



TecnoAgro

Tecnologías para Mejorar la Producción y
la Productividad Agropecuaria

Diplomado en Producción **SOSTENIBLE DE HORTALIZAS**

**TEMA 9: Manejo integrado de plagas
y enfermedades**

**FACILITADOR: Ariel Alexander Mena
García**



Contenido

I.	INTRODUCCIÓN.....	3
II.	DESARROLLO.....	4
III.	Preguntas orientadoras.....	22
IV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

I. INTRODUCCIÓN

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) constituye una estrategia científica y sostenible que integra diversas tácticas de control compatibles con el objetivo de mantener las poblaciones de organismos nocivos por debajo del umbral económico de daño, reduciendo al mismo tiempo los riesgos para la salud humana, los enemigos naturales y el ambiente. A diferencia de los enfoques tradicionales basados exclusivamente en el uso de plaguicidas, el MIP promueve la toma de decisiones fundamentada en el monitoreo sistemático de las poblaciones, la evaluación del riesgo y la selección de medidas de manejo con base en criterios técnicos, económicos y ambientales (Kogan, 1998).

La implementación de un programa de MIP no concluye con la aplicación de las tácticas de control; por el contrario, requiere un proceso continuo de evaluación que permita determinar si las estrategias utilizadas alcanzan los objetivos propuestos. En este contexto, la evaluación técnica, económica y ambiental proporciona información objetiva sobre la eficacia del programa, el costo-beneficio de las intervenciones y los posibles impactos sobre organismos no objetivo y los recursos naturales. Esta información constituye la base para la mejora continua y la optimización de los programas fitosanitarios mediante procesos de retroalimentación y gestión adaptativa (Barzman et al., 2015).

La optimización adaptativa representa un enfoque moderno del MIP, en el cual las decisiones de manejo evolucionan conforme se genera nueva información proveniente del monitoreo, los indicadores de desempeño y las condiciones cambiantes del agroecosistema.

Este enfoque permite ajustar oportunamente las estrategias de manejo frente a variaciones climáticas, cambios en la dinámica poblacional de las plagas, aparición de resistencia a plaguicidas o modificaciones en los sistemas de producción, favoreciendo una agricultura más resiliente y sostenible (Barzman et al., 2015).

En este material educativo se abordarán los fundamentos de la evaluación de programas de MIP, los principales indicadores de desempeño utilizados para medir su efectividad y las herramientas de optimización adaptativa que facilitan la toma de decisiones basadas en evidencia, contribuyendo al fortalecimiento de programas fitosanitarios técnicamente eficientes y ambientalmente responsables.

II. DESARROLLO

2.1 Importancia del manejo fitosanitario en cultivos hortícolas

El manejo fitosanitario comprende el conjunto de estrategias destinadas a prevenir, monitorear y controlar plagas, enfermedades y malezas que afectan la producción agrícola. En los sistemas hortícolas constituye uno de los pilares fundamentales para garantizar la productividad, la rentabilidad y la inocuidad de los alimentos, debido a que estos cultivos presentan ciclos cortos, alto valor comercial y una elevada susceptibilidad a organismos nocivos.

Las pérdidas ocasionadas por plagas y enfermedades representan uno de los principales factores limitantes de la producción hortícola mundial. Se estima que entre el 20 y el 40 % del rendimiento agrícola puede perderse anualmente debido a organismos fitopatógenos e insectos plaga, aun cuando se implementen medidas de manejo. En países tropicales estas pérdidas suelen incrementarse debido a las condiciones

ambientales favorables para la reproducción de numerosos organismos dañinos (Savary et al., 2019).

La protección fitosanitaria no debe entenderse únicamente como la aplicación de plaguicidas. Actualmente, el concepto moderno integra actividades de prevención, vigilancia, monitoreo, identificación taxonómica, determinación de umbrales económicos y selección racional de tácticas de manejo compatibles entre sí. Este enfoque permite reducir costos de producción, disminuir el desarrollo de resistencia a plaguicidas, conservar enemigos naturales y minimizar la contaminación ambiental.

En cultivos hortícolas como tomate, chile, cebolla, lechuga, repollo, pepino y cucurbitáceas, la implementación de programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) ha demostrado reducir significativamente el número de aplicaciones químicas sin comprometer el rendimiento, siempre que las decisiones se fundamenten en información proveniente del monitoreo de campo y el conocimiento de la biología de las plagas.

2.2 Principios del Manejo Integrado de Plagas (MIP)

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) constituye un sistema de toma de decisiones que integra diferentes tácticas de manejo compatibles con el propósito de mantener las poblaciones de plagas por debajo del nivel en el que ocasionan pérdidas económicas significativas. Su finalidad no es la erradicación de los organismos nocivos, sino mantener un equilibrio biológico que permita la producción rentable y ambientalmente sostenible. Este enfoque reconoce que la presencia de insectos, ácaros, patógenos y otros organismos es parte natural del agroecosistema y que únicamente una fracción de ellos alcanza niveles capaces de justificar una intervención (Kogan, 1998).

En cultivos hortícolas, donde los ciclos de producción son relativamente cortos y el valor económico del producto es elevado, la aplicación de los principios del MIP permite disminuir la dependencia de insecticidas y fungicidas, reducir los costos de producción y conservar la biodiversidad funcional del sistema agrícola. Para ello, las decisiones deben sustentarse en información objetiva obtenida mediante el monitoreo continuo del cultivo.

La presentación resume cuatro componentes esenciales del MIP: monitoreo y muestreo, métodos culturales, control biológico y bioinsumos o químicos de último recurso. Cada uno cumple una función específica dentro de la estrategia de manejo.

2.3 Monitoreo y muestreo: la base de la toma de decisiones

El monitoreo constituye el elemento central del MIP porque proporciona la información necesaria para determinar cuándo una población de plagas representa un riesgo económico. Consiste en la inspección sistemática del cultivo mediante recorridos previamente establecidos, observaciones visuales, trampas y métodos de muestreo estadísticamente representativos.

La frecuencia del monitoreo depende del cultivo, la etapa fenológica y la biología de la plaga. En hortalizas de crecimiento rápido suele recomendarse realizar evaluaciones al menos una o dos veces por semana, incrementando la frecuencia cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la plaga o enfermedad.

Durante el monitoreo se registran variables como:

- ✚ presencia o ausencia del organismo;
- ✚ densidad poblacional;
- ✚ porcentaje de incidencia;
- ✚ severidad del daño;
- ✚ distribución espacial;
- ✚ presencia de enemigos naturales;
- ✚ condiciones ambientales.

Estos registros permiten comparar la situación del cultivo con los umbrales económicos previamente establecidos y decidir si es necesario implementar medidas de control (Pedigo & Rice, 2014).

2.4 Métodos culturales

Las prácticas culturales representan la primera línea de defensa dentro del MIP porque modifican el ambiente para hacerlo menos favorable al establecimiento y multiplicación de las plagas.

Entre las medidas culturales más importantes en hortalizas se encuentran:

- ✚ rotación de cultivos;
- ✚ eliminación de residuos vegetales infectados;
- ✚ destrucción de plantas voluntarias;
- ✚ uso de semilla certificada;
- ✚ manejo adecuado del riego;
- ✚ fertilización balanceada;
- ✚ control oportuno de malezas;
- ✚ sincronización de fechas de siembra;
- ✚ uso de variedades resistentes o tolerantes.

Estas prácticas disminuyen la disponibilidad de alimento y refugio para numerosos organismos nocivos y reducen considerablemente la presión inicial de infestación. Además, presentan bajo impacto ambiental y generalmente requieren inversiones menores que el control químico continuo (Dent, 2000).

2.5 Control biológico

El control biológico consiste en el aprovechamiento de organismos vivos capaces de reducir naturalmente las poblaciones de plagas mediante depredación, parasitismo o infección.

Dentro de los principales enemigos naturales utilizados en hortalizas destacan:

Depredadores

- ✚ *Coccinella septempunctata*
- ✚ *Hippodamia convergens*
- ✚ *Chrysoperla externa*
- ✚ Sírfidos

Parasitoides

- ✚ *Trichogramma pretiosum*
- ✚ *Encarsia formosa*
- ✚ *Aphidius colemani*

Entomopatógenos

- ✚ *Beauveria bassiana*
- ✚ *Metarhizium anisopliae*
- ✚ *Isaria fumosorosea*
- ✚ *Bacillus thuringiensis*

El éxito del control biológico depende de la conservación de estos organismos mediante el uso racional de insecticidas selectivos y la preservación de hábitats que favorezcan su establecimiento.

2.6 Bioinsumos y productos químicos como última alternativa

Uno de los principios fundamentales del MIP establece que los plaguicidas químicos deben emplearse únicamente cuando los métodos preventivos no logran mantener la plaga por debajo del umbral económico.

La selección del producto debe considerar:

- ✚ eficacia comprobada;
- ✚ selectividad hacia enemigos naturales;
- ✚ mecanismo de acción;
- ✚ período de carencia;
- ✚ riesgo de resistencia;
- ✚ impacto ambiental;
- ✚ toxicidad para el aplicador.

El uso repetitivo del mismo ingrediente activo favorece la selección de poblaciones resistentes, razón por la cual se recomienda alternar grupos químicos de acuerdo con la clasificación del IRAC para insecticidas y del FRAC para fungicidas.

Actualmente, los bioinsumos, como extractos botánicos, microorganismos benéficos y productos de origen natural, representan alternativas importantes para disminuir la presión de selección sobre las poblaciones de plagas y hacer más sostenible el sistema productivo.

2.7 Integración de las tácticas de manejo

El principio más importante del MIP es que ninguna táctica debe aplicarse de forma aislada. La mayor eficacia se obtiene cuando las diferentes estrategias se complementan entre sí.

Por ejemplo, en un cultivo de repollo, la combinación de rotación de cultivos, eliminación de residuos, monitoreo semanal, conservación de parasitoides y aplicaciones selectivas de *Bacillus thuringiensis* puede mantener bajo control a *Plutella xylostella* con un número considerablemente menor de aplicaciones de insecticidas convencionales.

Este enfoque integral favorece la sostenibilidad del sistema agrícola al disminuir la contaminación ambiental, conservar la biodiversidad y prolongar la vida útil de las herramientas de control disponibles.

2.8 Polilla del dorso diamante (*Plutella xylostella*)

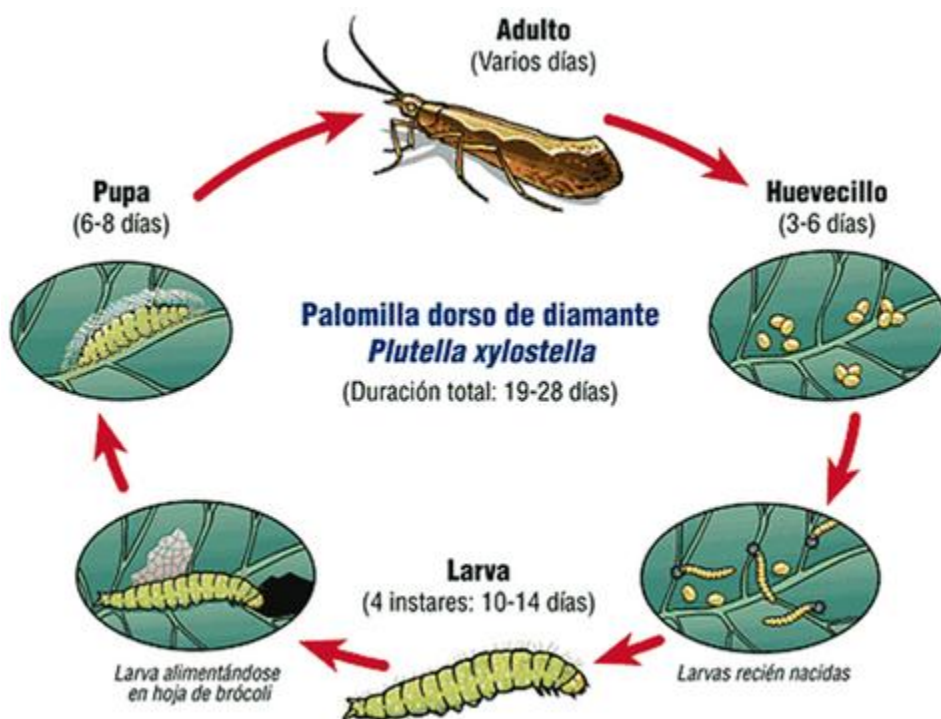
La polilla del dorso diamante (*Plutella xylostella*) es una de las principales plagas de las hortalizas pertenecientes a la familia Brassicaceae, como repollo, coliflor, brócoli y mostaza. Su importancia económica radica en su elevada capacidad reproductiva, corto ciclo biológico y desarrollo de resistencia a numerosos insecticidas, lo que dificulta su manejo (Furlong et al., 2013).



Ciclo biológico

El ciclo de vida comprende cuatro etapas:

- ✚ **Huevo:** depositado de forma individual o en pequeños grupos sobre el envés de las hojas.
- ✚ **Larva:** atraviesa cuatro estadios larvales y es la fase responsable del daño económico.
- ✚ **Pupa:** generalmente se encuentra protegida dentro de un capullo sedoso adherido a la planta.
- ✚ **Adulto:** pequeña polilla de hábitos nocturnos, responsable de la reproducción y dispersión.



El ciclo completo puede durar entre 18 y 30 días, dependiendo de la temperatura ambiental.

Daños

Las larvas consumen el tejido foliar formando perforaciones irregulares y, en infestaciones severas, pueden dejar únicamente las nervaduras de las hojas. En cultivos destinados al consumo fresco, el daño reduce considerablemente la calidad comercial del producto.

Muestreo

Se recomienda realizar inspecciones periódicas en diferentes puntos del cultivo, observando el envés de las hojas para detectar huevos y larvas. El monitoreo temprano permite implementar medidas de manejo antes de que la población alcance niveles de daño económico.

Manejo Integrado

El manejo de *P. xylostella* debe basarse en la integración de varias tácticas:

- ✚ monitoreo frecuente;
- ✚ eliminación de residuos del cultivo;
- ✚ conservación de enemigos naturales;
- ✚ uso de bioinsecticidas como *Bacillus thuringiensis*;
- ✚ rotación de insecticidas con diferente modo de acción cuando sea necesario.

El empleo de estas prácticas contribuye a reducir la presión de selección y retrasar la aparición de resistencia.

2.9 Mildiu de la lechuga (*Bremia lactucae*)

El mildiu de la lechuga, causado por *Bremia lactucae*, es una de las enfermedades más importantes en este cultivo debido a que puede ocasionar pérdidas significativas en condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas. Su desarrollo es favorecido por períodos prolongados de humedad foliar, alta humedad relativa y escasa ventilación dentro del cultivo (Lebeda et al., 2008).

Síntomas y signos

Los primeros síntomas aparecen como manchas amarillentas o verde claro en el haz de las hojas. En el envés se desarrolla una esporulación blanquecina característica del patógeno. A medida que la enfermedad progresa, los tejidos afectados se necrosan y disminuye la calidad comercial del producto.



Condiciones favorables

El desarrollo del mildiu se incrementa cuando existen:

- ✚ Humedad relativa superior al 90 %.
- ✚ Presencia de agua libre sobre las hojas.
- ✚ Temperaturas entre 10 y 20 °C.
- ✚ Escasa circulación de aire.

Estas condiciones favorecen la germinación de las esporas y la infección del tejido vegetal.

Muestreo

Se recomienda realizar inspecciones periódicas, especialmente en las hojas inferiores y en las zonas del cultivo con mayor humedad. La detección temprana permite evitar la rápida propagación de la enfermedad.

Manejo Integrado

Las principales medidas de manejo incluyen:

- ✚ uso de variedades resistentes cuando estén disponibles;
- ✚ eliminación de residuos de cosecha;
- ✚ mejorar la ventilación del cultivo;
- ✚ evitar riegos por aspersión durante las horas de mayor humedad;
- ✚ aplicación oportuna de fungicidas registrados cuando el monitoreo indique riesgo de infección.

2.10 Mancha de Alternaria (*Alternaria brassicicola*)

La mancha de Alternaria, causada por *Alternaria brassicicola*, afecta principalmente cultivos de la familia Brassicaceae, como repollo, coliflor y brócoli. La enfermedad puede presentarse tanto en vivero como en campo, disminuyendo la calidad y el rendimiento de la producción (Agrios, 2005).

Síntomas y signos

Las lesiones son circulares de color café oscuro o negro, generalmente con anillos concéntricos bien definidos. En condiciones favorables las manchas aumentan de tamaño, se unen entre sí y provocan la muerte del tejido afectado.



Condiciones favorables

El desarrollo de la enfermedad se favorece por:

- ✚ alta humedad relativa;
- ✚ lluvias frecuentes;
- ✚ temperaturas entre 20 y 30 °C;
- ✚ presencia de residuos vegetales infectados.

Muestreo

El monitoreo consiste en revisar periódicamente hojas jóvenes y adultas para detectar las primeras lesiones. También es importante inspeccionar los residuos del cultivo, ya que el hongo puede sobrevivir en ellos.

Manejo Integrado

Las principales estrategias de manejo incluyen:

- ✚ utilización de semilla certificada;
- ✚ rotación de cultivos;
- ✚ eliminación de residuos infectados;
- ✚ evitar exceso de humedad en el follaje;

🌱 aplicación de fungicidas preventivos cuando las condiciones ambientales favorezcan la enfermedad.

Estas prácticas reducen la fuente de inóculo y disminuyen la propagación del patógeno dentro del cultivo

2.11 Matriz de Muestreo y Umbrales de Acción en Campo

El monitoreo constituye la base para la toma de decisiones dentro del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Sin embargo, la información obtenida durante las inspecciones solo es útil cuando se compara con un umbral de acción, es decir, el nivel de incidencia o población a partir del cual se recomienda implementar una medida de control para evitar pérdidas económicas.

Una matriz de muestreo organiza la información de cada organismo nocivo e indica el cultivo afectado, el método de evaluación y el umbral que orienta la intervención. Su aplicación permite uniformar los criterios de monitoreo y reducir decisiones basadas únicamente en observaciones subjetivas.

Plaga o enfermedad	Cultivo	Método de muestreo	Umbral de acción
Polilla del dorso diamante	Repollo	Recorrido en "W"; evaluación de 30 plantas (3 hojas/planta)	0.3-0.5 larvas vivas por planta
Mosca blanca	Chiltoma	Revisión de 30 plantas y conteo de adultos por hoja	5 adultos por hoja

Mildiu	Lechuga	Evaluación de 30 plantas distribuidas aleatoriamente	5 % de incidencia
Alternaria	Repollo	Recorrido en zigzag y evaluación visual de lesiones	Presencia de enfermedad y aumento del daño observado

Estos valores permiten determinar cuándo las poblaciones o la enfermedad representan un riesgo para el cultivo y facilitan la selección oportuna de las medidas de manejo.

2.12 Importancia de los umbrales de acción

Los umbrales de acción ayudan a evitar aplicaciones innecesarias de plaguicidas y favorecen un uso más eficiente de los recursos. Además, permiten conservar los enemigos naturales, disminuir el riesgo de resistencia y reducir los costos de producción.

Es importante señalar que los umbrales pueden variar según el cultivo, la etapa fenológica, las condiciones climáticas y el destino de la producción (mercado fresco, industria o exportación). Por ello, deben utilizarse como una guía técnica y ajustarse a las condiciones particulares de cada sistema de producción.

2.13 Recomendaciones para el monitoreo

Para obtener información confiable durante el muestreo se recomienda:

- ✚ realizar recorridos siguiendo siempre el mismo patrón;
- ✚ seleccionar plantas de forma aleatoria y representativa;

- ✚ registrar las observaciones en cada visita;
- ✚ identificar correctamente la plaga o enfermedad;
- ✚ comparar los resultados con los umbrales establecidos antes de decidir una intervención.

La aplicación sistemática de estos procedimientos mejora la oportunidad de las decisiones y fortalece la implementación del Manejo Integrado de Plagas.

2.14 Soluciones MIP: Caldo sulfocálcico

El caldo sulfocálcico es un preparado mineral obtenido mediante la cocción de azufre y cal en agua. Se utiliza como una alternativa dentro del Manejo Integrado de Plagas por su acción sobre algunos insectos, ácaros y enfermedades, además de representar una opción de menor impacto ambiental cuando se emplea correctamente (Penteado, 2010).



Su uso es más efectivo como parte de un programa preventivo e integrado, acompañado de prácticas culturales y monitoreo continuo del cultivo.

Mecanismo de acción

El caldo sulfocálcico actúa principalmente por **contacto**, afectando el desarrollo y la supervivencia de diversos organismos nocivos. Su eficacia depende de factores como la concentración utilizada, la cobertura durante la aplicación y las condiciones ambientales.

Ventajas

Entre los principales beneficios de este preparado destacan:

- ✚ bajo costo de elaboración;
- ✚ fácil preparación con materiales disponibles localmente;
- ✚ menor riesgo de generar resistencia en comparación con algunos plaguicidas sintéticos;
- ✚ compatibilidad con programas de producción sostenible cuando se utiliza adecuadamente.

Recomendaciones de uso

Para obtener buenos resultados se recomienda:

- ✚ preparar el producto siguiendo las proporciones establecidas;
- ✚ filtrar la mezcla antes de aplicarla;
- ✚ realizar aplicaciones en las horas de menor radiación solar;
- ✚ evitar mezclas incompatibles con otros productos;
- ✚ verificar previamente la concentración para prevenir daños al cultivo.

Es importante recordar que el caldo sulfocálcico debe utilizarse como una herramienta complementaria y no como la única medida de manejo.

2.15 Soluciones MIP: Biorepelentes botánicos

Los biorepelentes botánicos son preparados elaborados a partir de extractos de plantas con propiedades repelentes, antialimentarias o insecticidas. Dentro del MIP constituyen una alternativa para disminuir la presión de las plagas, especialmente durante las primeras etapas de infestación.

Su efecto generalmente consiste en reducir la alimentación, la oviposición o la permanencia de los insectos sobre el cultivo, por lo que su aplicación debe realizarse de manera preventiva y con una buena cobertura.

Plantas utilizadas

Entre las especies vegetales más empleadas para la elaboración de biorepelentes se encuentran:

- ✚ neem (*Azadirachta indica*);
- ✚ ajo (*Allium sativum*);
- ✚ chile (*Capsicum* spp.);
- ✚ cebolla (*Allium cepa*);
- ✚ higuierilla (*Ricinus communis*).

La selección de las plantas dependerá de su disponibilidad y del organismo que se desea manejar.

Ventajas

El uso de biorepelentes ofrece diversos beneficios:

- ✚ menor impacto sobre organismos benéficos;
- ✚ reducción del uso de insecticidas convencionales;
- ✚ disponibilidad de materias primas locales;
- ✚ incorporación sencilla dentro de programas de agricultura sostenible.

Consideraciones para su uso

Para mejorar su eficacia se recomienda:

- ✚ preparar los extractos con materia prima fresca y de buena calidad;
- ✚ aplicar inmediatamente después de su elaboración o conservarlos según las recomendaciones técnicas;
- ✚ realizar aplicaciones periódicas debido a su menor persistencia;
- ✚ integrarlos con otras tácticas de manejo como el monitoreo, el control biológico y las prácticas culturales.

El empleo de biorepelentes debe formar parte de una estrategia integral y no sustituir las demás herramientas del Manejo Integrado de Plagas.

III. Preguntas orientadoras

1. ¿Cómo influye la identificación correcta de una plaga o enfermedad en la selección de la estrategia de manejo más adecuada?
2. ¿Por qué el monitoreo y el uso de umbrales de acción son fundamentales antes de decidir una intervención fitosanitaria?
3. ¿Qué ventajas ofrece la integración de métodos culturales, biológicos y químicos frente al uso exclusivo de plaguicidas sintéticos?

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barzman, M., Bàrberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., ... & Lamichhane, J. R. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1199-1215.
- Dent, D. (2000). *Insect Pest Management* (2nd ed.). CABI Publishing.
- Dent, D. (2000). *Insect Pest Management* (2nd ed.). CABI Publishing.
- Flint, M. L. (2012). *IPM in Practice: Principles and Methods of Integrated Pest Management*. University of California Agriculture and Natural Resources.
- Flint, M. L. (2012). *IPM in Practice: Principles and Methods of Integrated Pest Management*. University of California Agriculture and Natural Resources.
- Furlong, M. J., Wright, D. J., & Dosdall, L. M. (2013). Diamondback moth ecology and management: Problems, progress, and prospects. *Annual Review of Entomology*, 58, 517-541.
- Kogan, M. (1998). Integrated Pest Management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43, 243-270.
- Kogan, M. (1998). Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. *Annual Review of Entomology*, 43, 243-270.
- Pedigo, L. P., & Rice, M. E. (2014). *Entomology and Pest Management* (6th ed.). Waveland Press.
- Pedigo, L. P., & Rice, M. E. (2014). *Entomology and Pest Management* (6th ed.). Waveland Press.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



TecnoAgro

**Tecnologías para Mejorar la Producción y
la Productividad Agropecuaria**