



## Gestión innovadora eco-agroindustrial con energía solar mediante campos magnéticos para controlar plagas

Néstor Gonzalo Rodríguez Colindres<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0009-0001-3414-1675>

Franco Noé Albarrán Cachay<sup>2\*\*</sup> <https://orcid.org/0009-0005-6201-4250>

<sup>1</sup>Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

<sup>2</sup>Universidad Nacional Federico Villarreal, Peru

Contactos para correspondencia: \*ngrodriguezcolindres@gmail.com, \*\*albarranfranco3@gmail.com

*Recibido: 23/08/2024*

*Aceptado: 29/10/2024*

*Publicado: 26/12/2024*

**Resumen. Introducción:** La gestión innovadora eco-agroindustrial busca promover soluciones efectivas y sostenibles para el control de plagas, como las moscas blancas (*Bemisia tabaci* Genn.), mediante el uso de campos magnéticos alimentados por energía solar. **Objetivo:** Desarrollar y promover un modelo electromagnético para el control de plagas en cultivos agrícolas, con énfasis en su viabilidad comercial dentro del sector agroindustrial, ofreciendo una solución económica, eficiente y respetuosa con el medio ambiente a gran escala. **Método:** El sistema propuesto utiliza campos magnéticos de frecuencia variable, alimentados por energía solar, para el control de moscas blancas en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), garantizando una solución escalable y rentable para los productores. **Resultados:** Este sistema ha demostrado ser eficaz, reduciendo costos operativos y el impacto ambiental, a la vez que facilita su implementación a gran escala.

**Conclusiones:** El modelo tiene un alto potencial comercial, promoviendo una agricultura más limpia, rentable y sostenible.

**Palabras clave:** Eco-agroindustrial, control de plagas, campos magnéticos, energía solar, agricultura sostenible.

### Innovative ecological-agroindustrial management with solar energy using magnetic fields to control pests

**Abstract. Introduction:** Innovative eco-agroindustrial management aims to promote effective and sustainable solutions for pest control, such as whiteflies (*Bemisia tabaci* Genn.), by using solar-powered magnetic fields. **Objective:** To develop and promote an electromagnetic model for pest control in crops, with a focus on its commercial viability within the agroindustrial sector, offering an economical, efficient, and environmentally responsible solution on a large scale. **Method:** The proposed system utilizes variable-frequency magnetic fields powered by solar energy to control whiteflies in bean crops (*Phaseolus vulgaris* L.), ensuring a scalable and cost-effective solution for producers. **Results:** This system has proven effective in reducing operational costs and environmental impact while facilitating large-scale implementation. **Conclusions:** The model has high commercial potential, promoting cleaner, more profitable, and sustainable agriculture.

**Keywords:** Eco-agroindustrial, pest control, magnetic fields, solar energy, sustainable agriculture.

### Gestão inovadora ecológico-agroindustrial com energia solar usando campos magnéticos para controle de pragas

**Resumo. Introdução:** A gestão inovadora eco-agroindustrial visa promover soluções eficazes e sustentáveis para o controle de pragas, como as moscas-brancas (*Bemisia tabaci* Genn.), por meio de campos magnéticos alimentados por energia solar.

**Objetivo:** Desenvolver e promover um modelo eletromagnético para o controle de pragas nas culturas, com ênfase na viabilidade comercial dentro do setor agroindustrial, oferecendo uma solução econômica, eficiente e ecologicamente responsável em larga escala. **Método:** O sistema proposto utiliza campos magnéticos de frequência variável, alimentados por energia solar, para controlar as moscas-brancas nas culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), garantindo uma solução escalável e rentável para os produtores. **Resultados:** Este sistema tem se mostrado eficaz, reduzindo custos operacionais e o impacto ambiental, além de facilitar a implementação em grande escala. **Conclusões:** O modelo tem grande potencial comercial, promovendo uma agricultura mais limpa, rentável e sustentável.

**Palavras-chave:** Eco-agroindustrial, controle de pragas, campos magnéticos, energia solar, agricultura sustentável.





---

## 1. Introducción

La Gestión Innovadora del Control de Plagas con Equipos Ecológicos de Energía Solar con Campos Magnéticos aborda de manera efectiva varias problemáticas comunes en la agricultura, ofreciendo una solución integral y sostenible. En primer lugar, reemplaza el uso de pesticidas químicos, que pueden dañar los ecosistemas y afectar la salud humana, con un enfoque libre de productos tóxicos. Al utilizar energía solar, se optimiza el uso de recursos renovables, reduciendo los costos operativos y la dependencia de fuentes energéticas contaminantes.

La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vector de virus en fríjol común es una problemática que implica plantea un desafío urgente para la agricultura requiriendo el desarrollo de estrategias integrales de manejo de plagas que combinen el control biológico, el uso de variedades resistentes y prácticas agrícolas sostenibles, dicho problema se agudiza por las siguientes características:

La alta incidencia de la mosca blanca y los begomovirus en cultivos estratégicos como el frijol. La falta de herramientas de control efectivas y sostenibles, como variedades resistentes. La dependencia de los agricultores en el uso de insecticidas, lo que genera problemas ambientales y económicos a largo plazo.

Según Cuéllar MA, Morales FJ(2006) La mosca blanca (*Bemisia tabaci*), un insecto plaga de amplia distribución, representa una seria amenaza para la producción agrícola en Colombia y otras regiones tropicales. Sus efectos en los cultivos, como el debilitamiento de las plantas, la transmisión de enfermedades virales y la proliferación de hongos, generan pérdidas económicas significativas.

Los begomovirus, un grupo de virus transmitidos por la mosca blanca, son particularmente dañinos para cultivos como el frijol. En Colombia, la coincidencia de la llegada del biotipo B de *B. tabaci* con condiciones climáticas favorables ha propiciado la rápida propagación de estos virus.

La falta de variedades resistentes al virus y la escasa asistencia técnica han obligado a los agricultores a depender excesivamente del uso de insecticidas para controlar la plaga. Sin embargo, esta práctica genera problemas ambientales y puede conducir al desarrollo de resistencia en los insectos.

Además el estudio de Zepeda Bautista, Rosalba et al.,(2019) evaluó el impacto de la exposición a campos electromagnéticos (CEM) en la productividad y calidad del maíz. Se sometió semillas de diferentes variedades de maíz a distintos tiempos de exposición a un CEM de 3.6 mT. Los resultados mostraron un aumento significativo en la germinación y el establecimiento de plántulas en las semillas expuestas durante 24 minutos. Asimismo, se observó un incremento en el rendimiento por hectárea en algunas variedades. Sin embargo, la presencia de hongos del género *Fusarium* en el grano no se vio afectada de manera consistente por el tratamiento con CEM. En conclusión, los resultados sugieren que la aplicación de campos electromagnéticos antes de la siembra puede mejorar ciertos aspectos del desarrollo inicial del cultivo de maíz, pero se requieren estudios adicionales para determinar el efecto a largo plazo y la optimización de los parámetros del tratamiento.

### 1.1. Beneficios de la creación y gestión de equipo sencillo para controlar algunas plagas.

Para desarrollar y promover un modelo electromagnético para el control de plagas en cultivos agrícolas, con énfasis en su viabilidad comercial dentro del sector agroindustrial, ofreciendo





una solución económica, eficiente y respetuosa con el medio ambiente a gran escala; se tiene la consideración de campos magnéticos, generados por el sistema alteran los patrones de comportamiento y reproducción de las plagas, como la mosca blanca, interrumpiendo su ciclo vital de forma precisa y controlada. Este método minimiza el daño a cultivos, mejora la eficiencia del control de plagas y, al mismo tiempo, reduce la sobreexplotación de químicos, promoviendo la salud del suelo y la biodiversidad.

En varios países la agricultura tiene una dependencia del uso de agroquímicos, tanto para la nutrición, como para el control de malezas, plagas y enfermedades en las plantas. Se sabe que es el control de plagas, uno de los temas más costosos en términos económicos, siendo también, el origen de la mayor cantidad de restricciones para la exportación y consumo de productos agrícolas. Implica también un alto impacto ambiental, perjudicando la salud humana, la extinción de especies de insectos polinizadores, tal como la abeja y otros; afectando seriamente la biodiversidad y el ambiente en general en un corto, mediano y largo plazo; alterando incluso, no solo el suelo, sino también el agua, la calidad del aire, y la biodiversidad. Incide también en la calidad de vida de las poblaciones humanas, sin descartar el incremento de los costos de producción que implica el uso de agroquímicos (Gould, 1980).

El uso de plaguicidas químicos en la agricultura tiene serias implicaciones en la calidad de los productos; principalmente en los requerimientos para consumo humano y para exportación. Esto también representa un alto costo ambiental y sanitario a largo plazo, lo que ya ha generado alertas principalmente en el ámbito comercial, productivo, salud, alimentación y en cuanto a legislación internacional, siendo el principal afectado el ser humano. Se hace cada vez más necesario el buscar alternativas para que la producción agrícola sea más amigable con el ambiente, la salud de los consumidores y la conservación de los servicios ecosistémicos (Portilla Farfán, 2003).

La economía depende en gran medida de la producción agrícola. Mucha de esta producción, está basada principalmente en el uso de agroquímicos para su manejo agronómico. Se propone la presente investigación con el propósito de buscar alternativas para reducir los impactos ambientales por el uso de pesticidas generados al momento de tratar las plagas de los cultivos. Se plantea evaluar el uso de energía fotovoltaica para la creación de campos magnéticos que generen un aislamiento directo entre el ataque del insecto y el cultivo agrícola. A partir de estudios comparativos se ha determinado que los insectos pueden ser controlados al inhibir el funcionamiento del sistema locomotor orientado por sus antenas a través de la creación de campos electromagnéticos (Anderson y Vander Meer, 1993; Schiff, 1993; Vácha, 1997).

La agricultura es fundamental en la mayoría de los países latinoamericanos, es por ello, que es necesario crear tecnología que contrarreste los factores que provocan déficits económicos en los productores como el ataque de insectos y enfermedades a los cultivos. Se establece que el control de plagas de insectos a través de campos magnéticos sería el punto clave para contribuir a proteger el ambiente y generar alternativas para evitar el uso de productos químicos. Se ha elaborado este artículo para presentar los datos obtenidos en un experimento de campo con resultados favorables que han evidenciado la disminución de poblaciones de *Bemisia tabaci* Genn., como plaga que afecta el umbral económico sobre los cultivos agrícolas, especialmente el *Phaseolus vulgaris* L.

Esta investigación pretende buscar soluciones para reducir la utilización de productos químicos en el control de plagas en los cultivos de pequeños, medianos y grandes productores. Se busca establecer una nueva forma de producción agrícola en un futuro no lejano, permitiendo una producción sin contaminación o alteración de los cultivos agrícolas, y en la cual se fomente un enfoque de manejo integrado de plagas (MIP), con base en campos magnéticos a través de un





inversor a partir de radiación solar. Esto a su vez, permitirá cambiar los paradigmas en cuanto a la producción agrícola a nivel global (Chirinos, *et al.*, 2020).

## 2. Metodología

Para mostrar la Gestión Innovadora del Control de Plagas con Equipos Ecológicos de Energía Solar con Campos Magnéticos; se plantea la siguiente hipótesis

### 2.1. Hipótesis

Ho: Todos los niveles de voltaje y campos electromagnéticos producen el mismo efecto en mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Ha: Al menos un nivel de voltaje produce un efecto diferente en mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gen) en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

**2.1.1. Variable respuesta:** Número de insectos muertos de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.).

**2.2. Tratamientos:** La energía utilizada se produjo a través de un sistema solar, el cual alimentó un inversor y a través de un regulador se determinó el voltaje para la frecuencia requerida. La frecuencia indicó el voltaje de campo magnético generado y luego se contaron los insectos muertos.

Tratamientos	Voltios
TA.....	10
TB.....	15
TC.....	20
TD.....	30

Para percibir el número de insectos muertos en las mediciones, se disponen a los tratamientos de manera horizontal en la Tabla 1 en el apartado de Resultados.

## 3. Resultados

Para la Gestión Innovadora del Control de Plagas con Equipos Ecológicos de Energía Solar con Campos Magnéticos, en primera instancia se tiene que recurrir al proceso experimental mostrado en la Tabla 1

**Tabla 1.** Conteo de insectos muertos promedio después 15 días.

Repetición	10 voltios	15 voltios	20 voltios	30 voltios
1	20	18	20	18
2	19	16	22	14
3	17	16	22	16
4	16	18	20	16

Fuente: Elaboración propia



**Interpretación de la Tabla 1:** Se emplearon cuatro tratamientos para cuatro repeticiones y se realizaron cuatro lecturas; se inspecciona que en las cuatro repeticiones, para 20 voltios se tuvo la mayor cantidad de moscas muertas con un promedio de 21 moscas muertas.

Luego de disponer de los promedios y analizar varianzas; se determinó los grupos que tienen diferencias significativas en sus medias, entonces se aplica la prueba de medias de Tukey, mostrada en la Tabla 2; es decir, luego de conocer las mediciones, se dispone a los voltajes y promedios de moscas muertas de manera vertical y se aplica la prueba de medias de Tukey (fundamental cuando se realiza un análisis de varianza con varios grupos, para identificar los grupos con diferencias significativas en sus medias)

**Tabla 2. Prueba de medias de Tukey**

Tratamiento	Promedio de moscas muertas	Significancia
20 voltios	21	A
10 voltios	18	B
15 voltios	17	B
30 voltios	16	B

*Fuente:* Trabajo de campo

**Interpretación de la Tabla 2.** El tratamiento con mayor eficacia es de 20 voltios, por presentar la mayor media de población de moscas muertas. Las medidas con la misma letra mayúscula común indican que no son significativamente diferentes; en comparación con la medida que tiene letra diferentes entonces si son significativas con respecto a la significancia de 0.05

En consecuencia se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se aprueba la hipótesis alterna:  $H_a =$  Al menos un nivel de voltaje produce un efecto diferente en mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gen) en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.); es decir, la efectividad del empleo de campos magnéticos a partir de radiación solar de frecuencia variable para el control de la plaga de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es determinada con la aplicación de 20 voltios y la distribución de corrientes se produce con electrodos conectados a un sistema de voltaje variable. Para mostrar las evidencias de los resultados obtenidos, se presenta la instalación del equipo para la Creación de un campo electromagnético con el respectivo inversor de energía solar (Figura 1.)

**Figuras 1.** Creación de un campo electromagnético con el respectivo inversor de energía solar





=====

*Nota.* Se creó un campo electromagnético dentro de una caja de vidrio con sus respectivos conductores.

### 3.1. Resultado Innovador

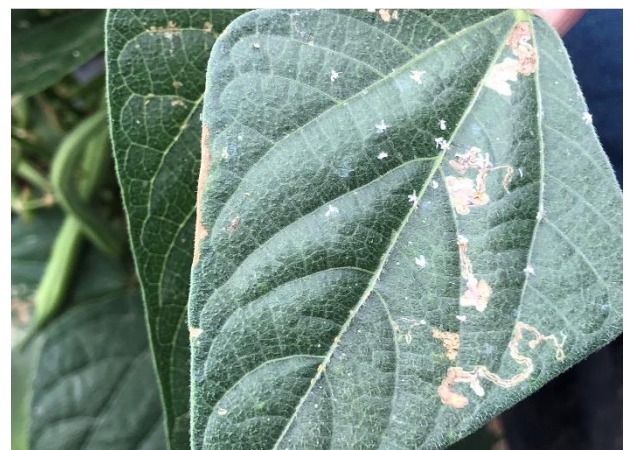
El uso de campos magnéticos generados por radiación solar de frecuencia variable para controlar la plaga de mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) en cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) representa un avance clave hacia una agricultura más sostenible. Aplicando un voltaje de 20 voltios a través de electrodos conectados a un sistema de voltaje variable, se ha demostrado que esta tecnología mitiga eficazmente la plaga sin recurrir a pesticidas químicos.

El sistema actúa mediante campos magnéticos que alteran el comportamiento y desarrollo de las moscas blancas, interrumpiendo su ciclo reproductivo y alimentación. Este enfoque reduce la población de la plaga de manera eficiente, a la vez que minimiza los riesgos ambientales asociados con el uso de químicos. El uso de energía solar como fuente renovable para generar estos campos magnéticos refuerza la sostenibilidad y reduce costos operativos, posicionándose como una alternativa ecológica clave para el control de plagas en diversos cultivos. Esta innovación abre nuevas posibilidades para una agricultura más limpia, eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

Figuras 2. Visualización de moscas blancas muertas en el envés de hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)



Figuras 3. Visualización de moscas blancas muertas en el haz de hojas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)



Los resultados se evidencian al percibir en la Figura 2 y Figura 3 con las moscas blancas muertas tanto en el haz como el envés de hojas de frijol; la simplicidad y versatilidad de las instalaciones facilita la gestión innovadora del control de plagas con dichos equipos ecológicos empleando la energía solar mediante campos magnéticos.

*Interpretación de la muerte de las moscas blancas (*Bemisia tabaci* Genn.):* Con la formación de un campo magnético y al hacer contacto con el insecto dotado de magnetita, se afecta y provoca una desorientación de locomoción. Cuando se inhibe la locomoción de un insecto al ser bloqueadas sus antenas, altera su orientación quedando susceptible para ataques por enemigos naturales, o simplemente muere de inanición por no poder moverse para alimentarse. Esto se ha demostrado a partir de estudios comparativos donde los insectos pueden ser controlados al inhibir el funcionamiento del sistema locomotor.

La Gestión Innovadora del Control de Plagas con Equipos Ecológicos de Energía Solar mediante Campos Magnético, permite la difusión de tales equipos, para incrementar la productividad agrícola de manera sostenible, con un control de plagas más eficaz y menos costoso, lo que mejora



=====

tanto los rendimientos como la calidad de los cultivos. Este enfoque innovador no solo resuelve problemas inmediatos de control de plagas, sino que también establece un camino hacia una agricultura más responsable y eficiente a largo plazo

#### 4. Discusión

Cuando se inhibe la locomoción de un insecto al ser bloqueadas sus antenas, altera su orientación quedando susceptible para ataques por enemigos naturales, o simplemente muere de inanición por no poder moverse para alimentarse. Esto se ha demostrado a partir de estudios comparativos donde los insectos pueden ser controlados al inhibir el funcionamiento del sistema locomotor. orientado por sus antenas a través de la creación de campos electromagnéticos (Anderson y Vander Meer, 1993; Schiff, 1993; Vácha, 1997). El estudio sobre la Gestión tecnológica sobre la Difusión de utilidad de Campos magnéticos para controlar moscas blancas (*Bemisia tabaci* Genn.) se inserta dentro de la creciente tendencia de explorar métodos alternativos y sostenibles para el manejo de plagas. En este contexto, investigaciones recientes han enfatizado el uso de hongos entomopatógenos y agentes biológicos para el control de la mosca blanca, destacando la relevancia de los métodos no químicos. Por ejemplo, Bocco et al. (2021) investigaron el uso del hongo *Isaria javanica* como un control biológico eficaz contra plagas como el pulgón verde, lo que sugiere su potencial para combatir otras plagas en cultivos de pimientos. Asimismo, Sani et al. (2020) han revisado el control de *Bemisia tabaci* mediante hongos entomopatógenos, destacando su capacidad para controlar este insecto sin depender de pesticidas tradicionales. Estas alternativas podrían complementar la estrategia propuesta en el estudio, que explora la aplicación de campos magnéticos, ofreciendo una vía innovadora y ambientalmente sostenible.

A su vez, Murillo et al. (2020) evaluaron insecticidas biorracionales para el control de la mosca blanca, enfocándose en métodos que sean efectivos y menos dañinos para el ecosistema, lo cual es una tendencia creciente en la gestión de plagas. La importancia de esta línea de investigación radica en la búsqueda de soluciones menos invasivas que puedan integrarse de manera eficiente en un manejo agroecológico. De igual manera, la resistencia creciente de las plagas a los insecticidas tradicionales, como lo señala Wang et al. (2020), subraya la necesidad de diversificar los enfoques, algo que el estudio sobre campos magnéticos podría abordar como una estrategia complementaria. Es decir, el estudio sobre campos magnéticos se encuentra en una línea de investigación que refuerza la necesidad de explorar métodos alternativos para el control de plagas, que se alinean con los principios de la agricultura sostenible y la lucha contra la resistencia a pesticidas, siguiendo la tendencia marcada por la investigación reciente; la misma que puede servir a toda una comunidad en coordinación con los gobiernos regionales, así Garay Paucar et al. (2022) Su estudio destaca la importancia de aplicar metodologías de gestión orientadas a resultados para mejorar la eficiencia de las obras públicas, garantizando que los recursos sean utilizados de manera efectiva. Este enfoque es crucial para el desarrollo regional, ya que permite una mejor planificación y evaluación del impacto social de las inversiones públicas

El análisis de métodos innovadores para el control de *Bemisia tabaci* sigue ganando importancia, especialmente en lo que respecta a las estrategias que incorporan tecnologías emergentes y soluciones biológicas. Las investigaciones más recientes (2022-2023) refuerzan la tendencia hacia el uso de agentes biológicos, como los hongos entomopatógenos, y el manejo integrado de plagas en un contexto agroecológico, lo cual es pertinente al estudio sobre el uso de campos magnéticos para controlar la mosca blanca. Por ejemplo, Deeksha et al. (2023) realizaron una investigación sobre el potencial de parasitismo de *Encarsia formosa*, un parasitoide natural de la mosca blanca, en condiciones del noroeste de la India. Este estudio no solo refuerza la importancia del control biológico, sino que también subraya el papel de las especies nativas en la gestión de





plagas, un concepto que podría ser complementado por la tecnología de campos magnéticos, cuyo impacto aún necesita una mayor validación. En vinculación con el trabajo de Copa Pérez et al. (2024) La investigación contribuirá a dotar a quienes lo practican de una Jerarquía educativa y Gestión pedagógica-productiva para ponerlo después al servicio de los docentes universitarios, para el avance de la sostenibilidad y demuestra cómo la integración de la tecnología limpia puede transformar las prácticas agrícolas tradicionales

Dentro de la elaboración de dichos equipos innovadores, hay una determinada planificación, la cual según Galindo Caro et al. (2024) podrá ser relevante dado la importancia de la planificación estratégica local concertada y la responsabilidad docente en la gestión presupuestaria en entornos educativos. Su trabajo subraya cómo la cooperación a nivel local y la rendición de cuentas en el ámbito académico pueden mejorar la eficiencia y el impacto de las decisiones presupuestarias. Este enfoque no solo optimiza los recursos, sino que también promueve una educación más transparente y alineada con las necesidades de la comunidad

Este tipo de estrategias biológicas, combinadas con nuevas tecnologías, pueden mejorar la eficiencia y sostenibilidad del control de plagas en sistemas agrícolas. Por otro lado, Gebremariam et al. (2022) realizaron un estudio exhaustivo sobre el potencial integrado de pesticidas microbianos, botánicos y químicos para el control de Bemisia tabaci en tomates, tanto en invernadero como en campo. Este enfoque multidimensional destaca cómo las alternativas biológicas pueden coexistir con métodos convencionales de control de plagas, ofreciendo una alternativa más sostenible y menos perjudicial para el medio ambiente. La integración de estos métodos en prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) es clave para reducir la dependencia de pesticidas sintéticos, y el uso de campos magnéticos podría ser una estrategia adicional dentro de este enfoque. Además, el trabajo de Patel et al. (2022) comparó las características morfológicas y el desarrollo de B. tabaci en dos especies agrícolas importantes, subrayando la relevancia de comprender la biología del insecto para desarrollar estrategias de control más eficaces; en toda circunstancias las comunicaciones también son relevantes, así según Rosales Urbano et al. (2024) examinan el impacto de las comunicaciones entre instituciones educativas y gobiernos locales en el bienestar de la población; a través de su investigación, demuestran que una comunicación eficiente y alineada entre estos actores clave puede tener un efecto positivo en la mejora de las condiciones de vida de la comunidad. Este estudio resalta la relevancia de las relaciones interinstitucionales en la creación de políticas públicas que promuevan el bienestar social y el desarrollo sostenible

En consecuencia, el uso de campos magnéticos podría ofrecer una nueva perspectiva al interferir con los procesos biológicos y reproductivos de B. tabaci, complementando las intervenciones biológicas y químicas con tecnologías de última generación. Finalmente, la investigación de Walia et al. (2023) sobre la preferencia y los parámetros demográficos de Encarsia formosa para controlar Trialeurodes vaporariorum refuerza la importancia de los controladores biológicos como herramientas eficaces para el manejo de la mosca blanca. Este enfoque demuestra la relevancia de combinar diferentes estrategias de control, que podría incluir tecnologías como los campos magnéticos, que aún se encuentran en una fase experimental pero que presentan un gran potencial como herramienta adicional en el arsenal de control de plagas. Es decir, los estudios más recientes siguen reforzando la importancia de los enfoques biológicos y sostenibles para el manejo de plagas como Bemisia tabaci. Las tecnologías emergentes como los campos magnéticos podrían complementar estos enfoques al ofrecer nuevas alternativas para el control de plagas, lo que hace que su investigación y validación sean un paso importante para el desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas.







=====

**4.1. Además, el estudio de Zepeda Bautista, Rosalba et al., (2019) muestra algunas contrastes con el presente estudio, mediante:**

-Diversidad de aplicaciones: Los campos electromagnéticos pueden tener aplicaciones prometedoras en diferentes áreas de la agricultura, tanto para mejorar el crecimiento de las plantas como para controlar plagas.

-Necesidad de más investigación: Aunque ambos estudios muestran resultados positivos, se requiere más investigación para comprender completamente los mecanismos de acción de los campos electromagnéticos y optimizar su aplicación.

-Potencial para la agricultura sostenible: El uso de campos electromagnéticos ofrece una alternativa prometedora a los pesticidas químicos, contribuyendo a una agricultura más sostenible.

Es decir, ambos estudios exploran el potencial de los campos electromagnéticos en la agricultura, pero desde diferentes perspectivas. Si bien los resultados son alentadores, se necesitan más investigaciones para desarrollar tecnologías eficientes y sostenibles basadas en esta técnica.

Con la formación de un campo magnético y al hacer contacto con el insecto dotado de magnetita, se afecta y provoca una desorientación de locomoción. Cuando se inhibe la locomoción de un insecto al ser bloqueadas sus antenas, altera su orientación quedando susceptible para ataques por enemigos naturales, o simplemente muere de inanición por no poder moverse para alimentarse. Esto se ha demostrado a partir de estudios comparativos donde los insectos pueden ser controlados al inhibir el funcionamiento del sistema locomotor orientado por sus antenas a través de la creación de campos electromagnéticos (Anderson y Vander Meer, 1993; Schiff, 1993; Vácha, 1997).

## **5. Conclusión**

Se comprueba mediante análisis estadístico que el empleo de campos magnéticos por radiación solar de frecuencia variable es efectivo para el control de plagas utilizando 20 voltios de tensión. Con el control de plagas a través de campos magnéticos se tiene el potencial de impactar la producción agrícola haciéndola más sostenible ambientalmente al reducir la necesidad de productos químicos para el control de plagas. Un modelo de utilidad eco-agroindustrial para generar campos electromagnéticos se puede realizar a partir de 3 paneles solares de 300 W de potencia, incluyendo un inversor, un equipo para la instalación de cableado y el uso de unidades para crear campos magnéticos. En tal sentido el modelo tiene un alto potencial comercial, promoviendo una agricultura más limpia, rentable y sostenible

## **Referencias**

Acosta-Avalos, D., Wajnberg, E., Oliveira, P., Leal, I., Farina, M. & Esquivel, D.M.S. (1999). Isolation of magnetic nanoparticles from *Pachycondyla marginata* ants. *J. Exp. Biol.*, 202 (19), 2687-2692 <https://journals.biologists.com/jeb/article/202/9/2687/8205/Isolation-of-magnetic-nanoparticles-fro>

Anderson, J. & Vander Meer, R. K. (1993). Magnetic orientation in fire ant *Solenopsis invicta*. *Naturwissenschaften*, (80), 568-570 <https://doi.org/10.1007/BF01149274>





- Balmori Martínez, A. (2006). Efectos de las radiaciones electromagnéticas de la telefonía móvil sobre los insectos. *Ecosistemas*, 15(1), 87-95.  
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/520>
- Bocco, R., Lee, M., Kim, D., et al. (2021). Endophytic *Isaria javanica* pf185 persists after spraying and controls *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) and *Colletotrichum acutatum* (Glomerellales: Glomerellaceae) in pepper. *Insects*, 12, 631.  
<https://doi.org/10.3390/insects12080631>
- Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L., Geraud-Pouey, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Cienc Tecnol*
- Copa Pérez, J. C., Espinoza Vásquez, G., Ramírez Vicente, J. C., Rojas Fernández, V. H., Silva Herrera, R. E., & Flores Pérez, L. K. (2024). Jerarquía educativa y Gestión pedagógica-productiva en docentes universitarios (Educational hierarchy and pedagogical-productive management in university faculty ): e-2401: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13769147>; Publicado:2024-02-09; Ref[30%>año 2017; año 2017>Prom Fact Impacto]. *GESTIONES*, 4(1), 1-8. Recuperado a partir de <https://gestiones.pe/index.php/revista/article/view/72>
- Cuéllar MA, Morales FJ(2006). La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vector de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) The whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) as pest and vector of plant viruses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Colombiana de Entomología* 32(1): 1-9 (2006)  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v32n1/v32n1a01.pdf> *Agropecuaria*, Mosquera, 21(1): e1276 <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1276/611>
- Deeksha, Ghongade, D., & Sood, A. (2023). Biological characteristics and parasitization potential of *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) on the whitefly, *Trialetrodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae), a pest of greenhouse crops in north-western Indian Himalayas. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33, 3.  
<https://doi.org/10.1186/s41938-023-00257-1>
- Galindo Caro, R., De la Cruz Montoya, D., Gamero Tinoco, M. E., Hernández Torres, A. M., & Albarrán Cachay, A. P. (2024). Benefits of local concerted strategic planning and teaching accountability in budget management for users (Beneficios para los usuarios de la planificación estratégica local concertada y de la responsabilidad docente en la gestión presupuestaria): <https://doi.org/10.5281/zenodo.13621897>. *GESTIONES*, 3(1), 1-9. Recuperado a partir de <https://gestiones.pe/index.php/revista/article/view/45> (Original work published 28 de diciembre de 2023)
- Garay Paucar, E. Z., Chávez Taípe, Y. V., & Atachao Mallqui, J. C. (2022). Ejecución de obras públicas y gestión por resultados en un Gobierno regional del Perú (Execution of public works and results-based management in a Peruvian regional government): ID de ubicación: e-22.55.02; Publicado: 2022-01-27; Referencias (Hasta 5 años <2022): 56%. *GESTIONES*, 2(1), 1-9. Recuperado a partir de <https://gestiones.pe/index.php/revista/article/view/55>
- Gebremariam, A., Mekuriaw, E., Shemekit, F., et al. (2022). Integrated potential of microbial, botanical, and chemical pesticides for the control of viral disease vector whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomato under greenhouse and field perspectives. *International Journal of Agronomy*, 2022, 4686811.  
<https://doi.org/10.1155/2022/4686811>





- =====
- Gould J. L. (1980). El caso de la sensibilidad magnética en aves y abejas (tal como es). *American Scientist*, (68) 256-267 <https://www.emf-portal.org/en/article/12988>
- Luquin, R. (2013). Contaminación por radiación electromagnética en personas vulnerables: tutela preventiva y generación de otras fuentes de energía. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 1-28 [https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wpcontent/uploads/2013/11/2013\\_10\\_2\\_8\\_Raquel\\_Luquin\\_Contaminacion-electromagnetica.pdf](https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wpcontent/uploads/2013/11/2013_10_2_8_Raquel_Luquin_Contaminacion-electromagnetica.pdf)
- Murillo, F., Cabrera, H., Adame, et al. (2020). Evaluación de insecticidas biorracionales en el control de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en la producción de hortalizas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 22(1), 39-47.
- Patel, C., Mohan, R., & Muthu, J. (2022). Comparative study of morphology and developmental biology of two agriculturally important whitefly species *Bemisia tabaci* (Asia II 5) and *Trialeurodes vaporariorum* from North-Western Himalayan Region of India. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, 22210034. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-202210034>
- Portilla Farfán, F. (2003). La lucha contra las plagas y enfermedades en los cultivos y la conservación del ambiente *Universitas*, *Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, (3), 159-178 <https://www.redalyc.org/pdf/4761/476150822008.pdf>
- Rodríguez, N. y Bonilla, G. (2022). El control de plagas a través de campos magnéticos. *TIKALIA*, 41(1): 01-10 <http://fausac.gt/?cat=16>
- Rosales Urbano, V. G., Micha Aponte, R. S., Huaylinos Gonzales, V., Flores Pérez, L. K., Ugaz Roque, N., & Dioses Lescano, N. (2024). Impacto de las comunicaciones de las instituciones educativas y los gobiernos locales en el bienestar de la población (Impact of communications from educational institutions and local governments on the well-being of the population): <https://doi.org/10.5281/zenodo.13626402>. *GESTIONES*, 3(1), 1–11. Recuperado a partir de <https://gestiones.pe/index.php/revista/article/view/46> (Original work published 29 de diciembre de 2023)
- Schiff, G. (1993). The magnetic and electric field induced by superparamagnetic magnetite in honeybees. *Biol Cybern*, 69, 7–17 <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00201404>
- Sani, I., Ismail, S., Abdullah, S., et al. (2020). A review of the biology and control of whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), with special reference to biological control using entomopathogenic fungi. *Insects*, 11, 619. <https://doi.org/10.3390/insects11090619>
- Vácha, M. (1997). Magnetic orientation in insects. *Biología Bratislava*, (52), 629-636 <https://www.sci.muni.cz/ofiz/en/martin-vacha/>
- Walia, A., Verma, S., Sharma, P., et al. (2023). Relative preference and demographic parameters of *Encarsia formosa* Gahan against *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31, 79. <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00266-0>
- Wang, R., Wang, J., Zhang, J., et al. (2020). Characterization of flupyradifurone resistance in the whitefly *Bemisia tabaci* Mediterranean (Q biotype). *Pest Management Science*, 76(12), 4286-4292. <https://doi.org/10.1002/ps.5835>
- Zepeda Bautista, Rosalba, Virgen Vargas, Juan, Suazo-López, Francisco, Domínguez-Pacheco, F. Arturo, Rodríguez-Rebollar, Hilda, & Hernández-Aguilar, Claudia. (2019). Campo electromagnético en plántulas, rendimiento y calidad de maíz en condiciones de campo.





Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(3), 629-642. Epub 30 de marzo de 2020.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1561>

**Conflicto de de intereses:** Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

**Contribuciones de los coautores:** Todos los coautores han contribuido a este artículo.

**Financiación de la investigación:** Con recursos propios.

**Declaración de intereses:** Los autores declaran que no tiene conflicto de intereses que pueda haber influido en los resultados obtenidos o en las interpretaciones propuestas.

**Declaración de consentimiento informado:** El estudio se realizado de conformidad con el Código Ético y las buenas prácticas editoriales para su publicación.

**Usabilidad:** Este texto está bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Usted es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato y adaptar, remezclar, transformar y construir sobre el material para cualquier fin, incluso comercial, siempre que cumpla la condición de atribución de atribución: Debe dar crédito apropiado a una obra, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier razonable, pero no de forma que sugiera que cuenta con el respaldo del licenciante o que recibe de su uso.

