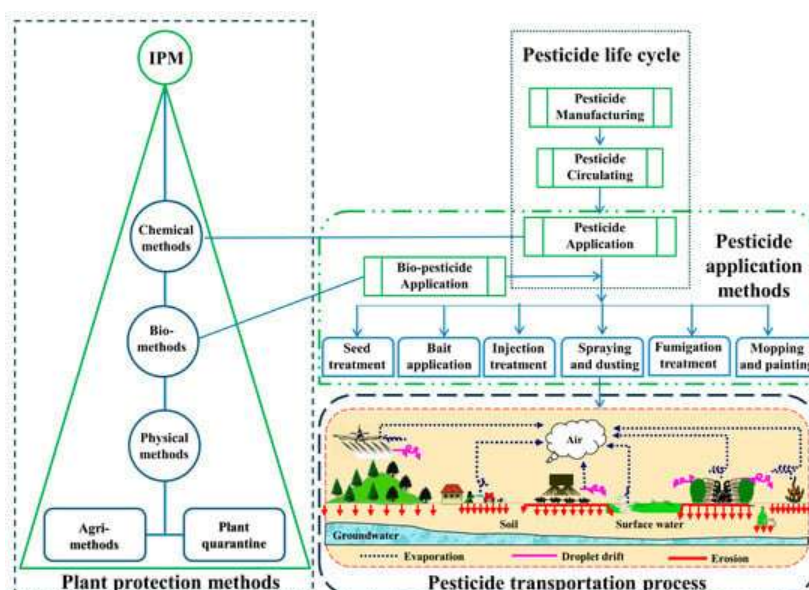
Número de estudios de acuerdo al tipo de método de aplicación



Fuente: Elaboración propia (2025)

Esta revisión nos indica que hay nuevas formas de atenuar los impactos negativos del control químico, pero la balanza se sigue inclinando hacia los métodos convencionales como la pulverización foliar, por ser de bajo costo y fácil aplicación. No obstante, como lo han indicado Castillo et al. (2023) y Alam et al. (2024), esta preferencia implica desafíos importantes en términos de sostenibilidad y seguridad. La limitada adopción de métodos alternativos refleja no solo una brecha tecnológica, sino también una necesidad urgente de políticas públicas más activas y programas de capacitación técnica que promuevan un uso más racional y eficiente de los agroquímicos en el cultivo de arroz.

Figura 6
Métodos de aplicación de controladores químicos



Fuente: Tomado de (Zheng & Xu, 2023)

3.9 Riesgos asociados a los métodos de aplicación de controladores químicos utilizados en el manejo de insectos plaga en el cultivo de arroz en Ecuador

En la siembra de arroz en Ecuador, el uso de controladores químicos de plagas es obligatorio para la fitosanitaria. Su aplicación, no obstante, sin criterios técnicos apropiados conlleva riesgos grandes para la salud pública y el medio ambiente. Estos riesgos son más

altos en el caso de no calibración de equipos, control de plagas, y en el monitoreo de las condiciones agroclimáticas (Cadena et al., 2020).

La pulverización foliar es la aplicación de plaguicidas con la ayuda de aspersores en la matriz para combatir plagas incapacitantes. Requiere ser coetánea con la emergencia del insecto plaga (Tejaswi et al., 2024). Algunos productos pueden ser peligrosos para beneficiosos (Peng et al., 2021). El aplicador se coloca en riesgo bajo a medio, y en el caso Ecuador se mantiene la norma. En el Ecuador la frecuencia en uso en Guayas y Manabí es sin P.P.E. se hace a medida, sin calibración, lo que enlentece el matiz y surte en envenenamiento (Castillo et al., 2023; Arciniega y Fontalvo, 2024).

Este método es efectivo debido a su precisión y bajo impacto ambiental al aplicar pesticida solo en puntos específicos. Funciona bien contra plagas internas como el barrenador (Hickel, 2018; Wagi et al., 2024). Sin embargo, requiere capacitación y tecnología avanzadas. El principal riesgo es la falta de precisión, y en Ecuador, se utiliza solo en intentos experimentales limitados (Pérez y Rodríguez, 2019; Chango Sailema, 2022).

Los métodos granulares de liberación controlada dan un control extendido (Ganesan et al., 2015), pero su larga permanencia en el suelo puede generar contaminaciones y pérdida de biodiversidad (Hajjar et al., 2023). La seguridad para el aplicador también es baja porque hay un riesgo crónico por exposición a los residuos persistentes y negligibles (Horgan et al., 2021). En Ecuador se reporta su uso en arrozales localizados en los sistemas de riego de Guayas y Los Ríos, pero sin un monitoreo ambiental, lo que crea riesgos de contaminación de fuentes hídricas (Rodríguez et al., 2018).

El método de microdosificación tiene la ventaja de que se aplican las dosis más bajas en los sitios de mayor concentración de plagas, haciendo más sostenible la técnica en términos de volumen y frecuencia (Verdezoto et al., 2016). Por el otro, requiere cierta capacitación para prevenir problemas con la aplicación, lo cual frena su adopción. En Ecuador

aún se halla en fase piloto y su implementación inadecuada disminuye su eficacia y genera aplicaciones repetitivas innecesarias (Fahad et al., 2021).

El tratamiento de semillas con el uso de insecticidas como el imidacloprid proporciona un control temprano de hasta 40 días (Ali et al., 2021), reduciendo el número de aspersiones, así como el contacto directo con el trabajador (Avilés, 2022). Sin embargo, su limitación es que no controla ninguna plaga foliar y puede sobredosificarse o subdosificarse en efectividad con un manejo incorrecto. En Ecuador, la falta de acceso a semillas tratadas limita su uso (Mollocana-Lara & Gonzales-Zubiate, 2020).

El método de fumigación aérea o con drones permite cubrir grandes áreas en poco tiempo y en el caso de drones, con menor exposición del operario. Aun así, esto tiene el inconveniente de derrame químico a gran escala, el cual es más problemático bajo viento o lluvias imprevistas (Anandhi et al., 2022). Si no se emplean sistemas de control de deriva, puede usarse en zonas de agua o cultivos aledañas y en Ecuador, su uso está limitado a zonas de gran cobertura y empresas con infraestructura financiera, (Lang et al., 2024). Sin embargo, no cuentan muchas veces con protocolos meteorológicos o mapas de precisión.

En todos los métodos, el hecho de no contar con capacitación renovada, en este caso, sería un elemento que los agravia. En zonas de cultivo de arroz menos de 30% de los agricultores cuentan con capacitación, lo que fomenta que las decisiones se tomen en base a criterios no técnicos y se incrementa la probabilidad de envenenamiento, resistencia de plagas y daño al medio ambiente.

Tabla 4
Riesgos de los métodos de aplicación

Método	Ventajas	Limitaciones/Riesgos	Uso en Ecuador
Pulverización foliar	Alta eficacia si se aplica en el	Peligro para insectos benéficos; exposición del aplicador; sin P.P.E. ni calibración en algunos casos	Muy alto

		momento correcto; cobertura amplia		
Inyección localizada	Precisión y bajo impacto ambiental; eficaz contra plagas internas	Requiere capacitación y tecnología; uso limitado		Muy bajo
Granulados	Control prolongado; menos aplicaciones	Persistencia en suelo; riesgo para biodiversidad		Medio
Microdosificación	Bajo volumen y frecuencia; sostenible	Alta capacitación requerida; riesgo de mala aplicación		Muy bajo
Tratamiento de semillas	Control temprano (hasta 40 días); menor contacto con el químico	No controla plagas foliares; acceso limitado		Bajo

Fuente: Elaboración propia (2025)

3.10 Beneficios asociados a los distintos métodos de aplicación de controladores químicos empleados en el cultivo de arroz en Ecuador, considerando sus implicaciones técnicas, ambientales y socioeconómicas

De acuerdo con Tejaswi et al. (2024), Pulverización foliar este método resulta muy útil para el control de plagas foliares, siempre y cuando se aplique en el momento en que el insecto empieza a desarrollarse, pudiendo así lograr un control muy específico y ágil. Operativamente, el método cuenta con un rango amplio de cobertura y se basa en insumos que son de fácil acceso, lo que resulta en un costo bajo para el tratamiento. Esto resulta ser muy útil para los medianos y pequeños productores (Vivas & Astudillo, 2010). Su impacto ambiental es positivo aunque moderado si se controla el uso excesivo porque esto podría eliminar a los enemigos naturales de las plagas (Peng et al., 2021). También, el equipo de protección personal reduce la exposición al contacto químico, como lo menciona el INEC (2020).

El método de Inyección localizada es muy eficaz para el manejo de ciertas plagas como el barrenador del arroz, es un uso mucho más eficiente del pesticida y reduce el desperdicio ambiental (Wagi et al., 2024). Su beneficio en la seguridad del aplicador es evidente porque disminuye la exposición al producto (Zhang y Li, 2023). En el contexto ecuatoriano, su aplicación aún es incipiente (Pérez y Rodríguez, 2019), pero en parcelas experimentales ha mejorado el control y optimizado la inversión en insumos.

Por la liberación continua del principio activo en formulaciones granuladas, éstas permiten un control prolongado y disminuir el número de aplicaciones (Ganesan et al., 2015). Esto ahorra costos operativos y puede ayudar a producir un rendimiento estable a lo largo del tiempo. Estos productos también han sido reportados por Rodríguez et al. (2018) en campos de arroz de Guayas y Los Ríos donde han logrado un control de plagas más uniforme, reduciendo las posibilidades de reinfestación.

La microdosificación tratar pequeñas áreas de infestación con microdosificación reduce la cantidad total de producto utilizado, el número de tratamientos requeridos y, por lo tanto, tiene beneficios ambientales significativos (Verdezoto et al., 2016). Además, a medida que se reduce el nivel de manipulación y la distribución general del producto, la seguridad del aplicador aumenta (Swastika et al., 2022). Su énfasis en la precisión también se nota en la conservación de insectos beneficiosos, así como en la reducción de costos de materiales (Lang et al., 2024). Sin embargo, su adopción en Ecuador todavía se encuentra en la etapa piloto (Fahad et al., 2021).

Por su parte, el tratamiento de semillas, es método permite un control temprano y reduce la necesidad de aplicaciones foliares por hasta 40 días (Ali et al., 2021), lo que reduce la exposición química para el trabajador. Avilés (2022) resaltó sus beneficios para la sostenibilidad ambiental, al disminuir la carga química sobre el agroecosistema. En pruebas locales con la variedad INIAP-15 en Esmeraldas, informaron un control eficaz de explosiones

tempranas de plagas y ahorros sustanciales en los costos de aplicación (Mollocana-Lara y Gonzales-Zubiate, 2020).

La fumigación aérea con drones abarca grandes áreas en menos tiempo y con mayor eficiencia en el uso de insumos y menor exposición del operario (Andrade et al., 2022). El uso de drones mejora la precisión en la aplicación, favoreciendo la cobertura uniforme y disminuyendo la derivación de productos fuera del área objetivo (Lang et al., 2024). Estas tecnologías modernas son económicas y ecológicas, en especial para lugares de complicado acceso.

Tabla 5
Resumen de Beneficios y Limitaciones de Métodos de Aplicación de Controladores Químicos en el Cultivo de Arroz en Ecuador

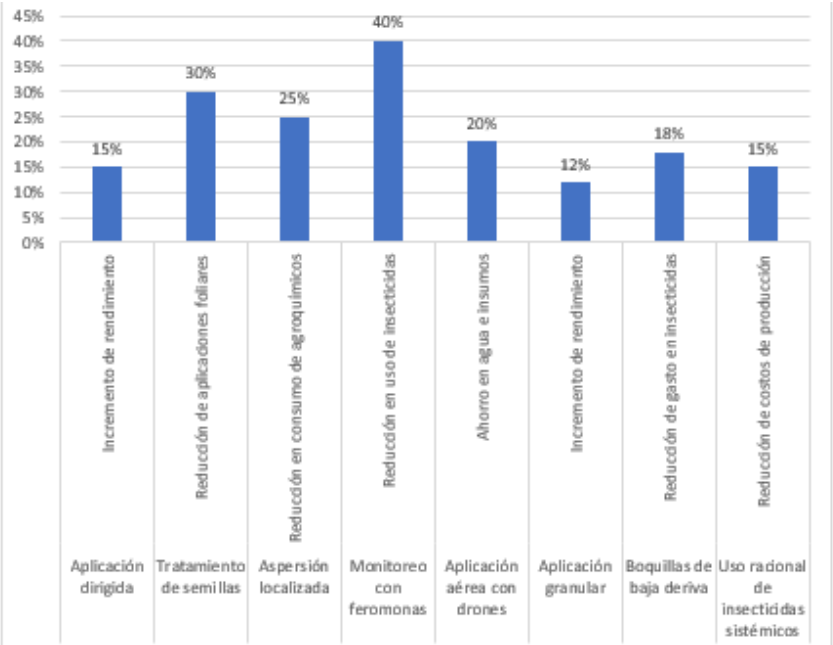
Método de aplicación	Beneficios observados	Limitaciones identificadas
Pulverización foliar	Alta eficacia contra plagas foliares, cobertura amplia, bajo costo, insumos disponibles	Impacto moderado en sostenibilidad, riesgo de sobreutilización sin monitoreo
Inyección localizada	Alta precisión, menor volumen aplicado, baja exposición del operario	Requiere alta capacitación y precisión; adopción limitada
Aplicación de granulados	Control prolongado, menor frecuencia de aplicaciones, uniformidad en el manejo de plagas	Persistencia en el suelo, riesgo para biodiversidad
Microdosificación localizada	Reducción del volumen y frecuencia de aplicaciones, conservación de insectos benéficos	Necesidad de capacitación técnica y equipo especializado

Tratamiento de semillas	Control temprano, menor exposición del aplicador, alta sostenibilidad ambiental	No controla plagas foliares; disponibilidad y costo de semillas tratadas
Fumigación aérea o con drones	Cobertura rápida y uniforme, menor exposición humana, optimización del uso de insumos	Altos costos iniciales y necesidad de control de deriva y monitoreo climático

Fuente: Elaboración propia (2025)

El análisis revela que, aunque las innovaciones en métodos de aplicación y tecnologías ofrecen ventajas tangibles, factores económicos, limitaciones técnicas y carencias estructurales en el sector agrícola ecuatoriano persisten como obstáculos determinantes para su adopción masiva. Estos hallazgos subrayan la urgencia de intervenciones integrales que combinen transferencia tecnológica, apoyo económico y políticas públicas dirigidas a consolidar un manejo de plagas más eficiente y ambientalmente responsable.

Figura 7
Beneficios asociados a los distintos métodos de aplicación de controladores químicos empleados



Fuente: Elaboración propia (2025)

La figura 7 expone los beneficios porcentuales asociados a distintos métodos de aplicación de controladores químicos empleados en el cultivo de arroz en Ecuador, categorizados tanto por el tipo de beneficio (eje horizontal) como por el porcentaje alcanzado (eje vertical). Se observa claramente la diversidad en los impactos logrados por cada técnica, tanto en términos técnicos como ambientales y socioeconómicos.

Sobresale el Monitoreo con feromonas, que logra el mayor beneficio porcentual con un 40 % de disminución en el uso de insecticidas. Este es un indicador de la efectividad de medidas de control que reducen la presión química sobre el agroecosistema y, a la vez, contribuyen a la sostenibilidad ambiental y a la disminución de costos de producción. Se ajusta a las tendencias internacionales hacia el manejo integrado de plagas, que favorecen las intervenciones localizadas y de bajo impacto.

Le siguen el Tratamiento de semillas, con un 30 % menos de pulverizaciones foliares, y la Aspersión localizada, con un 25 % menos de productos fitosanitarios. Estos casos ilustran cómo la precisión en la aplicación y la protección temprana del cultivo pueden reducir drásticamente el uso de plaguicidas con resultados económicos y ambientales favorables.

El ahorro de agua e insumos con la aplicación aérea con drones alcanza el 20 %, un gran avance en eficiencia, pero aún hay retos como los costos iniciales y la capacitación para manejarlos. Por su parte, las boquillas de baja deriva economizan en un 18 % el uso de insecticida, lo que demuestra que incluso pequeñas innovaciones tecnológicas en el equipo de aplicación pueden generar ahorros económicos y disminuir los riesgos ambientales.

Finalmente, la Aplicación dirigida rindió un 15 % más y la Aplicación granular un 12 % más, datos que confirman que la tecnología y la exactitud en la dosificación se traducen en productividad y menos costos por mermas.

En general, la gráfica muestra que los métodos de aplicación más tecnificados o integrados generalmente dan mayores beneficios en términos de reducción de insumos, costos o riesgos ambientales, en tanto que los métodos convencionales o menos

especializados tienen beneficios menores. Esto refuerza la necesidad de fortalecer la capacitación técnica y el acceso a tecnologías innovadoras para que estos resultados puedan replicarse a mayor escala en Ecuador.

Discusión

El estudio llevado a cabo permitió identificar una prevalencia notable en la aplicación de técnicas tradicionales, especialmente la pulverización foliar, como estrategia predominante para la gestión de insectos plaga en la producción arroceras en Ecuador. Pese a su amplia difusión, esta metodología exhibe restricciones técnicas y ambientales que amenazan su eficiencia y sostenibilidad a largo plazo. Los principales desafíos incluyen una frecuencia desmedida de aplicación sin apoyo técnico, la sobredosificación y la exposición directa de los aplicadores, lo que evidencia una dependencia significativa de prácticas empíricas desprovistas de tecnificación.

La inyección localizada y la microdosificación en la zona radicular, aunque no generalizadas, tienen potencial para disminuir los impactos negativos al ambiente y a la salud humana. Su precisión permite aplicar los insumos en los momentos críticos del ciclo biológico de las plagas, reduciendo las aplicaciones terapéuticas a todo el cultivo. La aplicación granulada es una estrategia intermedia; sus ventajas en términos de liberación controlada del

principio activo deben ser analizadas frente al peligro de acumulación en el suelo, en caso de no ser manejada con criterios técnicos.

En conjunto, los hallazgos muestran que existe una gran diferencia entre la disponibilidad de métodos más sostenibles y su aplicación en el campo. Esta diferencia se genera por diversas razones, como la falta de capacitación técnica, el acceso limitado a tecnologías de precisión y la falta de colaboración entre instituciones para promover prácticas agrícolas sostenibles. Superar estas restricciones es fundamental para dar paso a prácticas más seguras y eficientes, en concordancia con las exigencias de sostenibilidad del sector arrocerero en el país.

El estudio de las maneras de uso de biocontroladores en el cultivo de arroz muestra un panorama complejo influenciado por factores técnicos, económicos y socioculturales que restringen la transición hacia prácticas más sostenibles. La alta frecuencia de la pulverización foliar en Ecuador, según reportan Cadena et al. (2020) y Chirinos y Geraud (2020), se debe a la disponibilidad y bajo costo inicial de los insumos. Pero investigaciones como las de Zhang y Li (2023) demuestran que este método tiene serias desventajas, como la deriva de plaguicidas y la exposición directa del trabajador a tóxicos. Esta situación coincide con los hallazgos de Rahman et al. (2020) sobre riesgos para la salud en comunidades rurales.

Además, Hajjar et al. (2023) sugieren que la efectividad de esta técnica no solo depende de los productos utilizados, sino también de la precisión en su aplicación, una deficiencia específica en Ecuador por la capacitación técnica limitada de los agricultores, como indican Castillo et al. (2023). En esa línea, Fahad et al. (2021) alertan que la aplicación continua de métodos empíricos perpetúa los problemas sanitarios y ambientales. Por otro lado, Roy y Chakraborty (2022) indican que las técnicas de aplicación localizada, aunque poco difundidas, podrían aumentar la eficiencia con menor impacto ambiental.

En cuanto a la aplicación granular, Lyons y Hageman (2021) señalan sus beneficios en cuanto a la liberación controlada de los ingredientes activos y la disminución de los efectos en organismos no objetivo. Pero, según Hashimoto et al. (2019), su uso sigue siendo limitado en países como Ecuador por su alto costo y la falta de formulaciones adaptadas a las condiciones locales, en concordancia con lo observado en este estudio.

En cuanto a la aplicación aérea con drones o avionetas, los estudios de Avilés (2022) y Anandhi et al. (2022) destacan su potencial para reducir el contacto humano con plaguicidas y mejorar la cobertura en grandes áreas. Sin embargo, la evidencia actual confirma que su uso en Ecuador se restringe a explotaciones con cierto nivel de tecnificación, por el alto costo y la falta de infraestructura en zonas rurales.

Finalmente, la técnica de inyección localizada, descrita por Chango Sailema (2022) como precisa y de menor impacto ambiental, enfrenta limitaciones estructurales relacionadas con el alto costo de los equipos y la falta de personal capacitado para aplicarla. La coincidencia entre lo que la literatura reporta y lo hallado en esta investigación confirma que la implementación de nuevas metodologías necesita no sólo acceso a tecnología, sino políticas de capacitación técnica y subsidios para su desarrollo.

En conjunto, la comparación con estudios anteriores revela que los resultados obtenidos siguen patrones regionales ya conocidos por la comunidad científica. Pero también muestran cómo las soluciones técnicas deben ajustarse a las condiciones socioeconómicas que restringen la aplicación de estrategias de punta en el entorno ecuatoriano. Por lo cual, es de sugerir la evolución gradual y contextualizada hacia modelos de gestión más sostenibles, que combinen eficiencia técnica, viabilidad económica y protección ambiental.

Conclusiones

La revisión de la literatura y los estudios técnicos mostraron que en Ecuador, la fumigación foliar sigue siendo la forma más común de usar biocontroladores químicos para matar insectos plaga en el arroz. Es popular porque es barato, fácil de usar y hay muchos insumos disponibles en el mercado. Pero usarlo mucho sin calibrar el equipo, seguir las pautas técnicas o usar equipo de protección personal aumenta el riesgo de intoxicación aguda y crónica en los aplicadores, daña los organismos beneficiosos y contamina el medio ambiente. Estos resultados muestran que este método es fácil de usar, pero necesita mucho trabajo en capacitación, supervisión y control para ser seguro y efectivo.

La microdosificación localizada y la inyección localizada son otros dos métodos que tienen importantes beneficios técnicos, especialmente cuando se trata de precisión, reducción de desechos y mantenimiento de los trabajadores alejados de sustancias tóxicas. Pero no se

puede usar tanto en Ecuador debido a problemas de dinero, falta de tecnología y falta de trabajadores capacitados. En sistemas de producción tecnificados, estos métodos se muestran como buenas opciones para mejorar el control fitosanitario y disminuir el impacto ambiental, siempre y cuando existan programas de capacitación y financiamiento que permitan utilizarlos.

Las formulaciones granuladas y el tratamiento de semillas funcionan bien juntos. El primero ayuda a controlar las plantas durante más tiempo y el segundo reduce la cantidad de veces que es necesario rociar las plantas. Pero si las formulaciones granuladas no se manipulan correctamente, pueden contaminar el suelo y acabar con especies. Mientras que el tratamiento de semillas no se llega a aplicar a gran escala en el país por problemas de accesibilidad. En todos los casos, estos métodos sólo serán efectivos si se aplican en la dosis correcta, en el momento oportuno, y existen protocolos para el seguimiento ambiental y de salud.

En conclusión, para controlar mejor las plagas de insectos en el arroz en Ecuador, se debe integrar la fumigación foliar dirigida con el uso creciente de métodos más precisos y de mayor duración, como la microdosificación y la inyección localizada. Estas prácticas deben ajustarse a las condiciones agroecológicas y socioeconómicas locales. Para hacer un manejo fitosanitario efectivo, seguro y amigable con el ambiente, se debe capacitar mejor técnicamente, incentivar económicamente y generar más investigación aplicada. Esto responde a las necesidades actuales del sector arrocero nacional de competitividad, sostenibilidad y trazabilidad.

Recomendaciones

Se sugiere como primera opción el tratamiento de semillas para el control preventivo de insectos plaga en el arroz. Este método que incorpora insecticidas sistémicos en la semilla, controlando desde el inicio de la germinación del cultivo durante las etapas iniciales de su desarrollo, el control es por un periodo residual de hasta 40 días. Esto reduce notablemente la cantidad de aplicaciones foliares que se deben realizar, disminuyendo la exposición de los que realizan la aplicación, así como la presión química sobre el agroecosistema. También, estos métodos se caracterizan por su baja contaminación en el medio ambiente y su facilidad de incorporación en sistemas de manejo integrado de plagas (MIP), por lo que proporciona una alternativa para el aumento de la eficiencia y la seguridad en el control químico.

Para que el tratamiento de semillas funcione correctamente, es clave contar con una capacitación adecuada sobre el uso, sobre la cesión, e incluso sobre la selección de principios

activos que deben ser usados a cada productor y operario. Estas son actividades que deben ser promovidas a través de instituciones como el MAG, INIAP y Agrocalidad, garantizando que la metodología utilizada se base en criterios suficientemente técnicos. Igualmente, en el texto se proponen alianzas con proveedores y comerciantes para la disponibilidad de semillas tratadas en precios accesibles, además de la realización de ensayos en zonas de cultivo de arroz, esto permitirá la rápida validación de los resultados y la confianza de los agricultores.

También, es importante que en conjunto con los tratamientos se realicen controles fitosanitarios, control práctico con el uso de umbrales de intervención y rotación de los principios activos con el fin de retrasar la resistencia de la plaga. En situaciones en donde el control necesite ser reforzado en etapas intermedias del ciclo, se podrían utilizar métodos de precisión como la microdosificación localizada o inyección puntual, cuidando siempre la disminución de la cantidad de agroquímicos usados y cuidando a los insectos benéficos.

Es excepcionalmente importante fortalecer la vigilancia y regulación ambiental en relación con el uso de pesticidas en el cultivo de arroz. El uso de medidas preventivas como el tratamiento de semillas en combinación con políticas públicas que promuevan prácticas sostenibles y la adopción de tecnologías más seguras conducirá a un control de plagas más eficiente y responsable que sustente la producción de arroz en Ecuador.

Referencias Bibliográficas

- Akter, S., Alam, Z., & Roy, T. K. (2024). Effective multidimensional treatment identification of different chemical fertilizers: Response of insect dynamics and rice production. *Heliyon*, 10(2), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024085980>
- Alam, R., Hossain, M., Rafid, R. M., & Darda, A. (2024). Socio-economic status and insect management practices of rice farmers in Naogaon, Bangladesh. *Sustainability in Food and Agriculture*, 5(1), 70–74. Ali, M., Nessa, B., Khatun, M., Salam, M., & Kabir. (2021). A way forward to combat insect pest in rice. 25(1). https://www.researchgate.net/publication/385002500_SOCIO-ECONOMIC_STATUS_AND_INSECT_MANAGEMENT_PRACTICES_OF_RICE_FARMERS_IN_NAOGAON_BANGLADESH
- Alvarado, E., Suárez, F., Valarezo, N., Herrera, S., Gaviláñez, F., & España, P. (2023). Monitoreo de insectos plaga mediante SIG aplicados al cultivo de *Oryza sativa* L. en Naranjal, Ecuador. *Manglar*, 20(1), 59-67. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462023000100059
- Anandhi, P., Ambethgar, V., & Elamathi, S. (2022). Efficacy of newer insecticide molecules for the management of emerging pests of rice in the Cauvery Delta Zone of Tamil Nadu, India. *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(20), 659–665. <https://journalijpss.com/index.php/IJPSS/article/view/2137>
- Arciniega Galaviz, M. A., & Fontalvo-Buelvas, J. C. (2024). Conductas de riesgo asociadas al manejo de plaguicidas químicos por parte de agricultores del norte de Sinaloa, México. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 22(43), 1-22. <https://doi.org/10.15359/prne.22-43.6>
- Atiaga, O., Ruales, J., Nunes, L. M., & Otero, X. L. (2021). Toxic Elements in Soil and Rice in Ecuador. *Agronomy*, 11(8), 1594. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081594>
- Ávila Demera, J. J. (2020). *Estudio del uso y manejo de los plaguicidas en cultivos de ciclo corto en Puerto La Boca, Jipijapa – Manabí* [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal

del Sur de Manabí]. Repositorio Digital UNESUM.
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2736>

- Avilés, M. (2022). Estudio de la frecuencia de aplicación de abono foliar mediante el uso de avioneta en plantaciones de banano (*Musa AAA*) en Ecuador. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13291/E-UTB-FACIAG-AGRON-000015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bhavanam, S., & Stout, M. J. (2022). Varietal Resistance and Chemical Ecology of the Rice Stink Bug, *Oebalus pugnax*, on Rice, *Oryza sativa*. *Plants*, 11(22), 3169. <https://doi.org/10.3390/plants11223169>
- Cadena, D., Helfgott, S., Espinoza, F., Valarezo-Beltrón, C., Sánchez Vásquez, V., & García Vásquez, G. (2020). Control químico de malezas en fincas de arroz (*Oryza sativa* L.), en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Journal of Science and Research*, 5(2), 66–79. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/833>
- Calvachi, J. C. (2025). Uso de plaguicidas en el barrio El Pucará en relación con la calidad de vida de los agricultores de la zona. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/a1ef2fd4-8278-4aea-93e5-b0fb4a949998>
- Campos, Y., & Andino, D. (2021). *Intoxicaciones ocupacionales agudas por exposición a herbicidas en el Ecuador*. Universidad Internacional SEK. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4382/1/Trabajo%20Final%20%28%20Dolores%20Andino%29.pdf>
- Cárdenas, L. (2017). *Principales insectos plaga que atacan el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Arenillas, provincia de El Oro* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Machala]. AGRIS. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124698/records/669e7a7700eb85b7d72b8def>
- Chango Saillema, S. V. (2022). *Diagnóstico del manejo sustentable de plagas agrícolas por los agricultores de la comunidad Manguihua Cochapamba Katitawa de la parroquia Salasaka* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Digital UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/63f81d2d-4224-400c-8f34-92fb44d6e5d1>

- Chirinos, J., & Geraud, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: La magnitud de su uso en Ecuador. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(2), 56–68.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276
- Cobos, F., Gómez, J., & Hasang, E. (2020). Sostenibilidad del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona de Daule, provincia del Guayas, Ecuador. *Zenodo*.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4116460>
- Dey, S., & Pal, N. (2024). Impact of biocontrol agent on the management of rice insect pests. *International Journal of Biology Innovations*, 6(10), 44–48.
<https://doi.org/10.46505/IJBI.2024.6106>
- Dhakal, A., & Poudel, S. (2020). Integrated pest management (IPM) and its application in rice: A review. *Reviews in Food and Agriculture*, 1(2), 54–58.
<https://rfna.com.my/download/749>
- Díaz, A., Luzuriaga, J., Monroy, M., & Vera, J. (2021). Manejo de emergencia en intoxicación por plaguicidas. *Recimundo*, 5(2), 179–186.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/5.\(2\).abril.2021.179-186](https://doi.org/10.26820/recimundo/5.(2).abril.2021.179-186)
- Dunn, L., Latty, T., Van Ogtrop, F. F., & Tan, D. K. (2023). Cambodian rice farmers' knowledge, attitudes, and practices (KAPs) regarding insect pest management and pesticide use. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 21(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2178804>
- Fahad, S., Saud, S., Akhter, A., Bajwa, A., Hassan, S., & Battaglia, M. (2021). Bio-based integrated pest management in rice: An agro-ecosystem friendly approach for agricultural sustainability. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(2), 153–161.
<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2020.12.004>
- Felicita, O. (2022). Los agrotóxicos y la importancia del análisis de residuos en muestras ambientales y humanas. *Revista de Investigación Talentos*, 9(2), 1–19.
<https://doi.org/10.33789/talentos.9.2.166>
- Fienco, A., Mero, D., & Vera, L. (2022). Uso del hongo *Beauveria* (*Beauveria bassiana*) como biocontrolador de plagas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), “Las Gilces Crucita”

[Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Digital UNESUM.
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3901>

- Ganesan, K., Anil Kumar, B., Soundararajan, R., Suganthi, M., Venugopal, S., & Manivannan, V. (2015). Botanicals for managing insect pests in rice: An eco-friendly strategy for sustainable rice production. *Plant Science Today*, 12(2), 1–10. <https://doi.org/10.14719/pst.6006>
- Gelaye, Y., & Negash, B. (2023). The role of baculoviruses in controlling insect pests: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2254139>
- Gonçalves, I., Oliveira, J., Mexia, A., & Barros, G. (2023). Advances in environmentally friendly techniques and circular economy approaches for insect infestation management in stored rice grains. *Foods*, 12(3), 511. <https://doi.org/10.3390/foods12030511>
- González, A., González Castro, A., Del Pozo, E. M., Galván, B., Domínguez, C., & Carmona, J. (2009). Alternativas para el manejo de *Bemisia* spp. en berenjena (*Solanum melongena* L.), en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista UDO Agrícola*, 9(3), 571–578. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3358263>
- Hajjar, M., Ahmed, N., Alhudaib, K., & Ullah, H. (2023). Integrated insect pest management techniques for rice. *Sustainability*, 15(5), 4499. <https://doi.org/10.3390/su15054499>
- Hashimoto, K., Eguchi, Y., Tazunoki, T., Tokuda, M., Sánchez, F., & Goka, K. (2019). Effects of a herbicide on paddy predatory insects depend on their microhabitat use and an insecticide application. *Ecological Research*, 29(6), 1031–1042. <https://www.jstor.org/stable/26785684>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Education. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa de la investigaci%C3%B3n. Rutas cuantitativa cualitativa y mixta-libre.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64591365/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20Rutas%20cuantitativa%20cualitativa%20y%20mixta-libre.pdf)
- Hickel, E. (2018). Cultivo armadilha para percevejo-do-grão em arroz. *Revista Agropecuária Catarinense*, 31(1), 66–70. <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/226/209>
- Horgan, F., Zhu, Q., Portalanza, D., & Felix, M. (2021). Costs to Ecuador's rice sector during the first decade of an apple snail invasion. *Crop Protection*, 148, 105746. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105746>

- Hural, S., Biradar, R., & Gowdar, B. (2020). Bio-efficacy of new formulation of carbofuran against major insect pests of *Oryza sativa* L. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1), 375–378. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1n.8384>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2012). *Encuesta sobre uso de agroquímicos y su destino final en la agricultura*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/Plaguicidas.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2013). *Módulo ambiental: Uso de plaguicidas en la agricultura 2013*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas-2013/Documento_Tecnico-Uso_de_Plaguicidas_en_la_Agricultura_2013.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2020). *Módulo de información ambiental y tecnificación agropecuaria*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Modulo_Ambiental_ESPAC_2020/PRINC_RESUL_MOD_AGROTEC_2020_08_4.pdf
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2024). *Reporte de avances tecnológicos en arroz en la región litoral*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2728/1/iniapscpt141.pdf>
- Jaglan, M., Chaudhary, O., Chitralekha, S., Singh, S., Ahlawat, S., & Yadav, J. (2024). Comparative bio-efficacy of flubendiamide against rice pests. *Journal of Plant Protection Research*, 44(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s42690-024-01255-z>
- Kumara, H., Senarathna, K., Herath, S., & Vidanapathirana, N. (2020). Exploring ecological functions of rice-fish integration in the agricultural landscape: A review to investigate feasibility of implementing rice-fish integration in Sri Lanka. *Agricultural Technology Research and Sustainable Journal*, 3(2), 85–94. <https://doi.org/10.4038/atrsj.v3i2.53>
- Lang, J., Barták, M., Hájek, J., Staňková, E., & Trnková, K. (2024). Effects of foliar application of a lambda-cyhalothrin insecticide on photosynthetic characteristics of a fodder plant *Malva moschata*. *Agronomy*, 14(12), 2818. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122818>
- Lesano Yaguar, K. J. (2024). *Conocimiento sobre los métodos de control de plagas agrícolas de los productores de maíz en los cantones Quito y Patate: Una comparación* [Tesis de

- pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/92d47e0a-a11e-4806-83ff-63633c1fe094>
- Liu Mosquera, M. E. (2024). *Influencia del uso de feromonas en el control de plagas en los cultivos del arroz (Oryza sativa), en el Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16049>
- Liu, L., Tan, L., Yang, C., & Hu, C. (2023). Mixed use of chemical pesticides and biopesticides among rice–crayfish integrated system farmers in China: A multivariate probit approach. *Agriculture*, 13(8), 1590. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081590>
- Lyons, S., & Hageman, K. (2021). Foliar photodegradation in pesticide fate modeling: Development and evaluation of the pesticide dissipation from agricultural land (PeDAL) model. *Environmental Science & Technology*, 55(8), 5275–5284. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07722>
- Maksuk, I., Kumalasari, I., Amin, M., & Pane, M. (2024). Health risk assessment of pesticide exposure in farmers around rice farming area in Ogan Ilir Regency, South Sumatra, Indonesia. *Indonesian Journal of Public Health*, 19(1), 118–131. <https://doi.org/10.20473/ijph.v19i1.2024.118-131>
- Matsukawa, M., Nguyen, H., Bui, T., Le, H., & Nguyen, C. (2019). Spatial evaluation of the pesticide application method by farmers in a paddy field in the northern part of Vietnam. *Plant Production Science*, 22(4), 566–576. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13355-019-00641-1>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2023). *Informe técnico de costos de producción de arroz por provincia*. <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/03/MAG-Informe-Rendicion-de-Cuentas-2023.pdf>
- Mohanta, P., Raju, S., & Shanka, G. (2020). Bio-efficacy of certain insecticidal molecules against lepidopteran pests of rice. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 218–222. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2c.8771>
- Mollocana, E., & Gonzalez, A. (2022). Control of pesticides in Ecuador: An underrated problem? *Revista Bionatura*, 7(3), 1–7. <https://revistabionatura.com/2020.05.03.17.html>

- Mollocana-Lara, E., & Gonzales-Zubiate, F. (2020). Control of pesticides in Ecuador: An underrated problem? *Revista Bionatura*, 5(3), 1–6. <https://doi.org/10.21931/RB/2020.05.03.17>
- Mundo, M. D. (2018). *Grande mapa político y administrativo de Ecuador con carreteras, ciudades y aeropuertos | Ecuador | América del Sur | Mapas del Mundo*. Mapas del Mundo. <https://www.mapas-del-mundo.net/america-del-sur/ecuador/grande-mapa-politico-y-administrativo-de-ecuador-con-carreteras-ciudades-y-aeropuertos>
- Navas, M., Lugo, M., Torres, O., Méndez, J., & Rivero, Y. (2016). Uso de *Trichoderma* en el manejo de enfermedades fungosas en arroz. *Agronomía Tropical*, 66(3–4), 105–114. [http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at6634/pdf/02 NAVAS.pdf](http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at6634/pdf/02_NAVAS.pdf)
- Noboa Salazar, J. L. (2023). *Evaluación de alternativas para el manejo de mosca minadora de hojas (Hydrellia wirthi L.) en arroz bajo riego en la zona de Babahoyo* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/15403>
- Ochoa, M., Tierra, W., Tupuna, D., Guanoluisa, D., Otero, X., & Ruales, J. (2020). Assessment of cadmium and lead contamination in rice farming soils and rice (*Oryza sativa* L.) from Guayas province in Ecuador. *Environmental Pollution*, 260, 114050. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114050>
- Paudel, M., Paudel, A., & Upreti, R. (2024). Farmers' knowledge and perception on major insect pests of rice and its management practices in Pyuthan, Nepal. *Journal of Technology and Innovation*, 1(1), 30–34. <https://doi.org/10.26480/jtin.01.2024.30.34>
- Peng, G., Xie, J., Guo, R., Keyhani, N., & Zeng, D. (2021). Long-term field evaluation and large-scale application of a *Metarhizium anisopliae* strain. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(4), 969–980. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10340-020-01313-8>
- Pérez, I., & Rodríguez, I. (2019). Manejo integrado de los principales insectos-plaga que afectan el cultivo de arroz en Ecuador. *International Organization of Scientific Research Journal*, 53–61. https://www.researchgate.net/profile/Iran-Rodriguez/publication/339471379_S_I_PP_53-61_International_organization_of_Scientific_Research/links/5e5491e892851c1dcb8b9c52/S-I-PP-53-61-International-organization-of-Scientific-Research.pdf

- Pitaksilp, T., Ruchiwit, K., Suwannahong, K., Pongstaporn, W., & Sudjaroen, Y. (2020). CYP2D6 (G1934A) gene polymorphism in rice farmers with long-term pesticide exposure. *Biomedical Research and Therapy*, 14(4), 311–320. https://www.researchgate.net/publication/344611778_CYP2D6_G1934A_Gene_Polymorphism_in_Rice_Farmers_with_Long-term_Pesticide_Exposure_Suphan_Buri_Thailand
- Purnama, I., Malhat, F., Mutamima, A., & Ihsan, F. (2023). A comparative study on pesticide residue profiles in locally grown rice from conventional and sustainable agricultural methods. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 20(3), 219–231. <https://doi.org/10.31849/jip.v20i3.17122>
- Quiridumbay, J. (2023). *Efecto de Trichoderma harzianum T-78 sobre enfermedades fúngicas con dos métodos de siembra en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio UAGRARIA. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/QUIRIDUMBAY%20RONQUILLO%20JOEL%20ANTONIO.pdf>
- Quispe Ruiz, S. M. (2024). *Medidas de bioseguridad para la prevención de las intoxicaciones por plaguicidas en agricultores de Palo Blanco* [Tesis de pregrado, Universidad Regional Autónoma de los Andes]. Repositorio UNIANDES. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/17980>
- Rahman, M., Nahar, K., Ali, M., Sultana, N., Karim, M., Adhikari, U., & Rauf, M. (2020). Effect of long-term pesticides and chemical fertilizers application on the microbial community in rice field soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 104(6), 830–837. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-020-02870-5>
- Ramírez, E. (2018). *Alternativas en el manejo del chinche del arroz (Oebalus insularis) con la utilización de una fuente de microorganismos eficientes en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en el cantón Mocache – Los Ríos, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b0af2fa2-a784-4a34-a27d-9100daa8d51b/content>

- Raut, A., Banu, A., Akram, W., Nain, R., Singh, K., & Wahengabam, J. (2023). Impact of pesticides on diversity and abundance of predatory arthropods in rice ecosystem. *International Journal of Ecology*, 2023, 8891070. <https://doi.org/10.1155/2023/8891070>
- Rodríguez, A. (2025). *Alternativas de control para mancha marrón (Bipolaris oryzae) en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en el Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio UTB. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/18274/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000183.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, I., Pérez, H., & Socorro, A. (2018). Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan el cultivo del arroz en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 95–107. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/169>
- Roy, D., & Chakraborty, G. (2022). Bio-efficacy of novel chemicals and tribal pesticide-based integrated modules against brown planthopper in rice. *Journal of Plant Protection Research*, 42(2), 203–213. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42690-021-00534-3>
- Sánchez Alvarado, E. R., & Vélez Ruiz, M. C. (2022). *Dinámica poblacional de los principales insectos plaga y benéficos en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.), Durán-Guayas* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/089d004c-198f-4c43-8c78-e364bdf9e548>
- Sánchez, E., Herrera, S., Suárez, C., Gavilánez, F., & Valarezo, N. (2023). Monitoreo de insectos plaga mediante SIG aplicados al cultivo de *Oryza sativa* L. en Naranjal, Ecuador. *Manglar*, 20(1), 59–70. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462023000100059
- Sánchez-Alvarado, E., Herrera-Reyes, S., Suárez, C., & Gavilánez, F. (2023). Monitoreo de insectos plaga mediante SIG aplicados al cultivo de *Oryza sativa* L. en Naranjal, Ecuador. *Manglar*, 20(1), 59–70. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2414-10462023000100059&script=sci_abstract
- Simpao, F. T., Mendoza, K. M., Basug, O. M., Gelmo, G. S., Villotes, R. P., & Andripa, K. D. (2025). IoT-based insect pests management system for rice fields. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1441(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1441/1/012017>

- Simpao, F., Mendoza, K., Basug, O., Gelmo, G., Villotes, R., & Andripa, K. (2023). IoT-based insect pests management system for rice fields. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1441(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1441/1/012017>
- Sinchire, R. N., Cayambe, J., & Heredia-R, M. (2023). Conocimiento, percepción y prácticas de los agricultores sobre la aplicación de plaguicidas: un estudio de caso de productores de arroz en Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 35(1), 88-103. <https://doi.org/10.37815/rte.v35n1.1013>
- Singh, S., & Kumari, B. (2020). Roving survey of major insect pests of rice crop (*Oryza sativa* L.) in different blocks of Patna district of Bihar state, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(5), 1115–1120. <https://www.entomoljournal.com/archives/2020/vol8issue5/PartP/8-4-505-453.pdf>
- Smrity, A., Hoque, M., Rahman, M., & Mithun, M. (2020). Rice farmers' perception on occupational risk exposure to pesticides in Bangladesh. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, 10(1), 63–69. https://www.researchgate.net/publication/348232472_Rice_Farmers'_Perception_on_Occupational_Risk_Exposure_to_Pesticides_in_Bangladesh
- Swastika, S., Rustam, R., & Fauzana, H. (2022). The pesticides use by rice farmers in Siak Regency. *Jurnal Agribisnis dan Ilmu Terapan*, 4(2), 101–109. <https://doi.org/10.36378/juatika.v4i2.797>
- Tejaswi, A., Jarpla, M., Bandhavi, H., & Prasanna, M. (2024). Evaluating the bio-efficacy of pesticide combinations in rice. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 27(1), 951–957. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i101517>
- Vera Aguirre, A. L. (2025). *Bioecología del parasitoide oófago como agente de control biológico de Oebalus insularis Stål, 1872 (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz Oryza sativa L.* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/18004>
- Verdezoto, R., Morán, J., Mora, B., Molina, H., & Moncayo, F. (2016). Evaluación de dos insecticidas naturales y un químico en el control de plagas en el cultivo de frejol en el litoral ecuatoriano. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(2), 27–35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5906958>

- Veres, A., Wyckhuys, K., Kiss, J., Tóth, F., Burgio, G., Pons, X., ... Furlan, L. (2020). An update of the worldwide integrated assessment (WIA) on systemic pesticides. Part 4: Alternatives in major cropping systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(29), 29867–29899. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09279-x>
- Viera-Arroyo, W., Torres, C., Salinas, A., Santillán, D., Rivera, L., Párraga, A., ... Jackson, T. (2020). Control biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 128–149. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7891239>
- Villamar, M., V., V., Ortiz, J., & Valenzuela, C. (2025). Nutritional and biochemical characterization of white and brown rice (*Oryza sativa*) subjected to different pest control methods. *Applied Sciences*, 15(4), 2190. <https://doi.org/10.3390/app15042190>
- Villegas, L. (2025). Pesticide exposure: Occupational safety and health impacts in 2023. *SCT Proceedings in Interdisciplinary Insights and Innovations*, 3(1), 405. <https://doi.org/10.56294/piii2025405>
- Vivas, L., & Astudillo, D. (2010). Plantas hospederas de chinche vaneadora en el cultivo de arroz en Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 60(4), 405–412. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2010000400006
- Wagi, W., Hamidson, H., Suwandi, S., & Umayah, U. (2024). Monitoring the use of synthetic pesticides for pest and disease control of rice plants in tidal marshlands. *BIOVALENTIA: Biological Research Journal*, 10(1), 59–67. <https://doi.org/10.24233/biov.10.1.2024.435>
- Wilson, B., & Hummel, N. (2025). The value of insecticidal seed treatments for US rice farmers. *Journal of Integrated Pest Management*, 16(1), pmac012. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaf012>
- Yamuna, C., Praveen, N., Laxman, T., Reddy, T., & Rani, C. (2024). Assay of front-line demonstration on integrated pest and disease management (IPDM) in rice in the Vikarabad District of Telangana, India. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(7), 641–648. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i72641>
- Zapata, R., Ortiz, K., Ruiz, D., & Suárez, M. (2024). Consecuencias del uso desmedido de plaguicidas en la salud de los agricultores. *Polo del Conocimiento*, 9(6), 178–193. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6597>

- Zea, A. G., Robles Bykbaev, Y., Portila Farfán, F., & Caballero, P. (2024). Evaluation of pesticide contamination risks and sustainable practices in Ecuadorian agriculture. *Scientific Reports*, 14(1), 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76733-y>
- Zhang, X., & Li, Z. (2023). Generalizing routes of plant exposure to pesticides by plant uptake models to assess pesticide application efficiency. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 262, 115145. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115145>
- Zhang, Y., Yang, Y., Shao, Y., Wang, J., Chen, Z., & Roß-Nickoll, M. (2024). Conversion of rice field ecosystems from conventional to ecological farming: Effects on pesticide fate and soil properties. *Environmental Management*, 75(1), 930–944. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-02064-3>
- Zheng, J., & Xu, Y. (2023). Development of plant protection methods and advances in pesticide application technology in agro-forestry production: A review. *Preprints.org*. <https://doi.org/10.20944/preprints202310.1096.v1>