





RETOS ACTUALES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN LA ERA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

CURRENT CHALLENGES OF INTEGRATED PEST MANAGEMENT IN THE ERA OF CLIMATE CHANGE

Mario Fleitas Díaz¹  Dalton Michel Guarnizo Crespo²  Luis David Balarezo-Saltos³ 
Talhita Benitez Pardillo⁴ 

¹ Instituto Superior Universitario Compu Sur. Quito, Ecuador.

² Universidad Estatal de Milagro. Milagro, Guayas, Ecuador.

³ Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador.

⁴ Instituto Tecnológico Universitario Libertad. Quito, Ecuador.

Autor de correspondencia:

Mg. Mario Fleitas Díaz
mfleitas@itecsur.edu.ec

Como citar este artículo: Fleitas M., Guarnizo D., Balarezo L. & Benitez T.

(2026). Retos actuales del manejo integrado de plagas en la era del cambio climático. *Revista Hatun Yachay Wasi*, 5(1), pp. 84 – 96. DOI: 10.57107/hy.w.v5i1.107

RESUMEN

El cambio climático ha provocado alteraciones en los patrones de temperatura y precipitaciones, afectando con ello a los agroecosistemas, comportándose también como un factor determinante en la dinámica de las plagas agrícolas, lo que conlleva a nuevos desafíos significativos para el manejo integrado de plagas. El estudio tuvo como objetivo analizar los principales retos actuales del manejo integrado de plagas en sistemas agrícolas bajo escenarios de cambio climático. Se desarrolló un estudio de enfoque cualitativo, con diseño no experimental, descriptivo-analítico y corte transversal, basado en el análisis interpretativo de información científica y técnica, integrada con criterios profesionales en manejo integrado de plagas. Los resultados evidencian que el aumento térmico acelera el metabolismo de las plagas, expandiendo su distribución geográfica y altitudinal e incrementando sus generaciones anuales; se identificó una ruptura en la sincronía fenológica que invalida los umbrales de daño económico tradicionales y debilita el control biológico natural; esta dinámica eleva las pérdidas productivas hasta un 40 % y fomenta el uso reactivo de pesticidas. Se concluye que el manejo integrado de plagas debe evolucionar hacia un manejo de plagas inteligente ante el clima es imperativo integrar modelos predictivos, bioproductos y alertas tempranas para garantizar una sanidad vegetal adaptativa y resiliente.

Palabras clave: manejo integrado de plagas, cambio climático, resiliencia agrícola, plagas emergentes, sostenibilidad.

ABSTRACT

Climate change has triggered alterations in temperature and precipitation patterns, impacting agroecosystems and acting as a decisive factor in agricultural pest dynamics, which presents significant new challenges for Integrated Pest Management (IPM). This study aimed to analyze the primary current challenges of IPM within agricultural systems under climate change scenarios, considering the interaction between pests,



environmental variables, and management strategies. A qualitative, non-experimental, descriptive-analytical, and cross-sectional study was conducted, based on the interpretive analysis of scientific and technical data integrated with professional expertise in pest management. The results demonstrate that rising temperatures accelerate pest metabolism, expanding their geographic and altitudinal distribution while increasing the number of annual generations. Furthermore, a breakdown in phenological synchrony was identified, which invalidates traditional economic injury thresholds and undermines natural biological control. This dynamic increases production losses by up to 40% and promotes the reactive use of pesticides. It is concluded that Integrated Pest Management must evolve toward Climate-Smart Pest Management (CSPM). The integration of predictive models, bioproducts, and early warning systems is imperative to ensure adaptive and resilient plant health.

Keywords: integrated pest management; climate change; agricultural resilience; emerging pests; sustainability.

INTRODUCCIÓN

El manejo integrado de plagas (MIP) ha sido históricamente concebido como una estrategia sostenible orientada a mantener las poblaciones de organismos plaga por debajo del umbral de daño económico (Zhou et al., 2024); fundamentalmente se integran de manera racional múltiples métodos culturales, biológicos, físicos y químicos (Hajjar et al., 2023). Sin embargo, es importante destacar que, en las últimas décadas el cambio climático se ha consolidado como un factor disruptivo que, altera de manera significativa los equilibrios ecológicos sobre los cuales se sustenta dicho enfoque, generando nuevos escenarios de riesgo para los sistemas agrícolas (Gruss et al., 2025; Li et al., 2025; Shevchenko, 2025; Tian et al., 2023).

Según Sorahia et al. (2025), el incremento progresivo de la temperatura media, la variabilidad en los patrones de precipitación y la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos han influido directamente en la biología, distribución y dinámica poblacional de numerosas plagas agrícolas, donde se favorecen su expansión geográfica e incrementan su tasa de reproducción. Estos cambios no solo se han permitido la

migración geográfica de especies antes restringidas a determinadas regiones; también es apreciable el acortamiento de los ciclos de desarrollo, el aumento del número de generaciones por año y la aparición de brotes más intensos y difíciles de predecir (Burc et al., 2025); como consecuencias, se considera que las estrategias tradicionales del MIP estarán enfrentando crecientes limitaciones para responder de manera oportuna a estas transformaciones (Imbrogiano et al., 2025). En el marco del artículo, se refuerza la idea de que los retos actuales del manejo integrado de plagas no se explican únicamente por la presencia de plagas más agresivas, sino por un entorno climático en transformación que redefine las condiciones bajo las cuales el MIP debe operar, donde, el cambio climático se consolida como un factor estructural, obligando a replantear los fundamentos de la gestión de plagas hacia un enfoque más dinámico.

Como se ha podido observar, el cambio climático no solo afecta a las plagas, sino también a los cultivos y a sus enemigos naturales (Tonnang et al., 2022); por lo que,

altera la sincronía biológica entre estos componentes, todo ello impacta en la efectividad de los mecanismos de control, siendo uno de los elementos que conlleva al incremento en la presión sobre el uso de plaguicidas, contraviniendo los principios de sostenibilidad ambiental.

Los antecedentes tratados este contexto, señalan que el manejo integrado de plagas demanda una reconfiguración operativa de su enfoque, unido a la necesidad de

incorporar criterios de adaptación climática, prevención, resiliencia y una mejor toma de decisiones basada en información ambiental se vuelve cada vez más evidente. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es analizar los principales desafíos actuales del MIP en un escenario de cambio climático, con el fin de identificar sus limitaciones y orientar estrategias que permitan fortalecer su aplicabilidad en sistemas agrícolas sostenibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Enfoque y diseño del estudio

El presente trabajo se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo-analítico, utilizado para explorar y describir fenómenos en profundidad sin manipular variables, permitiendo una comprensión detallada de experiencias y contextos (Oranga & Matere, 2023); quedando orientado al análisis de los retos actuales del manejo integrado de plagas en relación con el cambio climático.

Criterios de análisis

El análisis quedó centrado en la interacción existente entre tres componentes fundamentales del sistema agrícola: plagas, variables climáticas y estrategias de manejo integrado. Para ello, se establecieron los siguientes criterios de análisis:

- Importancia agrícola y económica de las plagas consideradas.
- Evidencia de cambios en la dinámica poblacional asociados a variables climáticas.
- Implicaciones de dichos cambios sobre la eficacia del manejo integrado de plagas.

Las variables climáticas consideradas incluyeron principalmente el aumento de la temperatura, la variabilidad en la

precipitación y la ocurrencia de eventos climáticos extremos, debido a su reconocida influencia sobre los ciclos biológicos de las plagas que afectan a los cultivos agrícolas de mayor interés.

Procedimiento de análisis

Se realizó un análisis comparativo e interpretativo de información científica, técnica y productiva reciente, relacionada con el comportamiento de plagas agrícolas en escenarios de cambio climático, información que ha sido integrada con criterios técnicos derivados de la experiencia profesional en manejo integrado de plagas, permitiendo identificar patrones, limitaciones y desafíos recurrentes en la aplicación del MIP.

El proceso de análisis se desarrolló en tres etapas:

1. Identificación de los principales efectos del cambio climático sobre las plagas agrícolas.
2. Evaluación de las implicaciones de estos efectos sobre los componentes del manejo integrado de plagas.
3. Análisis de los retos emergentes del MIP en términos de sostenibilidad, eficacia y adaptación.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos permiten el análisis integrado de variables que evidencian la influencia del clima, sobre la expansión, abundancia y severidad de las infestaciones, por lo cual, es válido la identificación de patrones consistentes en la dinámica, distribución e impacto de distintas plagas bajo escenarios de cambio climático.

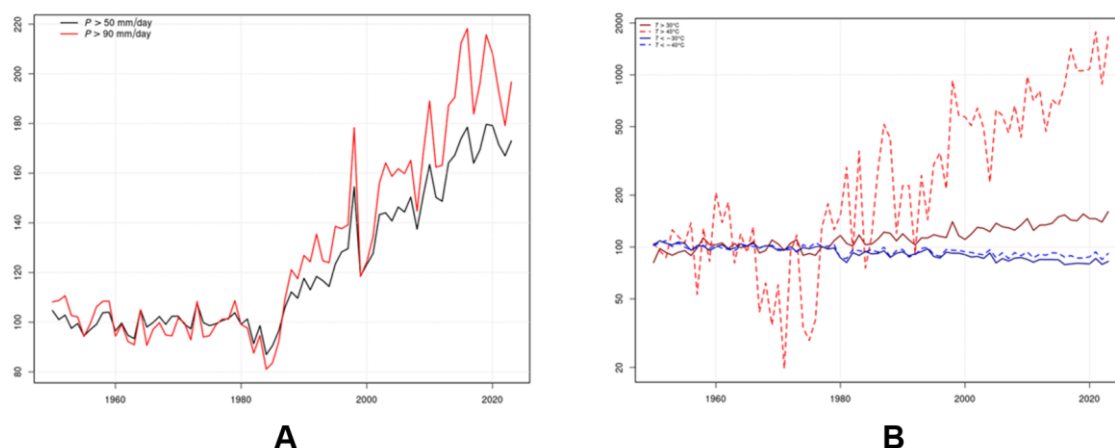
La Figura 1 muestra tendencias globales recientes en condiciones climáticas extremas. Se evidencia un aumento progresivo de la fracción de la superficie terrestre afectada por precipitaciones diarias intensas, superiores a 50 y 90 mm,

en comparación con el período de referencia 1951–1980, destacando la intensificación de lluvias extremas como un factor clave del cambio climático que puede afectar la agricultura y la proliferación de plagas (Fig 1 A).

Se ilustra la expansión de áreas con temperaturas extremadamente altas desde 1950, con las curvas rojas representando la fracción relativa de la superficie global con temperaturas diarias medias superiores a 30°C y 40°C, y las curvas azules mostrando las áreas con temperaturas extremadamente bajas de -30°C y -40°C (Fig. 1B).

FIGURA 1

Tendencias globales de extremos de precipitación y temperatura 1951–2020



Nota: Benestad et al. (2024).

Estas tendencias reflejan un aumento simultáneo en eventos climáticos extremos de calor y precipitación, con implicaciones importantes para los ecosistemas, la agricultura y la planificación de estrategias de manejo integrado ante la necesaria adaptación al cambio climático, como se

define, los cambios incrementan la presión fitosanitaria y reducen la eficacia de las estrategias tradicionales de control, reforzando en la actualidad la necesidad de enfoques adaptativos que consideren la variabilidad climática y los eventos extremos.

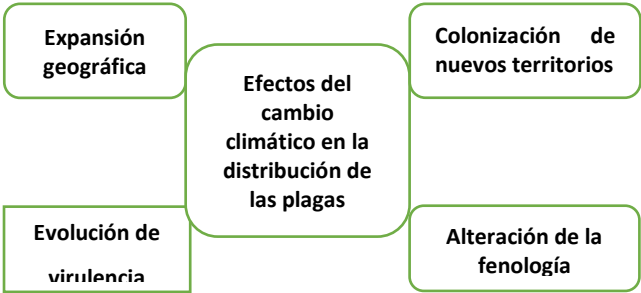
TABLA 1
Posibilidad del incremento de plagas agrícolas en Ecuador en función del cambio climático

Plaga	Cultivo principal	Factor climático asociado	Efecto del cambio climático sobre la plaga	Implicaciones para el MIP
<i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano cogollero)	Maíz	Aumento de temperatura y sequías prolongadas	Incremento del número de generaciones por año y mayor supervivencia larval	Reducción de la eficacia del control químico y necesidad de monitoreo continuo
<i>Bemisia tabaci</i> (mosca blanca)	Banano, hortalizas	Temperaturas elevadas y estrés hídrico	Aumento poblacional y mayor transmisión de virosis	Mayor presión fitosanitaria y debilitamiento del control biológico
<i>Tuta absoluta</i> (polilla del tomate)	Tomate	Incremento térmico y variabilidad climática	Aceleración del ciclo biológico y expansión a nuevas zonas productivas	Requerimiento de estrategias preventivas y manejo integrado reforzado
<i>Hypothenemus hampei</i> (broca del café)	Café	Incremento de temperatura en zonas altas	Expansión altitudinal y aumento de infestaciones	Necesidad de ajustar calendarios de control y fortalecer el control cultural
<i>Plutella xylostella</i> (polilla de la col)	Brassicas (repollo, coliflor)	Aumento de temperatura y eventos extremos	Mayor resistencia a insecticidas y brotes recurrentes	Limitaciones del MIP tradicional y mayor riesgo de resistencia

La Figura 2 ilustra los principales efectos del cambio climático sobre la distribución de las plagas, destacando procesos como la expansión geográfica, la colonización de nuevos territorios, la alteración de la fenología y la evolución de la virulencia,

como se explica seguidamente, cada uno de los mecanismos interactúan de manera compleja y contribuyen a modificar la dinámica poblacional de las especies plaga, incrementando su capacidad de adaptación en los agroecosistemas.

FIGURA 2
Efectos del cambio climático sobre la distribución y dinámica de las plagas



Expansión geográfica: El aumento de las temperaturas globales está provocando una expansión de las plagas a los polos y hacia mayores altitudes; al ser organismos

ectotérmicos, el desarrollo y la reproducción de los insectos dependen directamente de los factores ambientales, donde el calor acelera su ciclo de vida y

aumenta la frecuencia de generaciones por temporada (Szyniszewska et al., 2024).

Colonización de nuevos territorios: Los eventos climáticos extremos y las alteraciones atmosféricas crean perturbaciones que facilitan la entrada y propagación de especies invasoras en áreas que anteriormente eran climáticamente inhóspitas. Se han documentado desplazamientos de cultivos tradicionales como el maíz y la quinua en altitudes 200 m superiores en los últimos 20 años, seguidos de cerca por sus plagas asociadas (Boulanger et al., 2025).

Evolución de virulencia: Algunos patógenos están evolucionando en respuesta al clima, dando lugar a cepas más agresivas y termotolerantes, como ocurre con la roya amarilla del trigo, que ahora se extiende a regiones antes libres de ella (Belitz et al., 2025).

Alteración de la fenología: El clima cambia la sincronización entre la etapa susceptible de la planta y la abundancia del insecto, lo que puede provocar ataques más tempranos de lo esperado, invalidando los umbrales económicos de control establecidos tradicionalmente (Money, 2024).

Impactos en la seguridad alimentaria

Pérdidas masivas de producción: De acuerdo con las proyecciones realizadas por la FAO, se estima que las plagas ocasionan anualmente pérdidas de hasta el 40 % en la producción global de cultivos. En situaciones particulares como las que se presentan en la región andina, la vulnerabilidad asociada al clima ha ocasionado disminuciones significativas en las extensiones de cultivo de alimentos

fundamentales para la dieta. Entre los años 2015 y 2022, el área dedicada al maíz experimentó una reducción del 55 %; mientras que, la correspondiente a la papa disminuyó un 39,5 %. Estas pérdidas, resultantes de sequías, heladas y plagas fitosanitarias, impactan de manera desproporcionada a las familias rurales de escasos recursos que dependen, tanto del autoconsumo como de la venta de excedentes, poniendo en riesgo su acceso y la estabilidad de su alimentación (Kávássy et al., 2025; Portero et al., 2025)..

Costos económicos elevados: Las enfermedades de las plantas representan un costo anual superior a los 220,000 millones de dólares; mientras que, los insectos invasores generan pérdidas de al menos 70,000 millones de dólares a nivel mundial; todo ello, incrementa los precios de los alimentos y reduce los ingresos de los agricultores, especialmente en hogares rurales pobres que dependen del autoconsumo (Khursheed et al., 2022).

Reducción de la eficacia del control: El cambio climático puede socavar la eficacia de los métodos convencionales, como el uso de pesticidas sintéticos y la resistencia natural de las plantas, creando un ciclo vicioso donde se requieren más aplicaciones de químicos que dañan el medio ambiente (Chandana et al., 2024; Silva, 2025).

Amenaza a la productividad: Aunque la productividad agrícola general ha aumentado, el cambio climático ha frenado este crecimiento en los últimos 50 años, producto los factores citados anteriormente.

Para enfrentar estos desafíos, en la actualidad se están desarrollando estrategias como el Manejo de Plagas Inteligente ante el Clima (CSPM) y el uso de bioproductos, que buscan fortalecer la resiliencia de los sistemas agroalimentarios

mediante la vigilancia constante, la predicción basada en modelos de acumulación de calor (grados-día); así como, la coordinación entre investigadores y productores para asegurar la soberanía alimentaria (Ali, 2024).

La Tabla 2 desglosa cómo los principales motores del cambio climático transforman la presión fitosanitaria en cultivos estratégicos, exigiendo una transición desde un manejo reactivo hacia una sanidad predictiva y resiliente.

TABLA 2

Matriz de vulnerabilidad climática y dinámica de poblaciones

Escenario Climático	Plaga de Referencia	Impacto en la Biología de la Plaga	Consecuencia en la Estructura del Cultivo	Prioridad de Adaptación (MIP)
Calentamiento en Altitud (Zonas Andinas)	<i>H. hampei</i> (Broca del café)	Rompe la barrera térmica; coloniza zonas anteriormente libres de plagas.	Pérdida de calidad en cafés de especialidad y mayor daño en fruto.	Monitoreo Altitudinal: Instalación de trampas en cotas superiores.
Estrés Térmico-Hídrico (Sequía y Calor)	<i>B. tabaci</i> (Mosca blanca)	Explosión poblacional; los insectos actúan como vectores de virus más agresivos.	Debilitamiento sistémico y transmisión masiva de enfermedades virales.	Control Biológico: Protección de enemigos naturales ante el calor extremo.
Acumulación de Grados-Día (Ciclos rápidos)	<i>S. frugiperda</i> (Gusano cogollero)	Reducción del tiempo entre huevo y adulto; más ataques por ciclo de cultivo.	Defoliación constante; el cultivo nunca sale de la fase de vulnerabilidad.	Predicción Fenológica: Uso de modelos matemáticos para anticipar brotes.
Inestabilidad Estacional (primaveras largas)	<i>T. absoluta</i> (Polilla del tomate)	Aceleración del metabolismo larvario y expansión de fronteras agrícolas.	Perforación masiva de frutos y galerías en hojas que reducen fotosíntesis.	Barreras Físicas: Refuerzo de invernaderos y control de hospederos alternos.
Persistencia Térmica (inviernos inexistentes)	<i>P. xylostella</i> (Polilla de la col)	Eliminación de la diapausa (hibernación); presencia de la plaga todo el año.	Brotes recurrentes sin descanso estacional; mayor presión de selección.	Gestión de Resistencias: Rotación estricta de ingredientes activos químicos.

Nota: El cambio climático no solo aumenta el número de individuos, sino que altera su distribución espacial

Dinámica de distribución y evolución de las plagas agrícolas.

El aumento de las temperaturas globales y la alteración de los patrones de lluvia influyen directamente en la biología y ecología de los insectos, patógenos y malezas, se ha explicado que los insectos son organismos ectotérmicos, su tasa de desarrollo, reproducción y supervivencia dependen de las condiciones térmicas

ambientales, lo cual propicia una expansión geográfica de las plagas (Szyniszewska et al., 2024).

En este sentido, en los Andes ecuatorianos, cultivos básicos y sus plagas asociadas se han desplazado aproximadamente 200 metros hacia altitudes superiores (Choque et al., 2025), el cambio climático provoca una alteración en la fenología, rompiendo la sincronización entre las etapas susceptibles de las plantas y la abundancia de los estadios infectivos de las plagas, esto

permite que poblaciones de insectos se desarrollen más rápido, generando ataques tempranos que superan los umbrales de control tradicionales.

Estrategias de Adaptación y Mitigación

Para enfrentar estos desafíos, es imperativo transitar desde métodos convencionales hacia el Manejo de Plagas Inteligente ante el Clima (CSPM) y el Manejo Integrado de Plagas (MIP) las estrategias incluyen:

- **Modelado predictivo:** Uso de modelos de acumulación de grados-día (DDA) y aprendizaje automático (*machine learning*) para predecir brotes con hasta un 93 % de precisión.
- **Bioproductos:** Integración de hongos benéficos (entomopatógenos y antagonistas) que reducen la dependencia de pesticidas sintéticos en un 50 %, mejoran la nutrición vegetal y aumentan la tolerancia a la sequía.
- **Tecnologías ancestrales y diversificación:** Rescate de prácticas como las terrazas, los *waru-waru* y el uso de variedades resilientes como la quinua, para amortiguar el estrés hídrico y térmico.
- **Vigilancia y coordinación:** Implementación de sistemas de monitoreo a largo plazo y coordinación interdisciplinaria entre investigadores, productores y responsables de políticas públicas, para fortalecer la resiliencia de los paisajes agrícolas.

El análisis realizado permitió identificar una serie de retos estructurales y operativos que enfrenta el manejo integrado de plagas en escenarios de cambio climático, los cuales se manifiestan de manera transversal en distintos sistemas agrícolas y están directamente relacionados con la alteración de las condiciones ambientales que regulan la dinámica de las poblaciones de plagas. Asimismo, se observó que la variabilidad climática, particularmente en los patrones

de precipitación, genera condiciones favorables para la aparición de brotes irregulares y difíciles de predecir, esto se considera un facto interesante en el análisis ya que la ocurrencia de periodos de sequía seguidos de lluvias intensas altera la disponibilidad de recursos para las plagas y sus enemigos naturales, provocando desequilibrios que reducen la efectividad del control biológico y cultural.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman el criterio de otros autores quienes coinciden en que, el cambio en las condiciones climáticas se ha mantenido actuando como un factor multiplicador de riesgos en el manejo integrado de plagas, al alterar de manera simultánea la biología y dinámica poblacional de las plagas, la respuesta fisiológica y fenológica de los cultivos, y la eficacia de las estrategias de control actualmente disponibles (Deutsch et al., 2018; Subedi et al., 2023; Tonnang et al., 2022).

También en este contexto, se expone que el enfoque tradicional del MIP, sustentado en la relativa estabilidad de las condiciones ambientales, resulta cada vez menos suficiente para responder de forma eficaz a escenarios productivos caracterizados por una creciente variabilidad e incertidumbre climática (Bajwa et al., 2020; Imbrogiano et al., 2025; Regina et al., 2024).

Se coincide de igual manera con el pensamiento científico sobre la adaptación de las plagas en estas condiciones del calentamiento climático, alcanzan a duplicar su huella agrícola (Burc et al., 2025), citando como ejemplo el caso de las invasiones de cochinillas una reconocida plaga que dependen del tipo de hábitat, donde se incrementaron las áreas

infestadas debido a la idoneidad climática registrada (Si et al., 2025).

Por otro lado, se han encontrado cambios en los modelos de dinámica de sistemas para la oruga militar africana, respecto a ello se destaca la importancia de intervención temprana, la observancia de las condiciones imperantes y la eficaz ejecución de prácticas sostenibles (Sokame et al., 2025), de igual manera, el análisis conlleva no solo al manejo, es crucial el análisis de la estructura genética tal como ocurrió en el estudio del escarabajo de las hojas *Platycorynus peregrinus* tenido en cuenta en la guía estrategias sostenibles debido a su alta variabilidad genética (Kaewmungkoon et al., 2025).

De igual manera se coincide con lo planteado por otros autores, sobre el aumento del número de generaciones por año, factor que ya ha sido observado en diversas plagas, siendo aspectos que corroboran con reportes señalando una relación directa entre temperatura y la tasa de desarrollo, lo que obliga a replantear los umbrales de daño económico, así como, los momentos óptimos de intervención, aunque la rigidez de los esquemas de manejo puede conducir a respuestas tardías o ineficientes, incrementando las pérdidas productivas (Ali, 2024; Szyniszewska, et al., 2024; Le et al., 2025).

En este sentido, queda demostrado que el cambio climático intensifica de manera significativa las pérdidas de rendimiento agrícola asociadas a plagas insectiles, principalmente como resultado del aumento de la temperatura y de las concentraciones de CO₂, que favorecen el crecimiento poblacional, el metabolismo y el daño a las plantaciones ocasionado por estas plagas (Tonnang et al., 2022).

Se ha descrito y se coincide con Deutsch et al. (2018), que los insectos consumen entre el 5 % y el 20 % de los principales cultivos de

cereales, sin embargo, se estima que, bajo escenarios de calentamiento, las pérdidas de rendimiento por causa de los insectos aumentarán de cultivos básicos como: arroz, maíz y trigo en las que podrían incrementarse entre un 10 % y un 25 % por cada grado adicional de temperatura, con impactos más severos en regiones templadas (Deutsch et al., 2018).

Asimismo, el cambio climático modifica la biología, ecología y virulencia de numerosas plagas agrícolas, afectando sus interacciones con las plantas hospedantes y alterando la dinámica poblacional, como se ha documentado en pulgones, *Diabrotica balteata* y el barrenador asiático del maíz (Abbas et al., 2025), comprometiendo la eficacia de las estrategias tradicionales de manejo integrado de plagas y exigen enfoques adaptativos basados en modelos predictivos, monitoreo continuo y tácticas específicas por cultivo para salvaguardar la producción agrícola y con ello la seguridad alimentaria (Lahlali et al., 2024; Regina et al., 2024; Subedi et al., 2023).

Los retos actuales del manejo integrado de plagas no se limitan a la intensificación de los organismos nocivos, sino que responden a una transformación profunda de los sistemas agrícolas inducida por el cambio climático, continuar con el abordaje de estos exige una redefinición del MIP como una estrategia adaptativa, orientada no solo al control, sino también a la resiliencia y sostenibilidad de la producción agrícola.

CONCLUSIONES

El manejo integrado de plagas enfrenta en la actualidad retos complejos y multidimensionales como consecuencia directa del cambio climático, donde, las alteraciones en la temperatura, los patrones de precipitación y la frecuencia de eventos climáticos extremos han

modificado de manera significativa la dinámica poblacional de las plagas agrícolas, superando en muchos casos la capacidad de respuesta de los enfoques tradicionales de manejo.

Los resultados del análisis evidencian que el incremento del número de generaciones por año, la expansión geográfica de especies plaga y la pérdida de sincronía entre cultivos, plagas y enemigos naturales comprometen la eficacia de las estrategias clásicas del MIP.

Se recomienda la integración de herramientas de monitoreo climático, enfoques preventivos, conservación de la biodiversidad funcional y estrategias adaptativas, las cuales se presenta como una necesidad ineludible para fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas; con ello se podrán enfrentar los retos actuales del manejo integrado de plagas en la era del cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, A., Nassar, F., & Elshekh, M. (2025). Climate Change Effects on Agricultural Pests: Aphids, Diabrotica Balteata, and Asian Corn Borer in Plant-Pest Interactions and Pest Dynamics in the Context of Achieving SDGs. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, 5 (2), e04015. <https://doi.org/10.47172/2965-730x.sdgsreview.v5.n02.pe.04015>
- Ali, U. (2024). Climate-Smart Horticultural Practices: Building Resilience in a Changing Environment: A Scoping Review. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 13 (5), 202-209. <https://doi.org/10.11648/j.aff.20241305.19>
- Belitz, M., Larsen, E., Hurlbert, A., Di Cecco, G., Neupane, N., Ries, L., Tingley, M., Guralnick, R., & Youngflesh, C. (2025). Potential for bird–insect phenological mismatch in a tri-trophic system. *The Journal of Animal Ecology*, 94, 717 - 728. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.70007>
- Benestad, R., Lussana, C., & Dobler, A. (2024). Global record-breaking recurrence rates indicate more widespread and intense surface air temperature and precipitation extremes. *Science Advances*, 10 (45), eado3712. <https://doi.org/10.1126/sciadv.ado3712>
- Boulanger, Y., Macquarrie, C., Martel, V., Régnière, J., Saint, R., & Sambaraju, K. (2025). Climate change has already reshaped North American forest pest dynamics: Insights from multidecadal process-based modelling. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2025.10.15.682655>
- Burc, E., Girard, C., Metz, M., Cazaux, E., Baur, J., Koppik, M., Rêgo, A., Hart, A., & Berger, D. (2025). Life-history adaptation under climate warming magnifies the agricultural footprint of a cosmopolitan insect pest. *Nature Communications*, 16 (1), 827. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56177-2>
- Chandana. C., Nadagouda, S., Sreenivas. A., Chandana, T., & Hallikeri, V. (2024). Climate-smart Pest Management Strategies: Under Changing Climatic Scenarios. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 27(6), 364–377. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i6896>
- Choque, K., Reynoso, D., Aguirre, J., Cerna, H., Casaverde, M., Canchari, A., Cáceres, E., Chambilla, L., Sánchez, H., Flores, Y., Palomino, H., & Choque, D. (2025). Impact of Altitudinal Gradients on Exportable Performance, and Physical and Cup Quality of Coffee (*Coffea arabica* L.)

- Grown in Inter-Andean Valley. *Resources*, 14 (9), 136. <https://doi.org/10.3390/resources14090136>
- Deutsch, C., Tewksbury, J., Tigchelaar, M., Battisti, D., Merrill, S., Huey, R., & Naylor, R. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361, 916 - 919. <https://doi.org/10.1126/science.aat3466>
- Gruss, I., Czarniecka, M., Świerszcz, S., Szymura, M., Szymura, T., & Raduła, M. (2025). Responses of grassland soil mesofauna to induced climate change. *Scientific Reports*, 15, 16532. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01445-w>
- 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>
- Imbrogiano, J., Schaltegger, S., & Boiral, O. (2025). Management Responses to Climate Change: An Analysis of Scholarly Recommendations. *Sustainable Development*, 33(5), 6680-6692. <https://doi.org/10.1002/sd.3480>
- Kaewmunkoon, S., Pradit, N., Pilap, W., Ninlaphay, S., Chatiwong, T., Saijuntha, J., Jaroenchaiwattanachote, C., Tawong, W., Suksavate, W., Pramual, P., Tantrawatpan, C., & Saijuntha, W. (2025). Genetic Diversity, Genetic Structure and Demographic History of the Leaf Beetle *Platycorynus peregrinus* (Herbst, 1783) (Coleoptera: Chrysomelidae) from Thailand. *Biology*, 14 (9), 1266. <https://doi.org/10.3390/biology14091266>
- Kávássy, G., Szabó, A., & Szabó, É. (2025). The effects of the climate change and the drought stress on potato production – A review. *Acta Agraria Debreceniensis*. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/15256>
- Khursheed, A., Rather, M., Jain, V., Wani, A., Rasool, S., Nazir, R., Malik, N., & Majid, J. Plant based natural products as potential ecofriendly and safer biopesticides: A comprehensive overview of their advantages over conventional pesticides, limitations and regulatory aspects. *Microbial pathogenesis*, 173(Pt A), 105854. doi: 10.1016/j.micpath.2022.105854.
- Lahlali, R., Mohammed, T., Laasli, S., Gachara, G., Ezzougari, R., Belabess, Z., Aberkani, K., Assougeum, A., Meddich, A., Jarroudi, E., & Barka, E. (2024). Effects of climate change on plant pathogens and host-pathogen interactions. *Crop and Environment*, 3 (3), 159-170. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2024.05.003>
- Le, T., Theng, M., Baker, C., Abell, I., Kompas, T., & Hudgins, E. (2025). Estimating the impact of invasive pests and diseases on ecosystem services: modelling carbon sequestration loss due to myrtle rust (*Austropuccinia psidii* exotic strains) in Australia. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2025.05.30.657121>
- Li, J., Zhang, Y., Yang, L., & Shan, Z. (2025). Seasonal variations in ecological environment quality across different geomorphological regions and their response mechanisms to climate change. *Scientific Reports*, 15, 26385. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11442-8>

- Money, N. (2024). Fungal thermotolerance revisited and why climate change is unlikely to be supercharging pathogenic fungi (yet). *Fungal biology*, 128 (1), 1638-1641 . <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2024.01.005>
- Oranga, J., & Matere, A. (2023). Qualitative Research: Essence, Types and Advantages. *OALib*. <https://doi.org/10.4236/oalib.1111001>
- Portero, N., & Pérez, Y. (2025). Efectos del Cambio Climático en la Seguridad Alimentaria: Una Revisión Sistemática de la Vulnerabilidad de los Cultivos Básicos en la Región Andina del Ecuador. *ASCE MAGAZINE*, 4(4), 1702–1716. <https://doi.org/10.70577/asce.v4i4.510>
- Regina, T., Chamola, A., & Ghosh, C. (2024). The impact of climate change on insects. *Environment and Ecology*, 42 (4A), 1774—1782 <https://doi.org/10.60151/envec/dxdr8910>
- Shevchenko, O. (2025). The Ecological and Economic Challenges of Preserving Forests, Water Resources and Biodiversity in the Context of Climate Change. *The Problems of Economy*. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2025-1-374-381>
- Si, Q., Hu, J., Hua, Z., Wang, J., Ji, M., Xu, G., Wu, B., & Zhang, Y. (2025). Mechanisms of multi-species mealybug invasions in Hainan Island of China: Integrating niche, distribution, and habitat drivers. *PLOS One*, 20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0333679>
- Silva, G. (12 septiembre, 2025). Cambio climático y uso racional de plaguicidas. *Redagícola*. <https://redagricola.com/cambio-climatico-y-uso-racional-de-plaguicidas/>
- Sokame, B., Kipkorir, B., Agboka, K., Niassy, S., Belayneh, Y., Elkahky, M., & Tonnang, H. (2025). A system dynamics model for predicting African armyworm occurrence and population dynamics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 380, 109378 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109378>
- Sorahia, D., Lokesh, M., Das, A., Kumari, N., Roy, T., Singh, V., Gawaria, J., & Mehla, S. (2025). Examining the Emergence of Insect Pests under Changing Climate: A Comprehensive Review. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 28 (9), 1750-1765. <https://doi.org/10.9734/jabb/2025/v28i93020>
- Subedi, B., Poudel, A., & Aryal, S. (2023). The impact of climate change on insect pest biology and ecology: Implications for pest management strategies, crop production, and food security. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100733. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100733>
- Szyniszewska, A., Bieszczak, H., Kozyra, K., Papadopoulos, N., Meyer, M., Nowosad, J., Ota, N., & Kriticos, D. (2024). Evidence that recent climatic changes have expanded the potential geographical range of the Mediterranean fruit fly. *Scientific Reports*, 14 (1), 2515. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52861-3>
- Tian, S., Wu, W., Chen, S., Li, Z., & Li, K. (2025). Global mismatch between ecosystem service supply and

- demand driven by climate change and human activity. *Environmental Science and Ecotechnology*, 26, 100573. <https://doi.org/10.1016/j.es.2025.100573>
- Tonnang, H., Sokame, B., Abdel, E., & Dubois, T. (2022). Measuring and modelling crop yield losses due to invasive insect pests under climate change. *Current Opinion in Insect Science*, 50, 100873. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100873>
- Zhou, W., Arcot, Y., Medina, R., Bernal, J., Cisneros, L., & Akbulut, M. (2024). Integrated Pest Management: An Update on the Sustainability Approach to Crop Protection. *ACS Omega*, 9, 41130 - 41147. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06628>
- Zia, M., Sambasivam, P., Chen, D., Bhuiyan, S., Ford, R., & Li, Q. (2024). A carbon dot toolbox for managing biotic and abiotic stresses in crop production systems. *EcoMat*, 6 (5), e12451. <https://doi.org/10.1002/eom2.12451>