



Revista ASCE Magazine, Periodicidad: Trimestral Enero - Marzo, Volumen: 5, Número: 1, Año: 2026 páginas 1132 - 1149

Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.636>

Recibido: 2025-12-30

Aceptado: 2026-01-13

Publicado: 2026-02-04

Gestión del Riesgo Químico en la Aplicación de Plaguicidas mediante el uso de Drones en Fincas Agrícola

Chemical Risk Management in Pesticide Application using Drones on Agricultural Farms

Autores

José David Cedeño Chevez¹

<https://orcid.org/0009-0005-3505-0272>

jcedenoc19@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo – Ecuador

Jenniffer Adriana Moreira Coro²

<https://orcid.org/0009-0005-9037-4480>

jmoreirac9@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo – Ecuador

Mawyin Veliz Jefferson Patricio³

<https://orcid.org/0009-0009-5845-6805>

jmawyinv@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo – Ecuador

Mancheno Padilla Edison Marcelo⁴

<https://orcid.org/0000-0002-5892-1799>

emanchenop@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo – Ecuador

Ruth Isabel Torres Torres⁵

<https://orcid.org/0000-0002-7799-386X>

ritorres@uteq.edu.ec

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo – Ecuador

Cómo citar

Cedeño Chevez, J. D., Moreira Coro, J. A., Mawyin Veliz, J. P., Mancheno Padilla, E. M., & Torres Torres, R. I. (2026). Gestión del Riesgo Químico en la Aplicación de Plaguicidas mediante el uso de Drones en Fincas Agrícola. *ASCE MAGAZINE*, 5(1), 1132–1149.



Resumen

La aplicación de plaguicidas mediante drones en fincas agrícolas bananeras representa una innovación tecnológica orientada a mejorar la eficiencia operativa y reducir la exposición directa de los trabajadores. Sin embargo, la ausencia de una gestión preventiva estructurada puede mantener o incluso incrementar los riesgos químicos asociados a estas actividades. El objetivo de esta investigación fue analizar las prácticas actuales y los riesgos asociados a la utilización de plaguicidas mediante el uso de drones en plantaciones bananeras, y a partir de ello diseñar un programa conceptual de prevención del riesgo químico. El estudio se llevó a cabo con un enfoque descriptivo y analítico, a partir de una revisión bibliográfica especializada, el examen de la normativa vigente y una evaluación técnica de las prácticas operativas vinculadas al uso de drones en actividades agrícolas. Los resultados mostraron que los riesgos químicos se presentaron principalmente durante la preparación de mezclas, la carga del equipo, la operación del dron y el manejo de residuos. Esta situación se asoció con la falta de procedimientos estandarizados, la ausencia de controles técnicos suficientes y la carencia de programas de capacitación orientados a estas tareas. Como contribución principal, se elaboró un programa de gestión del riesgo químico organizado en componentes técnicos, operativos, administrativos, de formación y de respuesta ante emergencias. Se concluyó que la implementación de un programa propuesto permitió disminuir la exposición ocupacional de plaguicidas, fortificar la seguridad y la salud en el trabajo y aportar en la sostenibilidad de la producción bananera.

Palabras clave: Riesgo Químico, Plaguicidas, Agricultura, Drones, Gestión De Riesgos.



Abstract

The application of pesticides by drones on banana farms represents a technological innovation aimed at improving operational efficiency and reducing the direct exposure of workers. However, the absence of structured preventive management can maintain or even increase the chemical risks associated with these activities. The objective of this research was to analyze the current practices and risks associated with the use of pesticides through the use of drones in banana plantations, and from this to design a conceptual program for the prevention of chemical risk. The study was carried out with a descriptive and analytical approach, based on a specialized literature review, the examination of current regulations and a technical evaluation of the operational practices linked to the use of drones in agricultural activities. The results showed that chemical hazards were mainly present during mixture preparation, equipment loading, drone operation, and waste management. This situation was associated with the lack of standardized procedures, the absence of sufficient technical controls and the lack of training programs aimed at these tasks. As a main contribution, a chemical risk management programme was developed organized into technical, operational, administrative, training and emergency response components. It was concluded that the implementation of a proposed program made it possible to reduce occupational exposure to pesticides, strengthen occupational safety and health and contribute to the sustainability of banana production.

Keywords: Chemical Risk, Pesticides, Agriculture, Drones, Risk Management.



Introducción

La gestión riesgo químico en la agricultura está directamente vinculada con la protección de la salud de los trabajadores y el ambiente, a causa de la utilización intensiva de los plaguicidas que en consecuencia pueden provocar efectos toxicas, agudos y crónicos. la aplicación manual de estos productos expone a los operarios a riesgos por inhalación, contacto directo con la piel y derrames accidentales en las demás partes del cuerpo. Según (Moreira y Vieira da Silva, 2023) en su estudio identifica que la aplicación inadecuada de funguicidas sin el debido uso de protección personal (EP), la manera incorrecta de eliminar envases vacíos y residuos y las practicas mal ejecutadas se relacionan con riesgos elevaos de intoxicación y efectos a la salud de los agricultores.

La implementación de drones en la aplicación de plaguicidas constituye una innovación tecnológica que puede disminuir la exposición directa con los operadores al reducir el contacto físico con los funguicidas y optimizar la correcta distribución de las formulaciones. Lo cual es ratificado por (Felkers et al., 2024) la utilización de drones en la fumigación de las plantaciones presenta beneficios en relación a la seguridad y eficiencia, debido que disminuye en un 99% la exposición directa del operador a los químicos.

A pasear de las ventajas de los drones, la falta de protocolos estandarizados y lineamientos normativos específicos para esta tecnología causa riesgos significativos. En las etapas de mezcla y carga de los funguicidas, son las más críticas, debido a los incorrectos procedimientos, la falta protección instrumentaria puede generar un riesgo para la salud humana, como intoxicaciones agudas, accidentes, negligencia y problemas en la piel, especialmente en cultivos intensivos como las plantaciones bananeras. (Kuster et al., 2023). En Ecuador y varios países latinoamericanos, la normativa de seguridad regula la manipulación de químicos de forma general, sin enfocarse en los procedimientos establecidos para drones, esta situación evidencia la necesidad de desarrollar estrategias claves para la gestión de riesgos químicos en la agricultura.

Este estudio es relevante desde diferentes perspectivas. Actualmente, las fumigaciones con drones son utilizado en producciones agrícolas de gran dimensión por sus mejores beneficios a comparación la fumigación del método tradicional, debido que el tiempo se reduce de 1 a 50 ha/día , costo de 20 a 15 dólares /día y agua de 200 a 10 lits/ día . Socialmente contribuye a proteger la



salud de los trabajadores y disminuir impactos ambientales derivados de la fumigación (Gody 'n et al., 2025).

La base teórica de esta investigación se sustenta en los conceptos de riesgo químico, gestión preventiva y control de peligro, de igual manera los principios de la agricultura de precisión. Investigaciones realizadas por (Castro P. R., 2022) identifico peligros vinculados con la preparación de mezclas uso de equipo de protección personal y eliminación de residuos, la falta de procedimientos estandarizadas del manejo correcto de fungicidas y de programas estructurados aumenta la probabilidad de errores operativos y exposiciones no deseadas.

Diversos estudios han identificado que la aplicación de plaguicidas a través de drones disminuye de manera significativa la exposición de los operadores a diferencia de los métodos tradicionales. Un estudio de campo realizado por (Silva , 2021) aplicadas en plantaciones de banano demostraron que la utilización de la tecnología drones y sistemas de fumigación automatizados conllevan a beneficios como el aumento de la productividad y mejora ambiental al disminuir los riesgos de la salud. De igual manera (Pardo et al., 2023) identifico que método de fumigación por Drone es más efectivo y sostenible en criterios de eficiencia técnica , impacto ambiental y seguridad para los operadores a diferencia de metodos tradicionales.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo analizar las prácticas actuales y los riesgos asociados a la utilización de plaguicidas mediante el uso de drones en plantaciones bananeras, y a partir de ello diseñar un programa conceptual de prevención del riesgo químico que incluya protocolos técnicos, operacionales y de seguridad, con el fin de mejorar la seguridad laboral y promover prácticas agrícolas sostenibles

Material y métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de alcance descriptivo-analítico. El tipo de diseño fue no experimental, enfocado en la elaboración de una propuesta de gestión del riesgo químico en la aplicación de plaguicidas mediante el uso de drones en fincas agrícolas bananeras. La metodología fue diseñada en función al objetivo de estudio y articulo el análisis



documental, revisión bibliográfica especializada y evaluación técnica de los procesos de aplicación.

Tabla 1. Materiales utilizados en la investigación

Tipo de material	Descripción	Finalidad
Fuentes bibliográficas	Artículos científicos, libros especializados en riesgo químico y agricultura de precisión	Fundamentación teórica del estudio
Normativa técnica	Regulaciones nacionales e internacionales sobre manejo de plaguicidas y drones	Identificación de requisitos de seguridad
Documentos técnicos	Manuales de operación de drones y guías de aplicación de plaguicidas	Análisis de prácticas vigentes
Listas de verificación	Instrumentos técnicos elaborados a partir de la normativa	Evaluación sistemática del proceso
Equipos informáticos	Computador y software de procesamiento de texto	Organización y análisis de la información

Para el cumplimiento del objetivo planteado, se emplearon materiales de carácter documental, normativo y técnico. Entre los materiales utilizados se incluyeron

- Libros especializados y artículos científicos indexados relacionados con gestión del riesgo químico, seguridad y salud ocupacional, manejo de plaguicidas y uso de drones en la agricultura.
- Artículos publicados entre los años 2020 y 2025 para asegurar la actualización de la información.
- Estudios en español o inglés
- Estudios que aborden prácticas de manejo seguro de plaguicidas, riesgos químicos, programas preventivos o sostenibilidad agrícola
- Se revisaron normativas y documentos técnicos de organismos nacionales e internacionales
- Estudios que se enfoquen en la manipulación segura de los plaguicidas, de operación de drones agrícolas y de seguridad ocupacional



Dichos documentos permitieron identificar requisitos técnicos, operativos y de seguridad aplicables a la aplicación fungicidas a través de drones en las plantaciones bananeras,

Como instrumentos de análisis, se utilizaron listas de técnicas de verificación, diseñadas a partir de la normativa revisada y los criterios establecidos en la literatura científica. Dichas listas permitieron evaluar sistemáticamente las distintas etapas del proceso de aplicación de plaguicidas, la preparación de la mezcla, la carga del equipo, la operación del dron y la gestión de residuos. Estos instrumentos fueron revisados por criterio experto para garantizar su coherencia técnica y su pertinencia metodológica.

Para el análisis de las prácticas vigentes, utilice un método de revisión documental y análisis técnico de la fase general de aplicación de plaguicidas a través de drones, con la identificación de los puntos críticos y los controles en cada etapa, se realizó una identificación cualitativa de los riesgos químicos, enfocándose en las principales rutas de exposición, dérmica inhalatoria y ambiental y si cumplen con la norma vigente.

Tabla 2. Etapas metodológicas del estudio

Etapa	Actividad principal	Resultado obtenido
Revisión bibliográfica	Análisis de literatura científica	Identificación de riesgos y medidas preventivas
Análisis normativo	Evaluación de regulaciones	Requerimientos técnicos y de seguridad
Diseño preventivo	Integración de resultados	Propuesta de gestión del riesgo químico

Resultados

El análisis de las prácticas vigentes en la aplicación de plaguicidas mediante drones en cultivos de banano ha permitido identificar algunas importantes novedades técnicas , aunque también se han detectado algunas carencias en la gestión preventiva del riesgo químico. Por un lado , la utilización de drones puede considerarse como una práctica predictiva asociada a un incremento de la eficacia de la operación y a una disminución de la exposición directa del trabajador en la fase de la aplicación ; Por otro lado , el uso que se hace actualmente de la técnica del dron se caracteriza por



un alto nivel de operatividad y por una escasa o nula integración de los criterios formales de la seguridad y salud en el trabajo

Análisis de los riesgos químicos documentados

Tabla 3.

Prácticas vigentes y riesgos químicos identificados en la aplicación de plaguicidas con drones

Etapa del proceso	Práctica observada	Riesgo químico asociado	Fuente
Preparación de la mezcla	Manejo manual del plaguicida sin procedimientos estandarizados	Exposición dérmica e inhalatoria	(Silva , 2021)
Carga del dron	Llenado del sistema de aspersión sin control de derrames	Contacto directo con plaguicidas	(Castro y Alava , 2025)
Operación del dron	Aplicación aérea sin delimitación de zonas de exclusión	Exposición indirecta y deriva química	(Arriaga et al., 2022)
Planificación	Evaluación limitada de condiciones meteorológicas	Dispersión no controlada del producto	(Cedeño , 2024)
Limpieza del equipo	Lavado del sistema sin protocolo definido	Contaminación y exposición residual	(Kuster et al., 2023)
Gestión de residuos	Manejo inadecuado de envases y remanentes	Riesgo ambiental y ocupacional	(Brühl et al., 2023)

La revisión de la literatura científica indica que la aplicación de plaguicidas a través de drones disminuye la exposición directa de los operadores durante la pulverización, aunque los riesgos persistentes especialmente en las fases de preparación, mezcla, carga y mantenimiento de los equipos (Kuster et al., 2023) menciona que en la exposición puede ocurrir un contacto dérmico, inhalación y derrames accidentales, por lo que se considera esta fase una de las más riesgosas en la salud de los operadores.

Según Castro, (2022) Se determinó que la exposición dérmica representó el riesgo más crítico en el manejo de plaguicidas, en particular en las fases de mezcla y carga. Una investigación que tuvo lugar en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) analizó los riesgos con utilización la



metodología GTC-45 y concluyó que la aplicación de dron, aunque aleja al operador de la zona de aspersión mantiene el riesgo químico elevado para el personal técnico por ausencia de protocolos de descontaminación y por contacto directo con los envases.

En otros estudios (Arriaga et al., 2022) desarrollado en la zona de Vinces, Ecuador, analizo el comportamiento de la deriva y la eficacia del control fitosanitario. Se observa que la precisión de la aerotomización a través de drones disminuye el desperdicio de agroquímicos en un 32 % adicional en el área foliar sana respecto a los métodos convencionales . Sin embargo , se constató que la turbulencia generada por las hélices requirió procedimientos estrictos de calibración de las boquillas para no alcanzar la dispersión no deseada del químico fuera del objetivo.

En este sentido, (Castro y Alava , 2025) Los datos clínicos analizados en trabajadores del sector bananero reflejan que subsisten riesgos químicos invisibles. Un reciente estudio realizado en el cantón Bolívar evidenció que un 9.64% de los operarios vinculados al uso de agroquímicos presentaban cifras de inhibición de la colinesterasa sérica por debajo de los rangos normales. Los resultados indican que el riesgo de exposición a organofosforados y carbamatos presenta un riesgo latente que el uso de las tecnologías como mediante drones no lo elimina ya que el propio uso de dicha tecnología no es suficiente sin un programa de vigilancia epidemiológica .

Los resultados obtenidos permiten concluir que, si bien el uso de drones representa una mejora tecnológica en la aplicación de plaguicidas, las prácticas vigentes presentan deficiencias significativas en la gestión del riesgo químico, lo que justifica la necesidad de establecer requerimientos técnicos y diseñar una propuesta formal de gestión preventiva.

Necesidades técnicas

En el ámbito técnico, se determinó la necesidad de contar con drones agrícolas diseñados específicamente para la aplicación de plaguicidas, equipados con sistemas de dosificación precisa que permitan controlar el volumen aplicado y reducir el riesgo de sobredosificación. Asimismo, se identificó como requisito esencial la incorporación de boquillas antideriva y sistemas automáticos de control de altura y velocidad, con el fin de minimizar la dispersión del producto y la contaminación de áreas no objetivo (DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL, 2024)



Necesidades de seguridad y gestión del riesgo químico

En el ámbito de la seguridad, se identificó la necesidad de establecer lineamientos específicos para el manejo seguro de plaguicidas, que incluye la correcta identificación de los productos utilizados, el almacenamiento adecuado y la gestión segura de envases y residuos. Asimismo, se determinó la importancia de definir responsabilidades claras para el personal involucrado en la operación del dron y la supervisión del proceso.

Tabla 4. Necesidades técnicas, operacionales y de seguridad para la aplicación de plaguicidas mediante drones

Categoría	Necesidad identificada	Finalidad preventiva	Fuente
Técnica	Drones con dosificación controlada	Evitar sobredosificación	(Višacki et al., 2025)
Técnica	Boquillas antideriva	Reducir dispersión química	
Técnica	Calibración y mantenimiento periódico	Garantizar funcionamiento seguro	(Guillén et al., 2024)
Operacional	Planificación de rutas y horarios	Minimizar exposición y deriva	
Operacional	Zonas de exclusión	Proteger a trabajadores y terceros	(Brühl et al., 2023)
Operacional	Procedimientos estandarizados	Controlar todas las etapas del proceso	(Weicai y Panyang , 2023)
Seguridad	Manejo seguro de plaguicidas	Reducir exposición directa	(Mosquera, 2023)
Seguridad	Gestión de residuos y envases	Prevenir contaminación	(Cajilema y Guapisaca, 2025)
Seguridad	Plan de emergencias químicas	Respuesta eficaz ante incidentes	

La Tabla 3 resume las principales necesidades técnicas, operacionales y de seguridad identificadas como base para la definición de un protocolo de administración adecuado.

La identificación de estas necesidades constituye la base técnica y preventiva para la elaboración de un protocolo de administración y para el diseño de la propuesta de gestión del riesgo químico en la aplicación de plaguicidas mediante drones.

El programa diseñado se caracteriza por su aplicabilidad práctica y su adaptabilidad a las condiciones específicas de cada finca bananera, para su implementación progresiva y su integración con los sistemas de gestión existentes.

**Tabla 5.***Programa de prevención del riesgo químico en la aplicación de plaguicidas mediante drones*

Componente del programa	Medidas propuestas	Riesgo controlado	Responsable	Frecuencia	Evidencia de registro
Técnico	Selección de drones con dosificación controlada	Sobredosificación y deriva	Técnico/ingeniero	Antes de uso	Ficha técnica del dron Registro de mantenimiento
Técnico	Calibración y mantenimiento periódico	Fallas operativas	Técnico	Mensual	Plan de rutas aprobado
Operacional	Planificación de rutas y horarios	Exposición ocupacional	Supervisor	Diario	Señalización y fotos
Operacional	Zonas de exclusión	Exposición de terceros	Supervisor	Antes de la aplicación	Checklists de seguridad
Operacional	Procedimientos de mezcla y limpieza	Contacto directo con plaguicidas	Operador	Cada aplicación	Documentos protocolizados
Administrativo	Protocolos escritos	Falta de estandarización	Gerencia	Anual	Listas de asistencia
Administrativo	Capacitación del personal	Errores operativos	RRHH/Supervisor	Anual	Registro de residuos
Seguridad	Gestión de residuos y envases	Contaminación ambiental	Operador	Cada aplicación	Simulacros y bitácoras
Emergencias	Plan de respuesta química	Incidentes y derrames	Coordinador	Permanente	Simulacros bitácoras



La Tabla 5 presenta el programa de prevención del riesgo químico diseñado, estructurado en componentes que permiten controlar de manera integral los riesgos asociados a la aplicación de plaguicidas mediante drones.

El diseño del programa de prevención del riesgo químico permite dar cumplimiento al objetivo planteado, constituyéndose en una propuesta técnica y preventiva aplicable a la gestión segura de plaguicidas mediante drones en fincas agrícolas bananeras.

Discusión

La presente investigación permitió analizar de manera integral las prácticas vigentes relacionadas con la aplicación de plaguicidas mediante drones en fincas agrícolas bananeras, identificar los riesgos químicos más significativos y diseñar un programa de prevención orientado a la gestión sistemática de dichos riesgos. Los resultados obtenidos evidencian que, aunque el uso de drones representa un avance tecnológico importante en la agricultura moderna, su implementación actual no garantiza por sí sola una reducción efectiva del riesgo químico si no se acompaña de una gestión preventiva estructurada.

Necesidades tecnológicas y riesgos técnicos

Los resultados obtenidos indicaron que aplicar plaguicidas mediante drones agrícolas incrementó la eficiencia operativa y la reducción de la exposición de los aplicadores durante la fase de la aplicación de la pulverización aérea. Esto coincide con Kuster et al., (2023) donde se indicaron los beneficios de los drones tanto en el momento en el que se reduce el contacto dérmico como en cuando se reduce también la inhalación de plaguicidas.

Por otra parte, se observó en estos resultados que el uso de drones sin dosificación y la ausencia de boquillas antideriva aumentaban los riesgos por sobredosificación y dispersión química no deseada. De esto se infiere la necesidad de utilizar drones específicamente diseñados para la aplicación agrícola y que dispongan de controles automáticos de altura, velocidad y volumen aplicado. (DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL, 2024); (Višacki et al., 2025)).



El calibrado y mantenimiento periódico fue otra de las medidas a tener en cuenta. La bibliografía indica que la turbulencia generada por las hélices hace necesario realizar ajustes de las boquillas para evitar la deriva Arriaga et al., (2022) es decir que el uso de protocolos técnicos estandarizados fue una condición fundamental para reducir la exposición ocupacional y asegurar la eficiencia de la aplicación.

Riesgos operacionales y exposición ocupacional

En este sentido los estudios mencionan que los drones disminuyen la exposición directa en la aplicación, pero los operadores siguen expuestos en las fases de preparación, mezcla, carga y limpieza de los plaguicidas. Castro y Alava , (2025) encontró que el riesgo más alto que se presenta es la exposición dérmica, sobre todo en relación con la manipulación de productos concentrados y envases. La falta de procedimientos elegidos para estas etapas coincide con Silva , (2021) concluye que el riesgo de contacto directo se ve potenciado por la falta de protocolo de seguridad, aumentando así la probabilidad de incidentes químicos.

La planificación de rutas y tiempos y la delineación de zonas de exclusión se identificaron como medidas preventivas adecuadas para controlar la dispersión de plaguicidas, la protección de terceros y la reducción de la exposición indirecta, coincidiendo con (Brühl et al., 2023)y (Weicai y Panyang , 2023).

Riesgos administrativos y gestión de la seguridad

El análisis evidencia que los aspectos que contribuyen a los errores en el manejo de productos de plaguicidas y la exposición no controlada están relacionados con la falta de protocolos escritos y con la capacitación limitada del personal. Según Mosquera, (2023) la elaboración de protocolos estandarizados y la formación continua del personal resultaron esenciales para garantizar la correcta aplicación de plaguicidas y la gestión del riesgo químico. Mientras que (Cajilema y Guapisaca, 2025)menciona que estas medidas permitieron minimizar la exposición ocupacional y proteger a terceros, lo cual demostró que un enfoque integral técnico-operativo-administrativo es esencial para la gestión efectiva del riesgo químico.



En resumen, los resultados indicaban que, si bien los drones son un avance tecnológico en la aplicación de plaguicidas, los riesgos persistentes en las fases críticas resaltan la importancia de integrar tecnología, protocolos estándares y medidas de prevención sistematizadas; un enfoque multidimensional que daría lugar a la elaboración de un programa formal de prevención del riesgo químico aplicable a las fincas bananeras de acuerdo con los objetivos del estudio y que garantizara la seguridad de las personas y del entorno.

En definitiva, los hallazgos sugieren que, aunque el uso de drones es un avance científico-tecnológico para la aplicación de plaguicidas, los riesgos en momentos críticos requieren de la implementación de tecnología, procedimientos normalizados de trabajo y medidas de prevención sistemáticas; esto es lo que se considera un enfoque multicausal y es la base para el diseño de un programa formal de prevención del riesgo químico aplicable a fincas bananeras, que inicialmente logrará los objetivos del estudio y, en segundo lugar, asegurará al personal y a su entorno.

Conclusiones

La investigación permitió analizar de manera integral las prácticas vigentes relacionadas con la aplicación de plaguicidas mediante drones en fincas agrícolas bananeras, que, aunque esta tecnología representa un avance significativo en términos de eficiencia operativa, su implementación actual no garantiza por sí sola una adecuada gestión del riesgo químico. Los resultados demostraron que los principales riesgos no se concentran únicamente durante la aplicación aérea, sino que se presentan de forma relevante en las etapas de preparación de la mezcla, carga del equipo, limpieza del sistema de aspersión y gestión de residuos.

- Por último, se puede sustentar que el diseño de un programa puede ayudar a optimizar el uso de drones como herramienta de la agricultura, el cual permitiría una aplicación de plaguicidas más seguras y sostenibles, la evidencia obtenida evidencia que la gestión del riesgo químico debe estar integrada como un elemento más de la modernización de los procesos agrícolas para garantizar la protección de los trabajadores, del ambiente y de la producción del sector bananero.



- Se recomienda la implementación progresiva del programa de prevención del riesgo químico propuesto para las fincas agrícolas bananeras que utilizan drones para la aplicación de plaguicidas, adaptándolo a las condiciones operativas, técnicas y organizativas de cada unidad de producción. Es necesario reforzar la capacitación continua del personal que interviene en la manipulación de funguicidas y la operación de drones, se debe priorizar el conocimiento de los riesgos químicos, las rutas de exposición y la aplicación correcta de las medidas preventivas definidas.
- Por otro lado, se debe considerar la fijación y mantenimiento de procedimientos operativos estandarizados para todas las etapas del proceso de aplicación, pero también tener especial consideración en la preparación de las mezclas, el llenado de equipos, la limpieza del sistema de aspersión y la gestión adecuada de los residuos y de los envases
- Finalmente, se sugiere promover futuras investigaciones orientadas a evaluar la efectividad del programa a través de indicadores de reducción de exposición y mejora de las condiciones laborales, con la finalidad de fortalecer la evidencia científica acerca de la utilización correcta de drones al momento de la aplicación de funguicidas .



Referencias bibliográficas

- Arriaga , S., Meza , W. G., y Painii , V. F. (2022). Uso de drones para el control de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) Vinces, Ecuador. *Revista Científica Ecológica Agropecuaria*, 1(2), 25-33. <https://doi.org/10.53591/recoa.v1i2.93>
- Brühl, C., Andrés, M. A., Echeverría, S., Bundschuh, M., Knabel, A., Mena , F., . . . Stehle, S. (2023). Uso de plaguicidas en plantaciones bananeras en Costa Rica: una revisión de la exposición ambiental y humana, sus efectos y riesgos potenciales. *Environment International*, 174(1), 107877. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107877>
- Cajilema, E. K., y Guapisaca, J. G. (2025). *IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO APPLICANDO ANALISIS DE RIESGOS LABORALES EN LA INDUSTRIA BANANERA*. Universidad Politecnica Salesiana Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/31069/1/UPS-GT006578.pdf>
- Castro, J., y Alava , D. N. (2025). *Inhibición de la colinesterasa, tipo de plaguicidas en trabajadores de plataneras del cantón Bolívar*. Jipijapa - Unesum. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/8677>
- Castro, P. R. (2022). *Evaluación de riesgo químico en fumigaciones agrícolas*. Espol. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/52479/3/T-111102%20%20Castro%20Arreaga%20Pedro.pdf>
- Cedeño , K. J. (2024). “*SISTEMA DE TELEDETECCIÓN UTILIZANDO DRONES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ENFERMEDADES DE BANANO EN LA HACIENDA LA LORENA*”. Quevedo. UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/88f84174-f9da-4553-9fec-566acb7b6352>
- DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL. (2024). *istemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS)*. Quito, Ecuador: (Resolución Nro. DGAC-DGAC-2024-0100-R). <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/05/CA-101-A.pdf>
- Felkers, E., Kuster, C., Hamacher, G., Anft , T., y Kohler, M. (2024). Exposición de los operadores a pesticidas durante la mezcla y carga de un dron: hacia una evaluación de la exposición estratificada. *Pest Manag Sci*. <https://doi.org/10.1002/ps.8574>



- Gody 'n, A., Swiechowski, W., Doruchowski, G., Hołownick, R., Bartosik, A., y Sas, K. (2025). Spray Deposition, Drift and Equipment Contamination for Drone and Conventional Orchard Spraying Under European Conditions. *Agriculture*, 15(23), 2467. <https://doi.org/10.3390/agriculture15232467>
- Guillén, M., Calderón, J., Espinoza, F., y Ayol, L. (2024). Fumigación aérea y sus impactos en la salud humana en zonas bananeras del Ecuador. *Atención sanitaria*, 12(20), 2052. <https://doi.org/10.3390/healthcare12202052>
- Kuster, C., Kohler, M., Hovinga, S., Timmermann, C., Hamacher, G., Buerling, K., . . . Anft, T. (2023). Exposición de operadores a pesticidas por aplicación de drones: un estudio de campo con análisis comparativo de datos portátiles de modelos de exposición. *ACS Agric. Sci. Technol.*, 3(12), 1125–1130. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.3c00253>
- Moreira, A., y Vieira da Silva, M. (2023). Aplicación de plaguicidas como factor de riesgo para la salud de los trabajadores: una revisión sistemática. *Entornos*, 10(9), 160. <https://doi.org/10.3390/environments10090160>
- Mosquera, J. N. (2023). *Manejo de agroquímicos y su post uso en plantaciones bananeras comerciales en San Juan, Los Ríos*. Universidad Tecnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b2eac767-966a-426b-9f60-58d477484eff/content>
- Pardo , D. V., Polo, M. A., y Gómez , J. (2023). Evaluación de métodos de fumigación contra la Sigatoka Negra en plantaciones de banano usando la metodología AHP. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 11(2), 60-48. <https://doi.org/10.17081/invinno.11.2.6491>
- Silva , D. J. (2021). *ANÁLISIS DE LA UTILIZACIÓN DE DRONES COMO TÉCNICA DE FUMIGACIÓN DE CULTIVOS DE BANANO EN EL CORREGIMIENTO DE ORIHUECA, ZONA BANANERA, COLOMBIA*. UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/635fdda6-60d6-406c-8c3e-7800db27af2f/content>
- Tomala , Y. V. (2022). *EFFECTO DE FUMIGACIÓN CON DRON Y AVIONETA PARA EL CONTROL DE Mycosphaerella fijiensis (SIGATOKA NEGRA) EN EL CULTIVO DE BANANO DE VARIEDAD WILLIAMS TRABAJO EXPERIMENTAL*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.



<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TOMALA%20CHIMBO%20YOMIRA%20VER%C3%93NICA.pdf?>

Višacki , V., Sedlar, A., Turšijan, L., Vasić, F., Burg, P., y Pavlović, L. (2025). Impacto de la altitud, el tipo de boquilla y la teledetección en la calidad y eficiencia de la deposición de plaguicidas en la protección de cultivos de trigo. (*Preprint*). *Preprints.org*. <https://doi.org/10.20944/preprints202503.1329.v>

Weicai, Q., y Panyang , C. (2023). Análisis del progreso de la investigación sobre la deposición y deriva de gotas de pulverización mediante vehículos aéreos no tripulados (UAV) de protección de plantas. *Sci Rep* (13), 14935. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40556-0>

Conflictos de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.