

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SALVATIERRA**



**COMPARACIÓN DEL EFECTO DE INSECTICIDAS
SOBRE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL
DE PULGÓN AMARILLO (*Metopolophium dirhodum*)
EN CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)
EN CELAYA GUANAJUATO.**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)**

**Elaborada por:
JUAN CARLOS ORTEGA ZEPEDA**

**Para obtener el título de:
INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

**Director de Tesis:
DR. ADRIÁN LEYTE MANRIQUE**

Salvatierra, Gto.

Marzo, 2025



ANEXO XXXIII.
FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

C. ING. LIZBETH ESTEFANÍA ESCOBAR PANIAGUA
Jefe del Departamento de Servicios Escolares
ITESS

PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto de titulación integral para para su impresión y realización del acto de examen profesional:

Nombre del estudiante y/o egresado:	JUAN CARLOS ORTEGA ZEPEDA
Carrera:	INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE
No. de control:	AG17110404
Nombre del proyecto:	Comparación del efecto de insecticidas sobre las curvas de crecimiento poblacional de pulgón amarillo (<i>Metopolophium dirhodum</i>) en cultivo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) en Celaya Guanajuato.
Producto:	TESIS

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica

M.E. WALTER MANUEL ZÚNIGA MALDONADO
Coordinador de Ing. Innovación Agrícola

Dr. Adrián Leyte Manrique DIRECTOR	ME. Maribel Ramos Aguilar REVISOR 1	Ing. Francisco Méndez Reyes REVISOR 2

* solo aplica para el caso de tesis o tesina

c.c.p. Expediente



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Manuel Gómez Morán #300 Comunidad de Janicho, Salvatierra,
Guanajuato, Méx. C.P. 38900 Tels. 466 663 98 00 Ext. XXXX



INSTITUCION TECNOLOGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA

Tesis

Presentado por:

Juan Carlos Ortega Zepeda

Se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para
obtener el título de

Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable

Aprobado por:

Dr. Adrian Leyte Manrique

Asesor Tesis

M. E. Maribel Ramos Aguilar

Sinodal 1

Ing. Francisco Méndez Reyes

Sinodal 2

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a quienes han sido fundamentales en la realización de esta tesis.

En primer lugar, a mis padres, Arturo Ortega y Martha Zepeda, quienes han sido mi mayor fuente de fortaleza y motivación. Gracias por su amor incondicional, sus sacrificios y por inculcarme desde pequeño los valores de la perseverancia y la dedicación. Sin su apoyo, tanto emocional como económico, este logro no hubiera sido posible. Todo lo que soy y lo que he alcanzado se lo debo a ustedes.

Asimismo, deseo agradecer al Dr. Adrián Leyte Manrique, mi director de tesis, por su guía, paciencia y conocimientos invaluable a lo largo de este proceso. Su apoyo constante y sus enseñanzas me han permitido crecer tanto académica como personalmente, y le estaré eternamente agradecido por su compromiso en cada paso de esta investigación.

También quiero reconocer la invaluable contribución de mis sinodales, la M. E. Maribel Ramos Aguilar y el Ing. Francisco Méndez Reyes, quienes realizaron revisiones minuciosas de este trabajo. Sus observaciones críticas, sugerencias constructivas y atención al detalle fueron esenciales para elevar la calidad de la investigación y asegurar su rigor académico. Agradezco profundamente el tiempo, la dedicación y el profesionalismo que brindaron para enriquecer este proyecto.

Finalmente, a mi novia, Fátima Velázquez, por estar a mi lado en todo momento. Tu amor, paciencia y aliento me han dado la fuerza necesaria para continuar en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí, por apoyarme sin reservas y por ser una compañera increíble en este viaje. Este logro también es tuyo.

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos	6
1.3.1. General	6
1.3.2. Específicos	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.2 Generalidades del cultivo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).....	10
2.2.1. Origen y clasificación	10
2.2.2. Condiciones ecológicas y edáficas del cultivo	11
2.2.3. Descripción botánica	12
2.2.4. Producción de cebada en México	13
2.3.4. Importancia económica de la cebada	14
2.3.5. Panorama mundial	14
2.3.7. Usos de la cebada	16
2.3.8. Plagas.....	17
2.3 Aspectos biológicos y ecológicos del pulgón amarillo <i>Metopolophium dirhodum</i>.	20
2.3.1. Origen	20
2.3.2. Morfología y biología	20
2.3.3. Reproducción	21

2.3.4. Distribución.....	23
2.3.5. Daños del pulgón amarillo en los cultivos	23
2.3.6. Estrategias de control del pulgón amarillo	24
2.3.7. Principales insecticidas químicos utilizados contra el pulgón.....	25
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Área de estudio	26
3.2. Trabajo de campo.....	27
3.3. Muestreo de Campo	29
3.4. Variables ambientales del campo	30
3.5. Trabajo de laboratorio	31
3.6. Análisis de datos	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Prueba de Kruskal-Wallis	33
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
5.1. Conclusiones	37
5.2. Recomendaciones	38
CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA.....	39
Anexo	47
INDICE DE FIGURAS	
Figura 1. Pulgón <i>Metopolophium dirhodum</i>.....	20
Figura 2. Escarabajo <i>Cyclocephala sp.</i> en etapa larval	20
Figura 3. Larva del insecto <i>Lema melanopa</i>.....	21
Figura 4. Saltamontes en la espiga de trigo	21
Figura 5. <i>Anguina tritici</i> conocido como el nematodo de la espiga	22

Figura 6. Ciclo biológico del PAS, Anholocíclico y parcialmente Holocíclico monoécico en Guanajuato.....	25
Figura 7. Área de estudio, Entrada Group de Celaya, en el Campus Industrial Celaya.....	29
Figura 8. Diseño para la aplicación de insecticidas en las parcelas de cebada maltera.....	30
Figura 9. Muestreo del pulgón amarillo (<i>Metopolophium dirhodum</i>) utilizando un pie cuadrado.....	33
Figura 10. Climograma de la estación La Machuca, Celaya.....	33
Figura 11. Identificación de pulgón amarillo (<i>Metopolophium dirhodum</i>)	34
Figura 12. Abundancia del pulgón amarillo (<i>Metopolophium dirhodum</i>). AA = antes y DA = después de la aplicación	37
Figura 13. Colecta de la especie benéfica <i>Hippodamia convergens</i> en el cultivo de cebada.....	52

INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) (Linnaeus, 1753)	13
Cuadro 2. Producción de cebada en México	16
Cuadro 3. Producción de cebada en el mundo.....	19
Cuadro 4. Clasificación taxonómica de <i>Metopolophium dirhodum</i> (Walker, 1849).....	23
Cuadro 5. Fechas de aplicación de insecticidas para el combate contra <i>Metopolophium dirhodum</i>	32
Cuadro 6. Valores de abundancia de <i>Metopolophium dirhodum</i> antes y después de la aplicación de insecticidas.....	36

RESUMEN

El pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) es una plaga de importancia agrícola que afecta diversos cultivos, incluyendo la cebada maltera (*Hordeum vulgare* L.). En el Bajío guanajuatense, particularmente en Celaya, Guanajuato, este insecto representa una amenaza significativa debido a su capacidad de proliferación y daño en las plantas. Su control es esencial para minimizar pérdidas en la producción. Este estudio evaluó y comparó la efectividad de cuatro insecticidas — Confínal®, Beleaf®, Muralla Max® y Karate Zeon®— sobre las curvas de crecimiento poblacional del pulgón amarillo durante un ciclo de producción de cebada en el campo experimental ITESS-Entrada Groups Celaya. Se realizaron cuatro réplicas de diferentes insecticidas, y el muestreo de campo se llevó a cabo de manera sistemática y estandarizada, considerando la abundancia y densidad poblacional del pulgón antes y después de las aplicaciones. Los resultados indicaron que Beleaf® fue el insecticida más efectivo, logrando una reducción poblacional del 63% al bloquear los canales de potasio de los pulgones e inhibir su alimentación. Confínal® redujo la población en un 61% gracias a su acción sistémica y de contacto. Muralla Max® disminuyó el 57% de la población al combinar distintos mecanismos de acción efectivos en varias etapas del pulgón. Finalmente, Karate Zeon® presentó una reducción del 54%, destacando por su formulación microencapsulada que prolonga su efecto residual.

Palabras clave: *Metopolophium dirhodum*, cebada maltera, insecticidas, Celaya, Guanajuato.

ABSTRACT

The yellow aphid (*Metopolophium dirhodum*) is an agriculturally significant pest that affects various crops, including malting barley (*Hordeum vulgare* L.). In the Bajío region of Guanajuato, particularly in Celaya, this insect poses a significant threat due to its rapid proliferation and the damage it causes to plants. Its control is essential to minimize production losses. This study evaluated and compared the effectiveness of four insecticides—Confinal®, Beleaf®, Muralla Max®, and Karate Zeon®—on the population growth curves of the yellow aphid during a barley production cycle at the ITESS-Entrada Groups Celaya experimental field. Four replicas of different insecticides were conducted, and field sampling was carried out systematically and standardized, considering aphid abundance and population density before and after applications. The results indicated that Beleaf® was the most effective insecticide, achieving a 63% population reduction by blocking aphids' potassium channels and inhibiting their feeding. Confinal® reduced the population by 61% due to its systemic and contact action. Muralla Max® decreased the population by 57% by combining different mechanisms of action effective at various aphid stages. Finally, Karate Zeon® achieved a 54% reduction, standing out for its microencapsulated formulation that extends its residual effect.

Keywords: *Metopolophium dirhodum*, malting barley, insecticides, Celaya, Guanajuato.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En las actividades agrícolas, las plagas, generalmente ocasionan pérdidas tanto de producto vegetal como económicas (Zumbado-Arrieta y Azofeifa-Jiménez, 2018). Por lo que una de las alternativas comunes, y más utilizada, es el uso de productos químicos para su erradicación; entendiéndose como plagas "todo ser vivo (bacterias, hongos, virus, plantas, artrópodos, insectos, moluscos, aves y mamíferos), que causa un efecto negativo a la planta y sus estructuras, así como en su rendimiento y disminución de su valor económico (Carapia-Figueroa, 2019; Leyte-Manrique *et al.*, 2021). Siendo los principales productos químicos usados: insecticidas y herbicidas para su combate, principalmente de artrópodos e insectos (Imwinkelfried-Fava, *et al.*, 2013). Asimismo, algunos otros productos químicos se emplean como fertilizantes, como nitratos, fosfatos y potasas, para mejorar el crecimiento y la salud de las plantas (Finck-Arnold. 2021).

En el caso de los insecticidas, estos presentan características específicas, como su acción neurotóxica en los sistemas nerviosos de los insectos (Ponce-Cantu. *et al.*, 2006). Además, pueden ser de amplio espectro, afectando a una amplia variedad de especies de insectos, o de espectro reducido, dirigidos a grupos específicos de insectos. También se clasifican en función de su persistencia en el medio ambiente, siendo algunos de corta duración y otros prolongada (Jiménez-Martínez y García-Mena, 2022). Los insectos son uno de los principales ocupantes en los agroecosistemas y, en ese sentido, pueden ocasionar daño a la planta o alguna de sus estructuras cuando llegan a tener altas densidades de sus poblaciones (Pons y Lloveras, 1999). En ese contexto, resulta primordial el análisis de su comportamiento a partir de aspectos de su dinámica poblacional, como lo es su demografía y algunos aspectos ecológicos (Vera-Graziano, *et al.*, 1997). Siendo un buen modelo de estudio el grupo de insectos de los Hemiptera, como el pulgón *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae), el cual es una especie de difícil erradicación y que hace uso de variadas plantas cultivadas, como son los cereales, siendo el caso de la cebada (*Hordeum vulgare* L.). Cabe mencionar que *M. dirhodum*, representa una amenaza considerable para los cultivos, ya que puede infestarlos en cualquier etapa fenológica, con un impacto particularmente severo durante la etapa vegetativa si no se detecta a tiempo (Zeledón. *et al.*, 2020). Su principal efecto perjudicial radica en la succión de savia de las hojas, lo que reduce la absorción de nutrientes esenciales para el desarrollo y llenado de grano del cultivo. Durante este proceso, el pulgón introduce dos pares de estiletes en la epidermis de las hojas, creando canales salivales y alimenticios que permiten la liberación de enzimas para degradar la pared celular y facilitar el paso

de la savia al tubo digestivo del áfido (Peña-Martínez *et al.* 2017). Además, los daños secundarios incluyen la excreción de mielecilla y la formación del hongo fumagina, que afecta la actividad fotosintética de la planta. El propósito de este estudio es comparar y evaluar la eficacia de cuatro insecticidas químicos sobre las curvas de crecimiento poblacional del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) en el cultivo de cebada en el campo experimental del ITESS ubicado en Entrada Group Celaya, Guanajuato.

1.1. Planteamiento del problema

El pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) es una plaga de importancia agrícola ampliamente documentada en diversos cultivos, incluidos los cereales como la cebada (*Hordeum vulgare*). Este insecto, perteneciente a la familia Aphididae, se alimenta de la savia de las plantas, lo que provoca daños directos como el debilitamiento de los tejidos vegetales, reducción en la fotosíntesis y, en casos severos, la muerte de las plantas (Blackman, y Eastop, 2000). Además, *M. dirhodum* actúa como vector de virus fitopatógenos, lo que incrementa su impacto negativo en los cultivos (Ng. y Perry. 2004). En el Bajío guanajuatense, región reconocida por su producción de cebada maltera, la presencia de esta plaga representa un desafío fitosanitario significativo, ya que afecta tanto el rendimiento como la calidad del grano.

A pesar de su relevancia, los estudios sobre la biología poblacional del pulgón amarillo en sistemas de producción de cebada en esta región son limitados. Aspectos clave como su dinámica poblacional, tasas de crecimiento y factores que influyen en su desarrollo no han sido suficientemente explorados en este contexto específico. La demografía de los pulgones, incluyendo parámetros como la tasa de crecimiento y la capacidad reproductiva, es fundamental para predecir su comportamiento y diseñar estrategias de control efectivas (Carey, 1993). Sin embargo, la falta de datos locales dificulta la implementación de estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) basadas en evidencia científica.

El uso intensivo de insecticidas para el control del pulgón amarillo ha generado preocupaciones tanto económicas como ambientales. Estudios han demostrado que el uso excesivo de estos productos puede alterar la dinámica poblacional de las plagas, favoreciendo la aparición de resistencias y afectando a organismos benéficos como depredadores y parasitoides (Bass. *et al.*,

2015). Además, los insecticidas pueden tener efectos subletales en los pulgones, modificando su comportamiento y capacidad reproductiva, lo que a su vez influye en la dinámica de sus poblaciones (Desneux *et al.*, 2007). En el caso específico de *M. dirhodum*, se requiere evaluar no solo la eficacia de los insecticidas disponibles, sino también su impacto en la estructura y dinámica de sus poblaciones en el cultivo de cebada.

1.2. Justificación

El pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) es una plaga de importancia en cultivos de cereales, incluida la cebada (*Hordeum vulgare*), debido a los daños directos que causa al alimentarse de la savia y a su papel como vector de virus fitopatógenos, lo que puede generar pérdidas significativas en el rendimiento del cultivo (Blackman y Eastop, 2000; Vandenberg. *et al.*, 2012). En el Bajío guanajuatense, donde la producción de cebada continúa en expansión para satisfacer la demanda, esta plaga representa un desafío para los productores. A menudo, el control del pulgón amarillo se basa en el uso de insecticidas químicos sin considerar parámetros demográficos clave, como la abundancia y densidad de sus poblaciones, que pueden evaluarse mediante curvas de crecimiento poblacional. Estas curvas, fundamentadas en modelos demográficos como los propuestos por (Carey, 1993), son esenciales para comprender la dinámica de las plagas y diseñar estrategias de manejo más efectivas. Sin embargo, el uso excesivo de insecticidas puede favorecer la resistencia en las poblaciones de pulgones y afectar negativamente a organismos benéficos, como depredadores y parasitoides (Bass. *et al.*, 2015; Desneux *et al.*, 2007). Por ello, en este estudio se comparó y evaluó el efecto de cuatro insecticidas químicos sobre las curvas de crecimiento del pulgón amarillo durante el ciclo invierno-primavera en un cultivo de cebada en el campo experimental del ITESS Entrada Groups Celaya, Guanajuato. En un contexto general, el analizar el efecto de insecticidas químicos sobre la mortalidad de organismos como los pulgones, son una base que guie los esfuerzos para la generación de propuestas enfocadas a la elaboración de insecticidas no químicos, de tipo orgánico-repelentes. Pues si bien, el efecto de los insecticidas químicos es alto, deben de buscarse soluciones menos invasivas a fin de mantener la biodiversidad de insectos benéficos en los agroecosistemas, y reducir los impactos negativos por químicos.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Comparar el efecto de cuatro insecticidas sobre las curvas de crecimiento del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) en cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el campo experimental del ITESS ubicado en Group Celaya, Celaya, Guanajuato.

1.3.2. Específicos

-Evaluar la eficacia de mortalidad de cuatro insecticidas sobre la población de *Metopolophium dirhodum* en cultivo de cebada.

-Analizar las curvas de crecimiento de *M. dirhodum*, en fechas de aplicación de cuatro químicos a partir de sus valores de densidad poblacional.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Autores como Álvarez-Canelo (2023) evaluó el efecto de diferentes insecticidas sobre la población del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) en cebada maltera (*Hordeum vulgare*) en la zona del Bajío mexicano. El estudio se llevó a cabo en una parcela experimental bajo un diseño de bloques completos al azar y se analizaron insecticidas de dos empresas: la empresa D, con los productos Cf (neonicotinoide) y Cl (mezcla de neonicotinoide y piretroide), y la empresa F, con All (insecticida con actividad sistémica y translaminar) y Bf (piridinocarboxamida con efecto antialimentario). Para evaluar la eficacia de los tratamientos, se realizó un conteo de pulgones antes y después de la aplicación, a los 60 y 90 días después de la siembra. Los resultados mostraron que todos los insecticidas redujeron significativamente la población del pulgón amarillo. El insecticida All presentó el mayor control, con una reducción del 99%, seguido de Bf y Cf con disminuciones del 96% y 91%, respectivamente. Por otro lado, Cl fue el menos efectivo, con una reducción del 85%. El análisis estadístico incluyó un ANOVA (Análisis de Varianza) y la prueba de comparación de medias LSD de Fisher con un nivel de significancia de $\alpha = 0.1$, lo que permitió identificar diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. En términos de densidad poblacional, el conteo inicial en el testigo registró 72 pulgones por pie cuadrado, reduciéndose a 15 tras la aplicación de cipermetrina. Para los tratamientos específicos, la empresa D obtuvo una reducción de 44 a 4 pulgones por pie cuadrado con Cf y de 52 a 8 con Cl. En la empresa F, el insecticida All logró disminuir la densidad de 82 a 1 pulgón por pie cuadrado, mientras que Bf la redujo de 32 a 4 pulgones por pie cuadrado.

Asimismo, Jiménez-Martínez *et al.* (2019); evaluaron el uso de insecticidas químicos, biológicos y botánicos para el manejo del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) en sorgo en Nicaragua. El estudio, realizado en la finca "El Plantel", utilizó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Se probaron los insecticidas Engeo® (tiаметoxam + lambda-cihalotrina) e Imidacloprid®, los biológicos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, además de una mezcla botánica (chile, ajo y jabón). La densidad poblacional del pulgón se registró semanalmente desde los 15 días después de la siembra hasta la cosecha, evaluando ninfas, adultos y alados en 25 plantas por parcela. Los resultados mostraron que

Engeo® e Imidacloprid® fueron los más efectivos, reduciendo significativamente las poblaciones en comparación con el testigo (ANOVA, $p < 0.05$). Engeo® registró en promedio 23.46 ninfas, 2.48 adultos y 0.26 alados por planta, mientras que en el testigo se contabilizaron 135.22 ninfas, 93.80 adultos y 3.86 alados por planta. Los tratamientos biológicos y botánicos ofrecieron un control moderado, con valores más altos de ninfas (*B. bassiana*: 111.17 ninfas/planta; mezcla botánica: 118.93 ninfas/planta) y una mayor presencia de alados, lo que indica menor efectividad en reducir la dispersión del pulgón. El análisis de varianza y la prueba de Duncan ($p = 0.05$) confirmaron diferencias significativas entre tratamientos.

López (2016), evaluó la eficacia de insecticidas como organofosforados (dimetoato) y carbamatos (carbaril) para el control de áfidos en cultivos de cereales en la región del Bajío, México. Los resultados demostraron que el dimetoato logró una reducción del 90% de las poblaciones de áfidos a los cinco días post-aplicación, mientras que el carbaril alcanzó un 80% de efectividad en el mismo período. No obstante, se observó una recuperación poblacional del 30-35% a los 10 días, sugiriendo posibles mecanismos de resistencia o efectos subletales que favorecen la resiliencia de los áfidos. Además, el estudio reportó una reducción del 50% en la abundancia de depredadores naturales (como crisopas y coccinélidos) y un 45% en parasitoides evidenciando el impacto negativo de estos insecticidas en enemigos naturales. Por otro lado, Kalek (2021) menciona la evaluación y efectividad de distintos insecticidas en el control del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) en sorgo en Argentina, empleando una escala adaptada de Bowling *et al.* (2015) para cuantificar la densidad poblacional en hojas, con muestreos a 3, 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA) en estratos inferior y superior. Se probaron Engeo® (tiametoxam + lambdacialotrina), Transform® (sulfoxaflor), Mospilan® (acetamiprid), Starkle® (dinotefuran) e IMI-MAX (imidacloprid), aplicados en dosis específicas por hectárea. A los 3 DDA, Engeo®, sulfoxaflor e imidacloprid lograron reducir la densidad a menos de 30 pulgones por hoja en el estrato inferior y menos de 15 en el superior, mientras que el testigo presentó entre 51-100 pulgones por hoja. A los 7 DDA, estos tratamientos mantuvieron densidades bajas (<25 pulgones/hoja), y a los 14 y 21 DDA continuaron con un control sostenido (<25 pulgones/hoja), destacando Engeo® y sulfoxaflor por su residualidad prolongada. Dinotefuran mostró un aumento en la densidad del pulgón, mientras que acetamiprid presentó una reducción progresiva, pero con menor efecto residual.

Asimismo, Meza-Juárez (2018), evaluó la eficacia de diferentes insecticidas, incluyendo un piretroide, para el control del pulgón negro (*Aphis fabae*) en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en Estado de México. Encontró que *A. fabae*, al alimentarse de la savia de las partes tiernas de la planta, puede causar pérdidas de hasta un 40% en el rendimiento del cultivo, debido tanto a los daños directos como a la producción de mielecilla, la cual favorece el crecimiento de hongos como la fumagina. Por otra parte, para el estado de Guanajuato, se cuenta trabajos como el de Delgado-Ramírez *et al.* (2016), quienes estiman parámetros poblacionales de abundancia en pulgón verde, sin embargo, no llevan a cabo pruebas con insecticidas para el combate de los áfidos. En relación a la zona de estudio “Campus Group Celaya”, no se cuenta con estudios sobre parámetros demográficos y valoraciones el efecto de insecticidas en los valores de abundancia y densidad de especies como *Metopolophium dirhodum*.

2.2 Generalidades del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*).

2.2.1. Origen y clasificación

La cebada es una de las plantas cultivadas más antiguas, originándose en las cercanías de los ríos Tigris y Éufrates, en la antigua Persia y el norte de África, específicamente en lo que hoy es Egipto. Su domesticación se dio al mismo tiempo que la del trigo, y su difusión fue similar. Los egipcios la emplearon inicialmente para la elaboración de cerveza (Salas-Salvado *et al.*, 2005). Con el tiempo, su cultivo se extendió a Nepal, India, China, y también a Marruecos, sugiriendo múltiples centros de origen en la región del Mediterráneo y el Tíbet (Molina-Cano, 1989; Molina-Cano *et al.*, 1987). La cebada cultivada corresponde a la especie *Hordeum vulgare* L. Var. Vulgare, cuyo antecesor silvestre es *Hordeum spontaneum* Koch (Bard *et al.*, 2000). El número de hileras en la espiga es determinado por cinco loci genéticos, siendo el gen Vrs1 el principal responsable del tipo de cebada de dos hileras (alelo dominante) o seis hileras (alelo recesivo) (Lundqvist y Lundqvist, 1998). Según en el Species Plantarum 1:84-85.1753, por Linnaeus, Carl Von, la cebada se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Categoría Taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
Superdivisión	Espermatófita
División	Angiospermae
Clase	Monocotyledonae
Subclase	Commelínidae
Grupo	Glumiflora
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>Hordeum vulgare</i>

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la cebada. Linnaeus-Carl. (1753).

La cebada (*Hordeum vulgare*), descrita por Carlos Linneo y publicada en *Species Plantarum* en 1753, es uno de los cultivos más antiguos. Este cereal ha tenido un papel fundamental en la agricultura, así como en el desarrollo de las civilizaciones humanas (Moreno-Amores, 2014).

2.2.2. Condiciones ecológicas y edáficas del cultivo

La cebada es un cultivo con alta adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas y edáficas, lo que la hace apta para diferentes tipos de suelo. Aunque no es particularmente exigente, su desarrollo óptimo se logra en suelos ligeros, bien drenados y fértiles, siendo preferibles los de textura media como los francos o franco-arenosos. Para garantizar un adecuado desarrollo radicular, se requiere una profundidad mínima de 30 cm. Este cultivo es tolerante a la salinidad y a los suelos alcalinos, pero su rendimiento disminuye significativamente en suelos ácidos, desarrollándose mejor en un rango de pH de 6.5 a 8.0 (Beltrán-López *et al.*, 2011). En términos de requerimientos hídricos, la cebada necesita entre 380 y 660 mm de precipitaciones distribuidas uniformemente durante su ciclo. La etapa inicial del cultivo demanda mayor cantidad de agua en comparación con la fase final. Aunque tolera mejor la sequía que el exceso de agua, tanto las lluvias intensas como las sequías prolongadas afectan su desarrollo. En regiones semiáridas, la cebada muestra un rendimiento superior al de otros cereales, lo que la convierte en una opción viable para estas zonas (Luna-Chalacan, 2014; Beltrán-López *et al.*, 2011).

Respecto a sus necesidades térmicas, la germinación de la cebada ocurre de manera óptima a partir de los 6 °C. Durante la floración, requiere una temperatura media de 16 °C, y en la etapa de llenado del grano, alrededor de 20 °C. Este cultivo se adapta mejor a climas frescos y moderadamente secos, pero temperaturas elevadas en la etapa de llenado pueden afectar negativamente la calidad de las variedades malteras (Luna-Chalacan, 2014; Hernández-Martínez. 2006). Por lo que es importante evitar suelos compactos, ya que dificultan tanto la germinación como el desarrollo inicial de las plantas. Además, suelos con alto contenido de nitrógeno pueden inducir el vuelco de las plantas y aumentar el contenido de proteína en el grano, lo que afecta la calidad industrial de la cebada maltera (Luna-Chalacan, 2014).

2.2.3. Descripción botánica

El sistema radicular de la cebada es predominantemente superficial, con aproximadamente un 60% del peso radicular concentrado en los primeros 25 cm de suelo, pudiendo alcanzar una profundidad de hasta 1.2 m, dependiendo de las características edáficas y la temperatura del suelo. El sistema de raíces se compone de dos tipos: las raíces seminales, cuya principal función es el anclaje de la planta y la absorción de nutrientes en las etapas tempranas del desarrollo, y las raíces adventicias, que emergen de la base del tallo y se ramifican en el crecimiento de la planta adulta (Luna-Chalacan, 2014; Guañuna-Juñia, 2014). El tallo de la cebada, caracterizado por su forma cilíndrica, presenta nudos sólidos y entrenudos huecos, con una altura variable entre 0.50 y 1.0 m, dependiendo de la variedad. La planta tiene una corona principal capaz de generar macollos secundarios, cuya cantidad y longitud están influenciadas por factores como la densidad de siembra, el genotipo y las condiciones ambientales. La transición hacia el raquis en la espiga se marca por el pedúnculo (Hernández-Martínez, 2006; Luna-Chalacan, 2014).

Las hojas de la cebada son simples y estrechas, con un ápice acuminado y una coloración verde clara. Cada hoja se compone de la vaina, la lámina, las aurículas y la lígula, siendo la vaina la que rodea completamente el tallo. La hoja bandera, que suele ser la más pequeña, tiene una vaina más desarrollada y cumple la función de proteger la espiga joven antes de su emergencia (Luna-Chalacan, 2014; Guañuna-Juñia, 2014). En cuanto a la espiga, esta se caracteriza por un raquis central del cual surgen tres espiguillas unifloras en cada nudo. La cebada puede clasificarse en función de la fertilidad de las espiguillas en seis, dos o cuatro hileras, lo que da lugar a las subespecies *hexastichum*, *distichum* y *tetrastichum*, respectivamente. La polinización es autógama y ocurre antes de la emergencia de la espiga (Moreno-Amores, 2014; Hernández-Martínez, 2006).

2.2.4. Producción de cebada en México

El cultivo de cebada maltera es fundamental para la agricultura mexicana, no solo por su importancia en la producción de alimentos, sino también por su papel crucial en la industria cervecera, que es un sector clave para la economía nacional. En 2020, México destinó un total de 357,994.34 hectáreas (Cuadro 2). La producción de cebada maltera, con Guanajuato destacando como el principal estado productor, al sembrar 68,262.16 hectáreas y registrar una producción de 349,047.44 toneladas, lo que representa los mayores rendimientos del país con 5.11 toneladas por hectárea (SIAP, 2023).

Cuadro 2. Producción de cebada en México 2023.

Estado	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Valor de producción (Millones \$)	Participación porcentual
Guanajuato	66,192	339,782	5.1	2,222.7	33.2
Hidalgo	105,138	191,923	1.8	1,352.5	18.7
Tlaxcala	52,325	134,081	2.6	896.3	13.1
Puebla	32,117	98,694	3.1	453.8	9.6
Chihuahua	10,419	60,709	5.8	376.8	3.8
México	32,038	53,667	1.7	277.2	5.2
Zacatecas	22,775	43,637	1.9	323.0	4.3
Durango	11,114	39,785	3.6	255.8	3.2
Michoacán	3,862	23,718	6.1	122.6	2.3
Querétaro	3,511	21,412	6.1	123.1	2.1
Jalisco	2,617	12,048	4.8	84.2	1.2
Baja California	2,108	2,564	1.2	4.2	0.3
Veracruz	476	653	1.4	3.3	0.1
San Luis Potosí	831	384	0.5	1.7	0.0
Oaxaca	167	299	1.8	1.7	0.0
Nuevo León	220	220	1.0	1.2	0.02
Total	345,910	1,023,970	3.0	6,380.1	100%

Fuente: Elaborado con información del (SIAP, 2023).

Sin embargo, y a pesar de la relevancia del cultivo de cebada, la producción nacional ha mostrado una tendencia a la baja en la última década. Entre 2003 y 2016, la superficie sembrada y los volúmenes de producción disminuyeron en un 9.54 % (SAGARPA, 2017). Esta reducción puede estar vinculada a diversos factores, tales como los cambios en los precios internacionales

de la cebada, las variaciones climáticas y el desplazamiento de tierras agrícolas hacia cultivos más rentables.

2.3.4. Importancia económica de la cebada

La cebada (*Hordeum vulgare*) es un cultivo estratégico a nivel global y nacional debido a su relevancia económica. Su principal uso es la producción de malta para la industria cervecera, lo que representa más del 60% de su demanda mundial. También se emplea como forraje, en la alimentación animal, y como cereal para consumo humano en regiones específicas. En el caso de México, la cebada destaca como uno de los principales cultivos para la producción de malta cervecera, con una creciente demanda debido a la expansión de la industria cervecera nacional e internacional. Para nuestro país, se produjeron más de 1.2 millones de toneladas de cebada, representando ingresos significativos para las economías locales, especialmente en los estados del Bajío, como Guanajuato, Querétaro y Michoacán (SIAP, 2023).

2.3.5. Panorama mundial

La cebada (*Hordeum vulgare*) es el cuarto cereal más producido a nivel mundial, después del maíz, el arroz y el trigo. Europa concentra el 50 % de la superficie sembrada y el 63 % del volumen de producción, alcanzando 90 millones de toneladas anuales con un rendimiento promedio de 4.0 toneladas por hectárea, aunque existe una tendencia a la disminución en la demanda global de este cereal (Abbassian, 2010). Los principales países productores de cebada son la Unión Europea, Rusia, Australia y Canadá. La Unión Europea lidera la producción con 47.85 millones de toneladas, representando el 34 % de la producción mundial. Rusia ocupa el segundo lugar con 20.5 millones de toneladas, equivalente al 14 % de la producción global. Australia, con 10.8 millones de toneladas (8 % del total mundial), se posiciona en tercer lugar, seguida de Canadá, que aporta 8.9 millones de toneladas (6 % de la producción mundial), Turquía y el Reino Unido también destacan con 8.0 y 6.9 millones de toneladas, respectivamente (USDA, 2023).

En América, los principales productores son Canadá, Estados Unidos, Argentina y México. Canadá encabeza la lista con 8.38 millones de toneladas anuales, en una superficie de 2.39 millones de hectáreas y un rendimiento promedio de 3.4 toneladas por hectárea. Estados Unidos produce 4.03 millones de toneladas, con 800,480 hectáreas sembradas y un rendimiento de 4.2 toneladas por hectárea. Argentina alcanza 5.1 millones de toneladas, con un rendimiento similar de 4.2 toneladas por hectárea en 1.2 millones de hectáreas. México ocupa el lugar 19 en la producción mundial de cebada, con 700,000 toneladas anuales, representando aproximadamente el 1 % de la producción global. La superficie sembrada en el país es de 352,113 hectáreas, con un rendimiento promedio de 2.9 toneladas por hectárea (USDA, 2023). A nivel regional, otros países como Uruguay (700,000 toneladas), Bielorrusia (1.1 millones de toneladas) y Azerbaiyán (1.06 millones de toneladas) superan a México en producción, aunque con superficies y rendimientos variables.

A nivel mundial, los países con menor producción incluyen Egipto (90,000 toneladas), Túnez (89,000 toneladas) y Libia (100,000 toneladas), que representan una fracción mínima del mercado global de cebada maltera. Estos datos reflejan la importancia de la Unión Europea como la región de mayor producción y productividad a nivel global, mientras que América mantiene una participación significativa con Canadá, Estados Unidos y Argentina como principales productores. México, aunque con una menor producción, sigue siendo un actor relevante en el continente (USDA, 2023; Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción de cebada en el mundo 2023.

Lugar	País	% Producción Mundial	Producción (1000 MT)	Lugar	País	% Producción Mundial	Producción (1000 MT)
1	Unión Europea	34	47,857	21	Noruega	0	600
2	Rusia	14	20,500	22	Serbia	0	520
3	Australia	8	10,800	23	Siria	0	500
4	Canadá	6	8,905	24	Brasil	0	455
5	Turquía	6	8,000	25	Kirguistán	0	382
6	Reino Unido	5	6,953	26	Sudáfrica	0	377
7	Ucrania	4	6,350	27	Nueva Zelanda	0	358
8	Argentina	4	5,100	28	Japón	0	240
9	Estados Unidos	3	4,029	29	Moldova	0	220
10	Irán	2	3,000	30	Perú	0	211
11	Kazajistán	2	2,614	31	Iraq	0	200
12	Etiopía	2	2,450	32	Chile	0	189
13	China	1	2,000	33	Suiza	0	188
14	India	1	1,913	34	Uzbekistán	0	155
15	Marruecos	1	1,350	35	Macedonia del Norte	0	140
16	Bielorrusia	1	1,100	36	Tayikistán	0	140
17	Azerbaiyán	1	1,067	37	Afganistán	0	110
18	Argelia	1	1,025	38	Libia	0	100
19	México	1	700	39	Egipto	0	90
20	Uruguay	0	700	40	Túnez	0	89

Fuente: USDA (2023).

2.3.7. Usos de la cebada

El grano de cebada tiene diversos usos, siendo su principal destino la utilización como forraje, que representa aproximadamente el 70 % de su producción total. En comparación con otros cereales, la cebada destaca por su alto valor forrajero, ya que tanto el grano como la paja son aprovechados. En países desarrollados, la paja de cebada se emplea comúnmente como cama para animales y, en algunos casos, como alimento para determinadas categorías de ganado (Esquisabel, 2022).

2.3.8. Plagas

2.3.8.1. Pulgones

Los áfidos representan una amenaza significativa para el cultivo de cebada, especialmente *Metopolophium dirhodum*, reconocido como el principal vector del Virus del Enanismo Amarillo. Entre las especies más relevantes que afectan a este cereal se encuentran el pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*), el pulgón de la espiga (*Sitobium avenae*), el pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*) y el pulgón de la avena (*Rhopalosiphum padi*). Para su manejo, se ha demostrado que los insecticidas fosforados y carbamatos ofrecen un control eficiente de estas plagas (Rosales-Ledesma, 1999) (Figura 1).



Figura 1. Pulgón *Metopolophium dirhodum* (iNaturalist,MX, 2025).

2.3.8.2. Gallina ciega

Estos insectos provocan severos daños a las raíces de los cultivos atacados, que incluyen además de los cereales de invierno, se han identificado dos especies principales: el bicho candado (*Diloboderus abderus*) y el escarabajo claro (*Coelocephala* sp.). Esta plaga provoca los mayores daños en otoño, invierno y primavera, mientras los adultos tienen su periodo de mayor actividad desde diciembre hasta marzo (Rosales-Ledesma, 1999) (Figura 2).



Figura 2. Escarabajo *Cyclocephala* sp. en etapa larval (Generación Verde, 2016).

2.3.8.3. Larva del Insecto (*Lema melanopa*).

Se alimenta del parénquima de las hojas de cebada produciendo aparentes pérdidas de masa fotosintética; en caso de ataques intensos consumen totalmente las hojas y pueden llegar a cortar los tallos en la base de las espigas y provocar grandes pérdidas (Rosales-Ledesma, 1999) (Figura 3).



Figura 3. Larva del insecto (*Lema melanopa*) (Agroramón, 2015).

2.3.8.4. Saltamontes

Saltamontes y langostas son una de las plagas más graves del cultivo en muchas áreas del mundo. Los saltamontes se alimentan de las hojas y provocan daños en los márgenes o cortan grandes porciones del tejido de las hojas, llegando a mordisquear los brotes. La hembra pone alrededor de 200 a 400 huevos por un periodo de algunas semanas (Rosales-Ledesma, 1999) (Figura 4).



Figura 4. Saltamontes en la espiga trigo (Pxfuel, 2016).

2.3.8.5. Nematodos

Los nematodos también perjudican los cultivos de la cebada, sobre todo en años de otoño poco lluviosos. Los síntomas del ataque de nematodos se presentan en zonas concretas de las parcelas infectadas formando rodales en los que las plantas se desarrollan con mucha dificultad, enanizándose y amarilleando. Las especies que parasitan las plantas de cereales producen granos mecánicos, nódulos en las raíces, agallas y distorsión de alguna parte de la planta; Nematodo de la Agalla (*Anguina tritici*) y Nematodo nodulador de raíces (*Meloidogyne* sp.). Los nematicidas y los fumigantes del suelo son efectivos para controlar la mayoría de los nematodos, pero rara vez son económicos en cultivos de cereales. El control más efectivo se logra por medio de rotaciones de cultivos que incluyen especies resistentes (Rosales-Ledesma, 1999) (Figura 5).



Figura 5. *Anguina tritici* conocido como el nematodo de la espiga (Borauhermanos, 2016).

2.3 Aspectos biológicos y ecológicos del pulgón amarillo *Metopolophium dirhodum*.

2.3.1. Origen

El pulgón amarillo de los cereales (*Metopolophium dirhodum*) fue identificado por primera vez en México en 1968. Este insecto, que pertenece a la familia Aphididae, es una plaga que afecta principalmente a cultivos de cereales como la cebada, el trigo y la avena (Blasco y Torres, 1977) (Cuadro 4).

Categoría	Nombre
Reino	Animalia (Animales)
Filo	Arthropoda (Artrópodos)
Clase	Insecta (Insectos)
Orden	Hemiptera Linnaeus, 1758 (Hemípteros)
Suborden	Sternorrhyncha Amyot & Audinet-Serville, 1843
Infraorden	Aphidomorpha Heslop-Harrison, 1952
Superfamilia	Aphidoidea Latreille, 1802
Familia	Aphididae Latreille, 1802
Subfamilia	Aphidinae Latreille, 1802
Tribu	Macrosiphini Wilson, 1910
Género	<i>Metopolophium</i> Mordvilko, 1914
Especie	<i>Metopolophium (Metopolophium) dirhodum</i> (Walker, 1849)

Cuadro 4. Clasificación taxonómica (*Metopolophium dirhodum*) Walker, 1849.

2.3.2. Morfología y biología

Metopolophium dirhodum, conocido como el pulgón amarillo del follaje de la cebada, presenta hembras ápteras y aladas vivíparas. Las hembras ápteras tienen un cuerpo de color amarillo verdoso a rosado con una franja dorsal verde brillante característica. Estas formas miden entre 1.6 y 2.9 mm de longitud. Sus antenas son largas y sobrepasan la base de los sifones; los extremos de los antenitos tienen un color más oscuro. Los sifones o cornículos son largos, cilíndricos y del mismo tono pálido del cuerpo, al igual que las patas y la cauda. Por otro lado, las hembras aladas presentan un abdomen verde, pero sin la franja dorsal bien marcada. Su tamaño varía entre 1.6 y

3.3 mm. Las antenas de las formas aladas son predominantemente oscuras, con la base del artejo III más clara. Los sifones son ligeramente más oscuros que el cuerpo, con un reborde café oscuro, y la cauda es pálida (Blackman y Eastop, 2000).

Los pulgones amarillos presentan un ciclo de vida caracterizado por un desarrollo incompleto o paurometábolo, en el cual las ninfas, que representan las etapas juveniles, comparten una morfología similar a la de los adultos y carecen de una etapa pupal. La reproducción predominante en esta especie es partenogenética y vivípara, lo que permite a las hembras generar progenie genéticamente idéntica sin necesidad de fecundación. Este mecanismo de reproducción clonal promueve un incremento poblacional acelerado. Sin embargo, bajo determinadas condiciones ambientales, pueden activarse ciclos sexuales, lo que conduce a la producción de huevos como estrategia adaptativa (Van-Emden y Harrington, 2017). El desarrollo postembrionario abarca cuatro estadios ninfales antes de alcanzar la madurez, momento en el que los adultos pueden presentarse en formas ápteras o aladas. La expresión de estas formas fenotípicas responde a un polimorfismo y polifenismo regulados por variables como la calidad nutricional del hospedero y la densidad poblacional. Factores como la disminución en el valor nutricional de la planta o el hacinamiento inducen la producción de formas aladas, favoreciendo la dispersión y colonización de nuevos hospederos. En promedio, el ciclo de vida, desde la eclosión hasta la madurez reproductiva, se completa en aproximadamente siete días, mientras que el número de generaciones anuales varía en función de las condiciones ambientales predominantes (Dixon 1989).

2.3.3. Reproducción

El pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) exhibe un ciclo reproductivo flexible, adaptado a las condiciones ambientales. En climas templados, alterna entre reproducción sexual y asexual a lo largo del año. Durante el otoño e invierno, con bajas temperaturas y fotoperíodos reducidos, se lleva a cabo la fase sexual, en la cual se desarrollan hembras ovíparas y machos. Estas formas sexuales producen huevos resistentes, que aseguran la persistencia de la población en condiciones adversas (Remaudière, 1953). Con la llegada de la primavera y la abundancia de recursos, predomina la reproducción asexual partenogenética y vivípara. Las hembras asexuales generan crías vivas genéticamente idénticas, lo que favorece un crecimiento poblacional exponencial y la

colonización de hospederos secundarios, como los cereales (Peña-Martínez, 1992). En zonas donde las condiciones no favorecen la reproducción sexual, *M. dirhodum* adopta un ciclo anholocíclico, basado únicamente en formas asexuales (Peña-Martínez *et al.*, 2018; Ver Figura 6). Este comportamiento es frecuente en regiones con inviernos menos severos o en áreas donde no existen plantas hospederas primarias indispensables para completar el ciclo sexual. Además, la formación de formas aladas dentro de las poblaciones, un fenómeno regulado por la calidad del hospedero y la densidad poblacional, permite la dispersión hacia nuevos ambientes. Este mecanismo asegura la expansión y persistencia de la especie en diversos ecosistemas, demostrando su notable capacidad de adaptación a condiciones ecológicas cambiantes (Remaudière, 1953; Peña-Martínez, 1992; Van-Emden y Harrington, 2017).

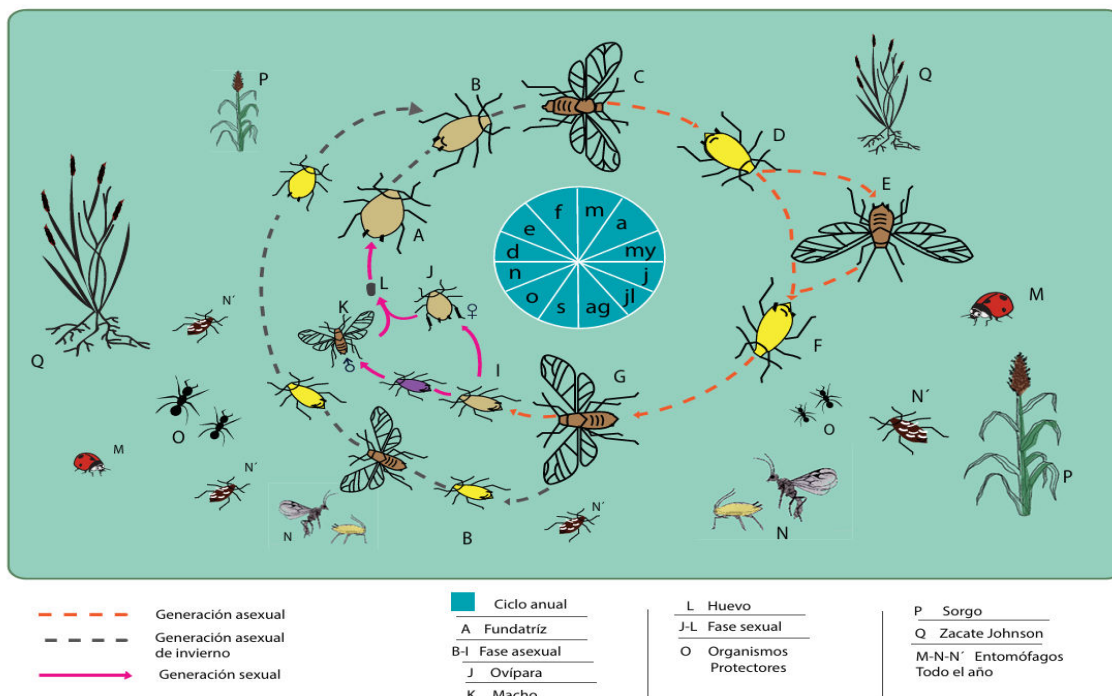


Figura 6. Ciclo biológico del PAS, Anholocíclico y parcialmente Holocíclico monoécico en Guanajuato (Peña-Martínez, 2018).

2.3.4. Distribución

El pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) es una especie de amplia distribución geográfica, que abarca diversas regiones del mundo, principalmente en zonas frías. Su presencia es notable en gran parte de Europa Occidental, Nueva Zelanda y Brasil. Además, se encuentra distribuido en muchas regiones de América Latina, donde su incidencia se extiende desde el norte hasta el sur del continente, aunque está ausente o presenta poblaciones limitadas en las áreas tropicales. En México, el pulgón amarillo es común en la mayoría de las regiones del país, pero su distribución está restringida en las zonas tropicales. Los estados mexicanos donde su presencia es menos frecuente incluyen Colima, Nayarit, Jalisco, Tamaulipas, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, donde las condiciones climáticas cálidas y húmedas limitan su proliferación (Peña-Martínez, 1992; Blackman y Eastop, 2000). A nivel global, *M. dirhodum* se encuentra adaptado a una variedad de hábitats en zonas templadas, prosperando en cultivos de cereales como la cebada y el trigo. Su distribución está influenciada por las condiciones climáticas, particularmente las bajas temperaturas, que favorecen la persistencia de la especie a través de sus formas sexuales, las cuales permiten que el pulgón supere las estaciones desfavorables en regiones con inviernos severos (Remaudière, G. 1953). Sin embargo, en climas más cálidos y tropicales, su ciclo de vida se adapta mediante la reproducción asexual, lo que facilita su rápida proliferación en estos ambientes (Remaudière, 1953; Peña-Martínez, 1992; Van-Emden y Harrington, 2017). El cambio climático también ha alterado la distribución de esta plaga, permitiendo que se expanda hacia nuevas áreas, como ha sido el caso en algunas zonas del norte de América, donde la especie ha comenzado a aparecer en cultivos donde antes no se registraba (Bowling *et al.*, 2016). Este fenómeno se debe a la adaptación del pulgón a temperaturas más altas, que permiten su establecimiento en nuevos cultivos y regiones.

2.3.5. Daños del pulgón amarillo en los cultivos

El pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) causa una serie de daños tanto directos como indirectos en los cultivos que afecta. Su impacto directo proviene de la succión de savia de las plantas, lo cual genera una alteración en el crecimiento normal de los cultivos, que se traduce en el amarillamiento de las hojas y una reducción en la tasa de crecimiento de la planta. Este daño en las hojas inferiores afecta principalmente la fotosíntesis, disminuyendo la capacidad de la planta

para producir energía. Cuando las infestaciones son de alta densidad, los daños se amplifican, afectando la producción final al reducirse el número de granos por espiga, lo que conlleva a una merma significativa en el rendimiento de los cultivos (Farrell y Stufkens, 1988). Además de estos daños directos, *M. dirhodum* es un vector de varios virus, lo que contribuye a un daño indirecto considerable en los cultivos afectados. Entre los virus más relevantes que transmite este pulgón se encuentran el virus del Achaparramiento Amarillo de la Cebada, el virus del Mosaico del Abacá, el Enanismo Amarillo de la Cebolla, y el Mosaico del Maíz. La transmisión de estos virus agrava los daños causados, ya que afecta la sanidad de las plantas, debilitándolas aún más y reduciendo su capacidad de desarrollo y rendimiento (La Rossa y Paglioni, 2005).

El pulgón comienza su ataque en las hojas inferiores de las plantas, donde se establece preferentemente en la cara abaxial, y a medida que la infestación progresa, se desplaza hacia las hojas superiores e incluso hacia la espiga. Este ataque generalmente inicia en primavera, durante el periodo de encañazón hasta la espigazón, es decir, desde mediados de septiembre hasta mediados de noviembre. En condiciones de alta población, el daño no solo afecta la calidad y cantidad de los granos, sino también puede comprometer la viabilidad de la planta a largo plazo debido a la debilitación progresiva de la misma (Farrell y Stufkens, 1988).

2.3.6. Estrategias de control del pulgón amarillo

El control del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) en los cultivos de cebada abarca diversas estrategias. El control químico es una de las herramientas más utilizadas, destacando la eficacia de insecticidas como los piretroides, organofosforados y neonicotinoides. Sin embargo, el uso excesivo de estos productos ha generado resistencia en las poblaciones de pulgones, además de afectar negativamente a los enemigos naturales de la plaga. En Guanajuato, estudios han mostrado un aumento del 35-50% en las enzimas detoxificantes en pulgones sometidos a aplicaciones continuas de insecticidas. El control cultural también juega un papel importante. Prácticas agrícolas como la rotación de cultivos, la eliminación de hospederos alternativos y la adecuación de las fechas de siembra pueden disminuir significativamente la incidencia del pulgón amarillo. Asimismo, el manejo adecuado de rastrojos y una fertilización equilibrada contribuyen a reducir el estrés en las plantas, haciéndolas menos propensas al ataque de plagas. En cuanto al control genético, el desarrollo de variedades de cebada con resistencia al pulgón amarillo

constituye una alternativa sostenible. Algunas variedades han demostrado tener tolerancia o resistencia natural, lo que permite reducir la dependencia de los insecticidas (CIMMYT, 2023).

2.3.7. Principales insecticidas químicos utilizados contra el pulgón

Confinal® es una formulación que combina Imidacloprid y Bifentrina (COFINAL, 2020). El Imidacloprid, un neonicotinoide sistémico, actúa afectando el sistema nervioso de los insectos tanto por contacto como por ingestión, mientras que la Bifentrina, un piretroide sintético, produce una acción rápida por contacto e ingestión que conduce a una parálisis inmediata. Esta combinación ofrece un control dual efectivo y minimiza el riesgo de desarrollo de resistencia. La recomendación técnica es diluir 54 ml de Full Extensor y 54 ml de Confinal® en 108 litros de agua, aplicando la mezcla con una aspersora calibrada a 1 bar y 14 rpm para asegurar una cobertura uniforme.

Beleaf® contiene como ingrediente activo el Flonicamid, una piridinocarboxamida con acción sistémica y translaminar que genera un efecto antialimentario inmediato en las plagas, siendo selectivo con los artrópodos beneficiosos (Royer., 2015; FMC, 2018). La formulación técnica consiste en mezclar 54 ml de Full Extensor y 54 g de Beleaf® en 108 litros de agua, utilizando el mismo método de aspersión para garantizar una distribución homogénea.

Muralla Max® combina Imidacloprid y Betacyfluthrin (Bayer, 2013) y actúa tanto de manera sistémica como por contacto, siendo eficaz contra adultos, estados inmaduros de insectos chupadores, larvas de lepidópteros y algunos coleópteros. Su aplicación se recomienda en una dosis de 54 ml de producto diluido en 108 litros de agua, utilizando el mismo sistema de aspersión.

Karate Zeon® tiene como ingrediente activo a la Lambda-Cialotrina, la cual actúa rápidamente por contacto e ingestión, alterando el sistema nervioso de los insectos y provocando su muerte (Syngenta, 2017). Se recomienda diluir 54 ml de Karate Zeon® en 108 litros de agua, manteniendo la misma técnica de aspersión.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

Durante el período comprendido entre diciembre de 2020 y mayo de 2021, se llevó a cabo el trabajo de campo en el campo experimental del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Salvatierra (ITESS), ubicado en Entrada Group de Celaya, en el Campus Industrial Celaya, Km 17, en la zona de Celaya, Salvatierra, Guanajuato. Las coordenadas geográficas del sitio son: 20° 21' 59.5" latitud N y 100° 48' 16.5" longitud O (Figura 1) Este campo experimental se encuentra en una región que presenta un clima templado semi-seco-tropical, caracterizado por una vegetación xerófila, según la clasificación de Rzedowski, J. (1978). Las condiciones climáticas anuales muestran una temperatura máxima promedio de 33.4°C, una mínima de 2°C y una temperatura anual promedio de 18.1°C. En cuanto a la precipitación, esta oscila entre 700 y 750 mm en promedio anual (INEGI, 2019).

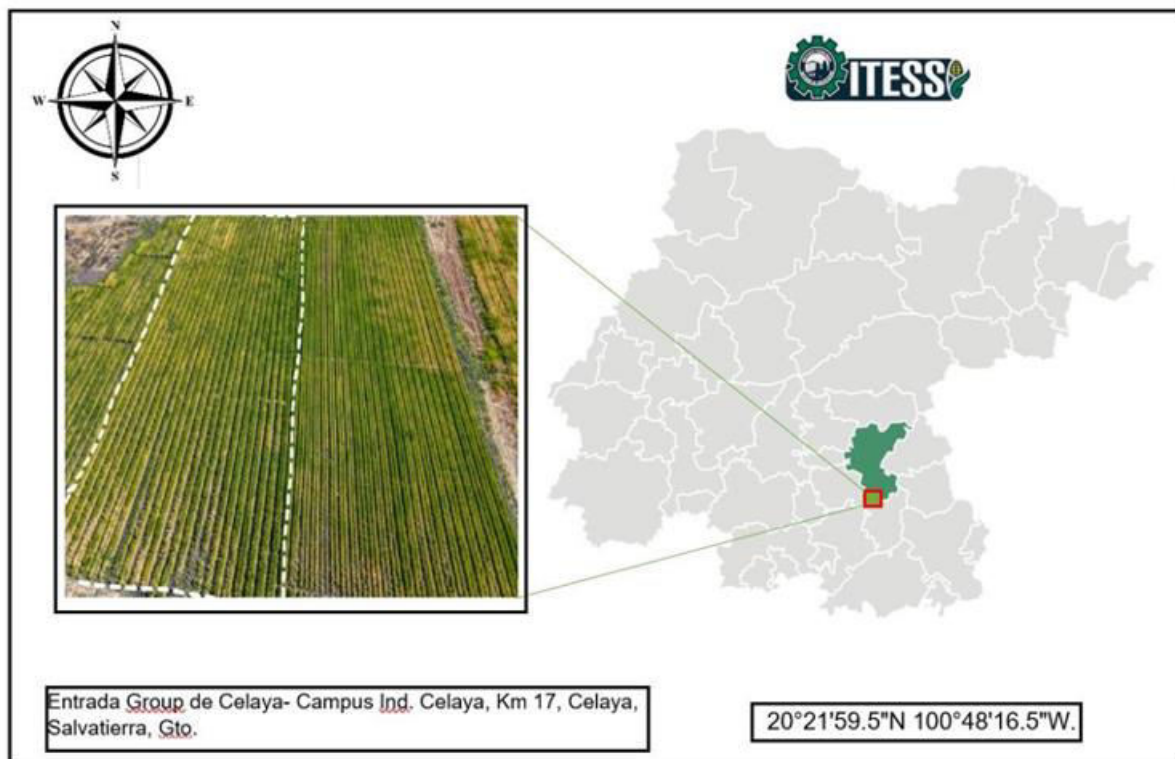


Figura 7. Área de estudio, Entrada Group de Celaya, en el Campus Industrial Celaya.

3.2. Trabajo de campo

El presente estudio se llevó a cabo en diciembre del 2020 a mayo de 2021 en el campo experimental entrada Group Celaya. Previo al monitoreo de *Metopolophium dirhorum*, se preparó el sitio de siembra, y sembró la semilla variedad P100 (2H) de cebada maltera *Hordeum vulgare* con apoyo de una sembradora mecanizada para garantizar la uniformidad en la distribución de la semilla (Goulson *et al.*, 2015). Para ello, se determinó una superficie de 3,680 metros cuadrados, con un diseño a 23 melgas de 100 metros de largo x 1.6 metros de ancho, y de seis hileras. A lo largo del experimento, se realizaron cuatro réplicas de diferentes insecticidas, con el objetivo de evaluar la eficacia de los insecticidas en el control de áfidos y analizar las curvas de crecimiento de estas poblaciones en campo (Kogan y Heinrichs, 2020).

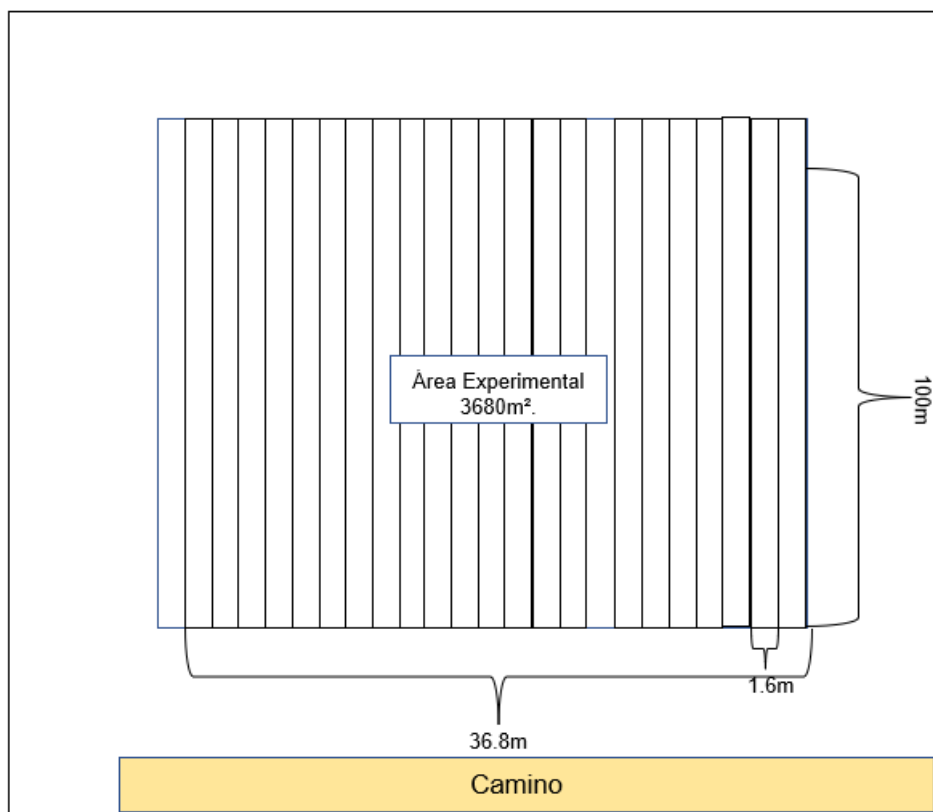


Figura 8. Diseño para la aplicación de insecticidas en las parcelas de cebada maltera.

El suelo del área experimental presentó características propias de la región de Celaya, Guanajuato, siendo un suelo franco con buena capacidad de retención de humedad, lo que permitió

el desarrollo adecuado del cultivo de cebada (García-Nieto *et al.* 2000) Las aplicaciones de los insecticidas se llevaron a cabo únicamente cuando el suelo estaba seco, evitando realizar intervenciones en condiciones de humedad excesiva que pudieran afectar la eficacia de los productos, en concordancia con las normas establecidas para el uso de agroquímicos en México (Zavala-Echavarría, 1997)).

En cuanto a las condiciones climáticas, el campo experimental se encuentra en una región de clima templado semi-seco tropical, caracterizado por una temperatura promedio anual de 18.1 °C, con máximas de 33.4 °C y mínimas de 2 °C. Las aplicaciones se realizaron en un horario matutino, entre las 8:00 y las 10:00 de la mañana, en días sin viento, lo que garantizó condiciones ideales para minimizar la deriva y optimizar la cobertura de los tratamientos (Zavala-Echavarría, 1997).). La hidrología del área es representativa de la región, con una precipitación promedio anual de 700 a 750 mm. Este régimen de lluvias permitió mantener una humedad adecuada para el desarrollo del cultivo y la realización de las aplicaciones (CONAGUA, 2022). La combinación de estas condiciones favoreció el manejo eficiente de las prácticas agronómicas y experimentales en el cultivo de cebada. Las aplicaciones de insecticidas se realizaron de acuerdo con un protocolo estandarizado para garantizar una cobertura uniforme y una eficacia óptima en el control del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*).

Cada aplicación se llevó a cabo utilizando una aspersora calibrada a una presión de 1 bar y una velocidad de 14 rpm, asegurando la distribución homogénea del producto en la superficie experimental de 3,680 m². Se utilizó agua como vehículo en una proporción de 108 litros por aplicación, cumpliendo con las normas establecidas para la aplicación de agroquímicos en México (Zavala-Echavarría, 1997). La primera aplicación se realizó el 8 de marzo de 2021, utilizando Confínal®, un insecticida que combina Imidacloprid y Bifentrina. Se aplicaron 54 ml del producto en 108 litros de agua, asegurando una cobertura uniforme en toda el área experimental. La segunda aplicación se realizó el 22 de marzo de 2021 con el insecticida Beleaf®, cuyo ingrediente activo, Flonicamid, pertenece a la familia de las piridinocarboxamidas y se caracteriza por su acción sistémica y translaminar. Se aplicaron 55 ml del producto en 108 litros de agua, utilizando el mismo método de aspersión empleado en la primera aplicación. La tercera aplicación se llevó a cabo el 5 de abril de 2021 con Muralla Max®, una mezcla de Imidacloprid y Betacyfluthrin, ambos compuestos con acción sistémica y por contacto. Se aplicaron 56 ml del producto en 108 litros de agua, siguiendo el mismo método de aspersión utilizado en las aplicaciones previas. Finalmente,

la cuarta aplicación se efectuó el 19 de abril de 2021, empleando Karate Zeon®, cuyo ingrediente activo, Lambda-Cialotrina, es un piretroide de rápida acción. Se aplicaron 57 ml del producto en 108 litros de agua, manteniendo el método de aplicación previo (Cuadro 4).

Cuadro 5. Fechas de aplicación de los insecticidas para el combate contra *Metopolophium dirhodum*.

Insecticida	Dosis (Lts. x a ²)	Mes de aplicación	No. aplicaciones
Confinal®	54 ml en 108 L de agua / 3,680 m ²	Marzo	1
Beleaf®	55 ml en 108 L de agua / 3,680 m ²	Marzo	1
Murallama Max®	56 ml en 108 L de agua / 3,680 m ²	Abril	1
Karate Zeon®	57 ml en 108 L de agua / 3,680 m ²	Abril	1

3.3. Muestreo de Campo

La metodología para la recolecta de pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) se llevó a cabo de manera sistemática y estandarizada, para la toma de muestras de pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*), se utilizó un pie cuadrado (Nielsen, 2003). Los puntos de conteo se seleccionaron de forma aleatoria siguiendo la propuesta de la cual facilita un análisis detallado de la distribución de organismos en el campo. En total, se realizaron ocho muestreos entre febrero y mayo de 2021, en 24 melgas de 1.6 metros de ancho por 100 metros de largo; cuatro antes, y cuatro después de la aplicación (Confinal, Beleaf, Muralla Max y Karate Zeon). Cada muestreo consistió en 24 conteos de un pie cuadrado antes de la aplicación de los insecticidas y 24 conteos de un pie cuadrado después de la aplicación, haciendo 1 muestreo por melga (Nielsen, 2003).

Para determinar la abundancia de pulgones, se revisaron las plantas en cada melga después de la aplicación de insecticidas. Al detectar pulgones en una planta, se colocaba el pie cuadrado y se contabilizaba el número de organismos, sin importar si se encontraban en hojas, tallos o varias plantas. La contabilización se realizó con ayuda de un cronómetro manual (Flores-Vera, 2024). y para estimar la densidad absoluta se empleó la fórmula:

D = Densidad; n_i = número de individuos, y a^2 = superficie en metros cuadrados (Economipedia, 2021).

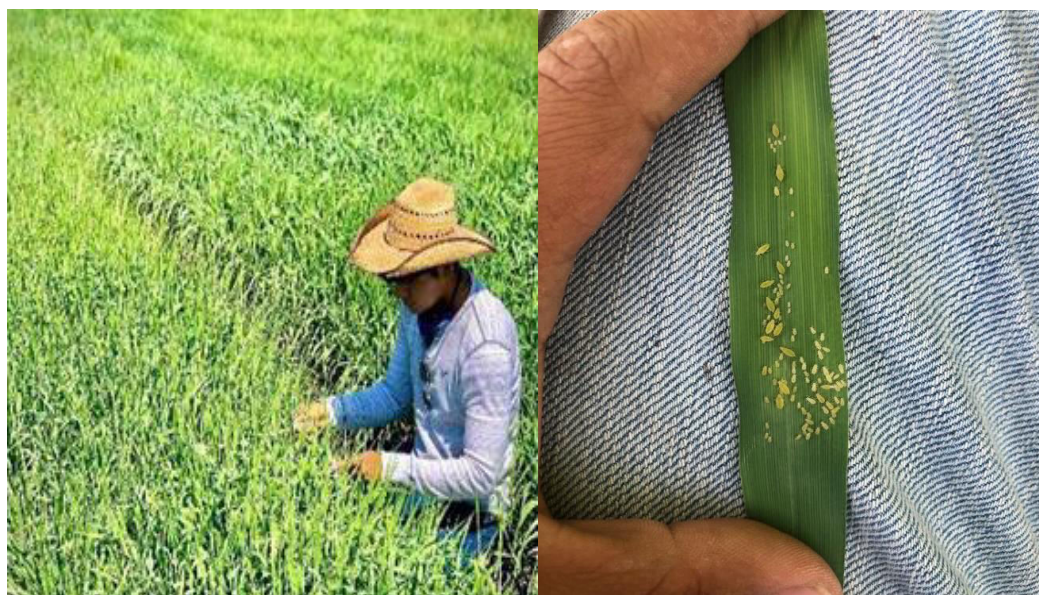


Figura 9. Muestreo del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) utilizando un pie cuadrado

3.4. Variables ambientales del campo

Los datos ambientales críticos, como la temperatura y la precipitación, fueron recopilados mediante una estación meteorológica ubicada en La Machuca, Celaya. Estas variables son fundamentales para comprender el desarrollo y comportamiento del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) en los campos de cebada (Guanajuato Produce, 2021; Figura 10).

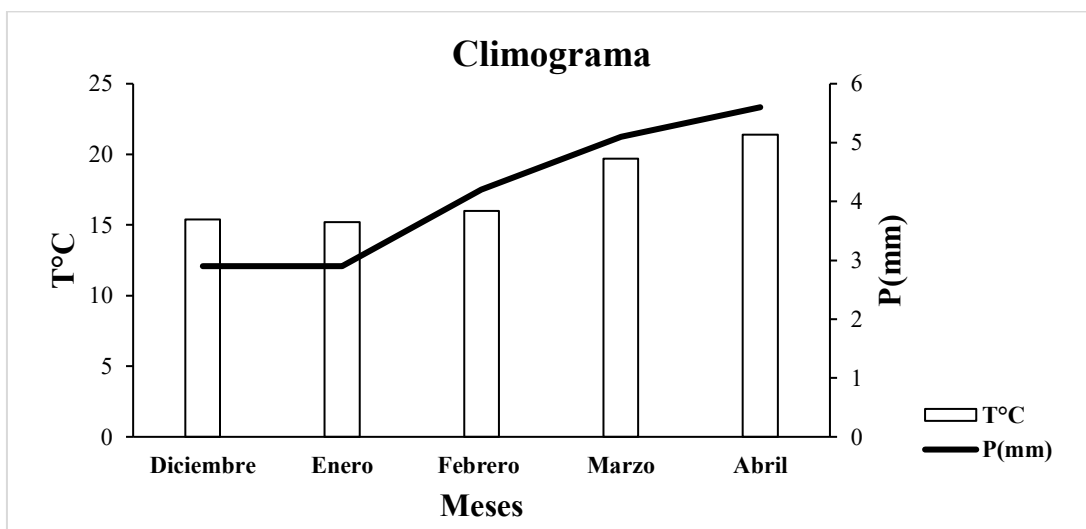


Figura 10. Climograma de la estación La Machuca, Celaya.

3.5. Trabajo de laboratorio

El método de identificación de (*Metopolophium dirhodum*) en cultivos de cebada se llevó a cabo mediante el uso de microscopía digital. Inicialmente, las muestras recolectadas se preservaron en recipientes con alcohol al 70° para su conservación. Posteriormente, se examinaron las características morfológicas de las hembras ápteras y aladas utilizando un microscopio digital. Durante estas observaciones, se prestaron especial atención a detalles como el color del cuerpo, la longitud de las antenas, el aspecto de los cornículos y otros rasgos relevantes. Este enfoque meticuloso permitió una identificación precisa de la especie y facilitó su posterior análisis biológico y taxonómico (López-García. Et al., 2019).



Figura 11. Identificación de pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) (NaturalistMX 2025)

3.6. Análisis de datos

Para evaluar la efectividad del insecticida en la reducción de la población de pulgones, se empleó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. Esta prueba fue seleccionada debido a que los datos de conteo de pulgones no cumplían con los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianza necesarios para aplicar pruebas paramétricas como el análisis de varianza (ANOVA). Las pruebas previas de normalidad, empleando el test de Shapiro-Wilk, así como las pruebas de homogeneidad de varianza, señalaron que los datos no seguían una distribución normal ni presentaban varianzas homogéneas. Esto justificó la elección de un enfoque no paramétrico, ya

que las pruebas paramétricas habrían producido resultados poco fiables en estas condiciones (De La-Pava y Sepúlveda-Cano, 2015).

En ese sentido, el empleo de la prueba de Kruskal-Wallis, es adecuado para comparar medias de múltiples grupos independientes, proporcionando una medida robusta de las diferencias en las poblaciones de pulgones antes y después de la aplicación del insecticida. Esta prueba estadística permite determinar si existen diferencias significativas entre los grupos de datos en función de la intervención aplicada, en este caso, la administración de diferentes formulaciones de insecticida en diversos momentos de muestreo (Razali y Wah, 2011). Como variable dependiente se tuvo la abundancia y densidad de pulgones (*Metopolophium dirhodum*) en el cultivo de cebada, medidas en cada muestreo a lo largo del experimento. La variable independiente fue la aplicación del insecticida, la cual se llevó a cabo en diferentes momentos y se midió en muestreos antes y después de la aplicación. Esto permitió observar y comparar el efecto sobre las poblaciones de pulgones a lo largo del tiempo, evaluando de esta manera, la eficacia de cada formulación de insecticida en la reducción de la población de estos insectos. Además, se elaboraron gráficos de líneas para visualizar las tendencias en las poblaciones de pulgones antes y después de cada aplicación de insecticida. Estos gráficos permiten observar cómo la abundancia y densidad de pulgones disminuyen progresivamente tras las aplicaciones, proporcionando una representación visual clara de la efectividad de los tratamientos (Arteaga y Contreras, 2009).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Prueba de Kruskal-Wallis

Durante el estudio se realizaron un total de 192 muestreos, en los cuales se contaron 23,458 pulgones. Como se observa en el (Cuadro 6), esta prueba permite identificar si las diferencias en la reducción de poblaciones de pulgones entre tratamientos son estadísticamente significativas, proporcionando una base para evaluar la efectividad de los insecticidas aplicados.

Cuadro 6. Diferencias de los valores de abundancia de *Metopolophium dirhodum* antes y después de las aplicaciones con los insecticidas.

Antes de aplicación					
T1	T2	T3	T4	H	P
$\bar{X}=168.7\pm12.7(96-354)$	$\bar{X}=257\pm14.4(157-432)$	$\bar{X}=157.7\pm14.9(45-300)$	$\bar{X}=113.7\pm9.6(48-221)$	82.2	0.001
Después de aplicación					
T1	T2	T3	T4	H	P
$\bar{X}=65.8\pm4.8(22-99)$	$\bar{X}=94.3\pm6.0(48-199)$	$\bar{X}=67.5\pm9.5(13-153)$	$\bar{X}=52.5\pm4.4(21-98)$	69.3	0.001

$\bar{X}$ representa la media aritmética, seguida de su desviación estándar y el rango de los datos (mínimo-máximo).

La prueba de Kruskal-Wallis evidencia diferencias significativas en las poblaciones de *Metopolophium dirhodum* antes (AA) y después (DA) de la aplicación de insecticidas. Antes de la aplicación, el valor de H fue de **82.2** con un valor de significancia (P) de **0.001**, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Este hallazgo sugiere que las distintas formulaciones de insecticidas presentaron variaciones en la presión de infestación inicial, lo que puede estar relacionado con la eficacia inherente de cada producto o la dinámica de la población de pulgones en el campo. Después de la aplicación de los insecticidas, el valor de H se redujo a **69.3**, mientras que el valor de P se mantuvo en **0.001**. Esta persistencia de significancia indica que, aunque la población de pulgones disminuyó en todas las aplicaciones, las diferencias entre ellos siguieron siendo estadísticamente relevantes. Es decir, la efectividad de los insecticidas aplicados no solo se tradujo en una reducción de la población de pulgones, sino que también se mantuvieron variaciones significativas en la eficacia de cada insecticida (Figura 12)

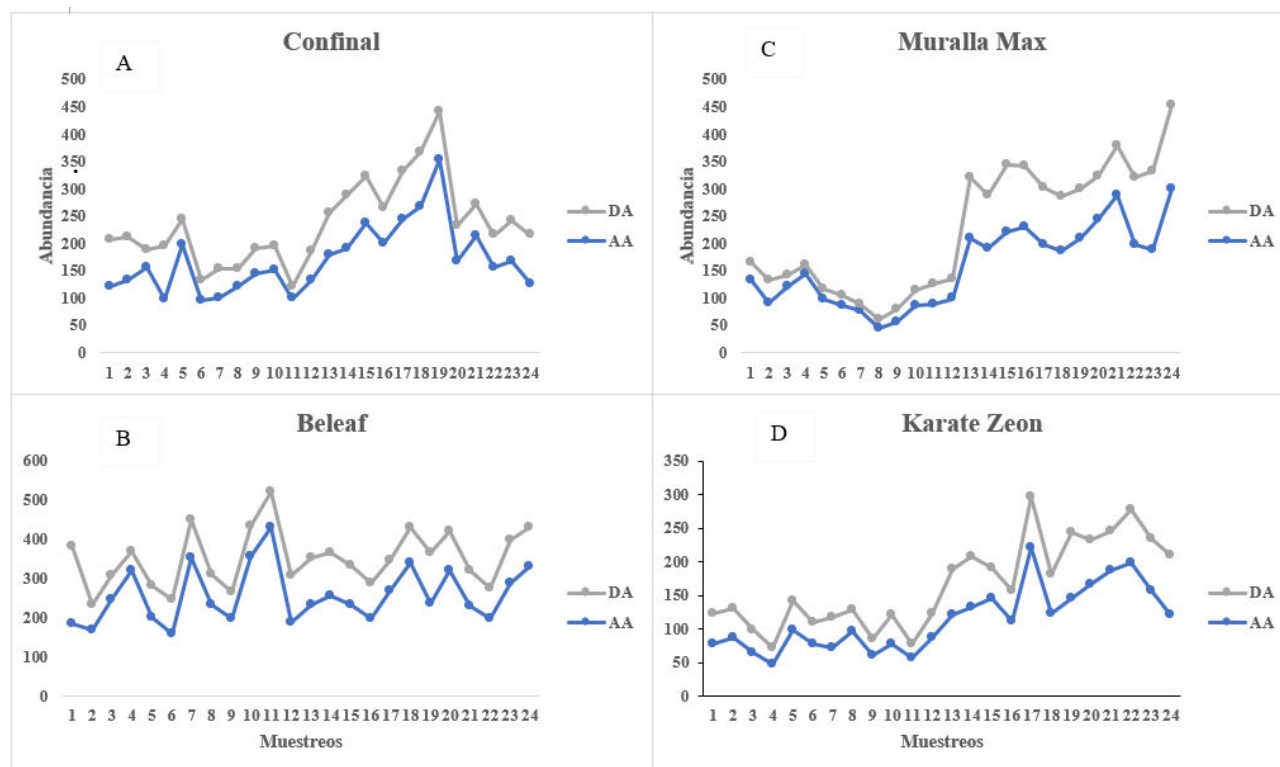


Figura 12. Abundancia del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*). AA =antes y DA = después de la aplicación. (Elaborado propia)

Confinal® (Figura 12, Gráfico A), compuesto por Imidacloprid y Bifentrina, combina acción sistémica y de contacto, bloqueando receptores nicotínicos y canales de sodio en los áfidos, respectivamente. Este insecticida redujo la población de pulgones en un 61% ($H=82.2$; $P=0.001$), con valores que pasaron de 88-354 áfidos/muestra antes de la aplicación a 33-99 después. Su alta eficacia se debe a su efecto prolongado y dual, minimizando el riesgo de resistencia. Beleaf® (Figura 12, Gráfico B), a base de Flonicamid, inhibe la alimentación de áfidos bloqueando sus canales de potasio, reduciendo así el daño a las plantas. Logró una disminución del 63% en la población ($H=69.3$; $P=0.001$), bajando de 64-432 áfidos/muestra a 48-129 tras su aplicación. Su acción rápida y selectiva favorece la sostenibilidad agrícola. Muralla Max® (Figura 12, Gráfico C), que combina Acetamiprid y Lambda-Cihalotrina, ofrece un control eficaz por contacto e ingestión, atacando diversas etapas del ciclo de vida de los áfidos. Redujo la población en un 57% ($H=69.3$; $P=0.001$), con valores disminuyendo de 16-300 a 13-153 áfidos/muestra. Esta combinación reduce el riesgo de resistencia y mejora el control de plagas. Karate Zeon® (Figura 12, Gráfico D), formulado con Lambda-Cihalotrina, actúa sobre los canales de sodio con una

liberación controlada y prolongada. Redujo la población en un 54% ($H=69.3$; $P=0.001$), de 21-198 áfidos/muestra antes de la aplicación a 23-98 después. Aunque su reducción fue menor, su formulación microencapsulada prolonga la efectividad del tratamiento. En conjunto, los resultados muestran que todos los tratamientos son efectivos en el manejo del pulgón amarillo, con diferencias significativas en la reducción poblacional atribuibles a las características de cada insecticida.

Este estudio demostró que la aplicación de Confinal® (una combinación de imidacloprid y bifentrina) en cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*) produjo una reducción estadísticamente significativa del 61% en la población de *Metopolophium dirhodum*. Aunque este resultado confirma la eficacia del insecticida, se observa una diferencia notable respecto a investigaciones previas como la de Álvarez-Canelo (2023) quien reportó una reducción del 99% y López (2016) del 90% utilizando dimetoato. Estas discrepancias pueden atribuirse a diversos factores por ejemplo especie de pulgón estudiada influye considerablemente en la respuesta al tratamiento, dado que las diferencias en biología, comportamiento y mecanismos de resistencia pueden modificar la eficacia del insecticida. Además, las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de recursos en el agroecosistema, afectan la persistencia, absorción y metabolismo de los productos químicos, lo que altera su actividad. Por otro lado, la dosis aplicada y la formulación del insecticida son aspectos fundamentales; dosis más elevadas o combinaciones de ingredientes activos pueden potenciar el efecto. Sin embargo, en este estudio, la mezcla de imidacloprid y bifentrina resultó en un control inferior al obtenido con otros compuestos en condiciones diferentes como las reportadas por dicho autor.

Desde una perspectiva ecológica e integrada, se destaca el balance entre eficacia y sostenibilidad. Se incorpora un enfoque que prioriza tratamientos de menor impacto ambiental, tal como se evidencia con el uso de Beleaf® (flonicamid) y que se alinea con estrategias biológicas descritas en estudios como el de Jiménez-Martínez *et al.* (2019). No obstante, a diferencia de investigaciones como la de López (2016), que han documentado efectos colaterales significativos en enemigos naturales (por ejemplo, una reducción del 50% en depredadores), el estudio se centra exclusivamente en la reducción del pulgón y no aborda el impacto ecológico de los insecticidas ni explora posibles mecanismos de resistencia, aspecto crítico considerando la amplia utilización de imidacloprid y la presión selectiva resultante en las poblaciones de áfidos. Los resultados también se evidencian en los análisis estadísticos, con diferencias significativas entre tratamientos ($P <$

0.05) y valores altos de H (82.2 para AA y 69.3 para DA), lo que respalda la solidez de las conclusiones. Sin embargo, la amplia variabilidad observada en la abundancia de áfidos –por ejemplo, rangos de 16 a 300 áfidos/muestra en tratamientos como Muralla Max®– sugiere la presencia de heterogeneidades en la distribución espacial o variaciones en la aplicación de los tratamientos. Este hallazgo contrasta con estudios que han empleado escalas estandarizadas para la medición de densidades, indicando la necesidad de optimizar los métodos de muestreo para lograr una mayor precisión en futuras investigaciones.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La comparación del efecto de los insecticidas Confinal®, Beleaf®, Muralla Max® y Karate Zeon® sobre las curvas de crecimiento poblacional del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) en Celaya, Guanajuato, ofrece información relevante para el manejo integrado de plagas (MIP). Los insecticidas evaluados demostraron ser efectivos para reducir las poblaciones de pulgones, con Confinal® y Beleaf® destacándose por lograr las mayores reducciones, del 61 % y 63 %, respectivamente. Estas reducciones pueden atribuirse a los mecanismos de acción específicos de ambos insecticidas, que afectan procesos biológicos clave en los áfidos, tales como la interrupción de señales nerviosas y la inhibición de enzimas vitales, lo que coincide con investigaciones que han identificado estos modos de acción como herramientas cruciales en el control de plagas resistentes. Muralla Max® y Karate Zeon®, con reducciones del 57 % y 54 %, también evidenciaron eficacia significativa. En particular, la formulación microencapsulada de Karate Zeon® mostró un efecto residual prolongado, manteniendo un control efectivo por un periodo extendido tras la aplicación. Este atributo es especialmente relevante en contextos agrícolas donde las infestaciones tienden a ser recurrentes, ya que reduce la necesidad de aplicaciones frecuentes, disminuye los costos operativos y mitiga los riesgos ambientales asociados al uso intensivo de insecticidas.

En conclusión, los resultados respaldan la incorporación de Confinal®, Beleaf®, Muralla Max® y Karate Zeon® como herramientas efectivas dentro de un enfoque integrado de manejo de plagas en cultivos de cebada. Su implementación no solo optimiza el control de *M. dirhodum*, sino que también contribuye a la sostenibilidad agrícola al equilibrar la productividad con la conservación de recursos. Estos resultados refuerzan la necesidad de continuar evaluando el impacto de diferentes estrategias de manejo en plagas clave, con el objetivo de desarrollar sistemas agrícolas más resilientes y sostenibles en regiones como Guanajuato.

5.2. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en la comparación del efecto de los insecticidas sobre las curvas de crecimiento poblacional del pulgón amarillo (*Metopolophium dirhodum*) en cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*) en Celaya, Guanajuato, se proponen las siguientes recomendaciones para optimizar el manejo de esta plaga en la región:

1. **Implementación de un Programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP):** Se recomienda integrar el uso de los insecticidas evaluados dentro de un enfoque de MIP, combinando estrategias culturales, biológicas y químicas. La diversificación de prácticas contribuirá a mejorar el control de *M. dirhodum*, reduciendo la dependencia exclusiva de los insecticidas y promoviendo la sostenibilidad del agroecosistema.
2. **Rotación de Insecticidas para Evitar la Resistencia:** Para minimizar la probabilidad de que *M. dirhodum* desarrolle resistencia, es fundamental alternar insecticidas con diferentes mecanismos de acción. Por ejemplo, la rotación entre Confinal® y Beleaf® permite atacar a la plaga desde distintas vías fisiológicas, mejorando la eficacia del control y prolongando la vida útil de las moléculas disponibles.
3. **Monitoreo Periódico de la Población de Pulgones:** Se recomienda realizar evaluaciones constantes de la densidad poblacional de *M. dirhodum* en el cultivo, utilizando métodos de muestreo estandarizados. Esto permitirá determinar el umbral de acción y aplicar insecticidas únicamente cuando sea necesario, optimizando su efectividad y reduciendo impactos no deseados en organismos benéficos.
4. **Capacitación de Productores en Manejo de Insecticidas:** Es crucial fortalecer la capacitación de los agricultores en el uso racional de insecticidas, incluyendo su modo de acción, dosis adecuadas, condiciones óptimas de aplicación y medidas de seguridad. Un mejor conocimiento de estas prácticas permitirá mejorar la eficiencia del control de plagas y reducir riesgos ambientales y para la salud humana.
5. **Investigación sobre Impactos a Largo Plazo:** Se recomienda continuar con estudios que analicen los efectos prolongados de los insecticidas sobre la dinámica poblacional de *M. dirhodum*, así como en los enemigos naturales presentes en el agroecosistema.

CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA

- Abbassian, A. (2010).** Perspectivas alimentarias. Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma, Italia.
- Flores Vera, A. (2024).** Aspectos reproductivos y ecológicos de la catarina *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (1842) (Coleoptera: Coccinellidae), y su interacción co-antagónica con una especie de pulgón (Aphididae) en cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*). (Tesis de Licenciatura), Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, Salvatierra, Guanajuato, México. 38 p.
- Álvarez Canelo, L. A. (2023).** *Evaluación del efecto de diferentes productos químicos y bioestimulantes en cuanto al rendimiento, calidad y desarrollo del cultivo de cebada maltera (Hordeum vulgare) en la zona del Bajío mexicano.* (Tesis de licenciatura). Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, Salvatierra, Guanajuato, México. 117 p.
- Arteaga, P., Batanero, C., Díaz, C., & Contreras, J. M. (2009).** El lenguaje de los gráficos estadísticos. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, (18): 93-104.
- Bard, A., Müller, K., Schafer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgern, S., Ibrahim, H., Pozzi, C., Rohde, W., & Salanini, F. (2000).** On the Origin and Domestication History of Barley (*Hordeum vulgare*). *Oxford Journals. Molecular Biology & Evolution*, 17: 499-510.
- Bass, C., Denholm, I., Williamson, M. S., & Nauen, R. (2015).** The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121: 78-87.
- Bayer. (2013).** Ficha técnica del insecticida Muralla Max®. Bayer. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de <https://www.quimagro.com.mx/web/content/14582/Muralla-Max-Ficha-tecnica.pdf>
- Beltrán-López, S., Loredó-Ortiz, C., & Zamora-Díaz, M. (2011).** *Manejo integrado del cultivo de cebada en condiciones de temporal en San Luis Potosí.* Folleto Técnico No. 40. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

- Blackman, R. L. y V. F. Eastop. (2000).** Aphids on the World 's crops. An identification and information guide. John Wiley y Sons. Avon England. 2a Edition. 466 p.
- Blasco, E.; Torres, C. (1977).** En: El pulgón amarillo de los cereales *Metopolophium dirhodum* Walk. en la subregión triguera I. - Editor/es: INTA, E.E.A. Rafaela. Información para Extensión N° 5. - INTA EEA Rafaela. 3 p.
- Bowling, R., Brewer, M. J., Kerns, D. L., Gordy, J., Norman, N. S., Elliott, E., Buntin, G. D., Way, M. O., Royer, T. A., Biles, S., & Maxson, E. (2016).** Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*, 7(1): 1–13.<https://doi.org/10.1093/jipm/pmw011>
- Bowling, R. D., Brewer, M. J., Knutson, A., Way, M. O., Porter, P., Bynum, E., Allen, C., & Villanueva, R. (2015).** *Scouting sugarcane aphids (NTO-043)* (Ficha técnica). Texas A&M AgriLife Research. 2 p.
- Cadillo, A. V., Apfata, N. V., & Porras, R. S. (2022).** Biología y performance del predador *Hippodamia convergens*, alimentado con pulgones de col *Brevicoryne brassicae*, *Myzaphis rosarum* y *Myzus persicae*. *Agroindustrial Science*, 12(3): 235-243.
- Carey, J. R. (1993).** *Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects*. Oxford University Press.
- Carapia-Figueroa, F. I. 2019.** Entomofauna en cultivos agrícolas de la localidad de El Capulín, Salvatierra, Guanajuato. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, Guanajuato, México. 56 p.
- CIMMYT. (2023).** *Pulgones en la cebada, hacia un manejo sin plaguicidas*. CIMMYT. Recuperado el 9 de marzo de 2025, de <https://www.cimmyt.org/es/noticias/pulgones-en-la-cebada-hacia-un-manejo-sin-plaguicidas/>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2022).** *Estadísticas del Agua en México 2021*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- CONFINAL (2020).** *Insecticida agrícola (Suspensión concentrada)* [Folleto técnico]. Recuperado el 10 de octubre de 2023, de <https://dragon.com.mx/wp-content/uploads/2023/04/CT-CONFINAL.pdf>

- De La Pava, N., & Sepúlveda-Cano, P. A.** (2015). Morfología larval de *Pseudodoros clavatus* (Diptera: Syrphidae) y su eficiencia depredadora del pulgón *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae). *Revista Colombiana de Entomología*, 41(1): 58-62.
- Delgado-Ramírez, C. S., Salas-Araiza, M. D., Martínez-Jaime, O. A., Díaz-García, J. A., Guzmán-Mendoza, R., & Salazar-Solís, E.** (2016). Consumo de *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) por *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Entomología Mexicana*, 3:369-374.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M.** (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106.
- Dixon, A. F. G.** (1989). *Aphid Ecology* (2da ed.). Chapman & Hall, Reino Unido.
- Dixon, A. F. G.** (2000). *Insect predator-prey dynamics: Ladybird beetles and biological control*. Cambridge University Press.
- Economipedia.** (2021). *Densidad de población*. Recuperado el 5 de marzo de 2025, de <https://economipedia.com/definiciones/densidad-de-poblacion.html>
- Esquisabel, E.** (2022). *Cebada: usos y comercialización*. En *Cereales de invierno* (pp. 400-414). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Evans, E. W.** (2009). Lady beetles as predators of insects other than Hemiptera. *Biological Control*, 51(2): 255-267.
- Farrell, J. A., & Stufkens, M. W.** (1988). Population density of the rose-grain aphid *Metopolophium dirhodum* on four cereal species in Canterbury. *The Royal Society of New Zealand*, 18(3): 299–300.
- Finck, A.** (2021). *Fertilizantes y fertilización: Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos*. Editorial Reverté, Barcelona, España. ISBN: 978-84-291-1010-4.
- FMC.** (2018). *Ficha técnica del insecticida Beleaf®*. FMC. Recuperado de <https://www.fmcagroquimica.com.mx/wp-content/uploads/2018/06/Beleaf-Ficha-Técnica-1.pdf>. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2025.

- Fundación Guanajuato Produce. (2021).** Estación “La Machuca” – Celaya, Guanajuato. Recuperado el 3 de marzo de 2025, de <https://www.fundacionguanajuato.mx/es/>
- García Nieto, H., López Blanco, J., Moreno Sánchez, R., & García Daguer, R. (2000).** *Delimitación y caracterización de las tierras con uso inadecuado para la agricultura en el Distrito de Desarrollo Rural 004, Celaya, Guanajuato.* Terra Latinoamericana, 18(1), 11-25. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Chapingo, México.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015).** Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229): 1255957, 1-11.
- Guañuna Juñia, G. D. (2014).** *Estudio de variabilidad fenotípica de accesiones de trigo (Triticum aestivum L.) y cebada (Hordeum vulgare L.) de la colección del INIAP* (Tesis de licenciatura). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Vera Graziano, J. V., Pinto, V. M., López Collado, J., & Reyna Robles, R. R. (1997).** *Ecología de poblaciones de insectos* (1ª ed.). Colegio de Postgraduados. México.
- Hernández Martínez, O. L. (2006).** *Productividad forrajera de nuevas líneas de cebada imberbe (Hordeum vulgare L.) en tres ambientes del norte de México* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- INEGI. (2019).** *XII Censo General de Población y Vivienda.* México: INEGI.
- Imwinkelried, J. M., Fava, F. D., & Trumper, E. V. (2013).** *Pulgonas (Hemiptera: Aphidoidea) de la alfalfa.* INTA - Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Argentina.
- Jiménez-Martínez, E., Canales, N. R., & Espinoza, L. R. (2019).** Plaguicidas para el manejo del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*, Zehnter), en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), en Nicaragua. *La Calera*, 19(33): 72-80.
- Jiménez-Martínez, E., & Garcia, A. A. M. (2022).** Manejo del pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) en sorgo, con insecticidas biológicos y sintéticos en Masaya, Nicaragua. *Ciencia*

- Kalek, M. C. (2021).** *Evaluación de distintos tratamientos insecticidas para el control del pulgón amarillo del sorgo* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Agrarias, Las Breñas, Chaco, Argentina.
- Kogan, M., y Heinrichs, E. A. (2020).** *Integrated management of insect pests: Current and future developments* (pp. 59). Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Cambridge, UK.
- La Rossa, F. R.; Vasicek, A.; Mendy, P.; Moreno Kiernan, A. & Paglioni, A. (2005).** Biología y demografía de *Diuraphis noxia* (Mordv.), *Rhopalosiphum padi* (L.) y *Metopolophium dirhodum* (Wik.) sobre trigo en condiciones de laboratorio (Hemiptera: Aphididae). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 36: 327–331.
- Leyte-Manrique, A., Guzmán-Mendoza, R., & Salas-Araiza, M. D. (2021).** Composition and functional groups of insects in grain crops from Southern Guanajuato. *Entomology and Applied Science Letters*, 8(4): 1-11.
- Linnaeus, C. (1753).** *Species plantarum: per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis* (Vol. 1). Holmiae: Laurentii Salvii.
- López, M., Rodríguez, P., & Sánchez, F. (2016).** Evaluación de insecticidas para el control de áfidos en cultivos de cereales del Bajío. *Revista Mexicana de Entomología*, 10(2): 97-105.
- López García, G. P., Mazzitelli, M. E., Fruitos, A., González, M., Marcucci, B., Giusti, R., & Debandi, G. (2019).** Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina: Consideraciones para el manejo del hábitat. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 51(1): 309-322.
- Luna Chalacán, E. A. (2014).** *Respuesta de tres fungicidas en el control de la roya (Puccinia hordei G.H. Otth y Puccinia striiformis Westend.) en cebada (Hordeum vulgare L.) variedades malteras Scarlett y Metcalfe en Chaltura – Imbabura* (pp. 101). Tesis de licenciatura, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

- Lundqvist, U. y Lundqvist, A. (1988).** Induced intermedium mutants in barley - origin, morphology and inheritance. *Hereditas*, 108:13-26.
- Meza Juárez, J. (2018).** *Evaluación de insecticidas orgánicos y químicos para el control del pulgón negro (Aphis fabae S.) en el cultivo de haba (Vicia faba L.) en San Mateo Atenco, Edo. de México* (pp. 108). Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Molina Cano, J. L. (1989).** *La cebada* (1ª ed.). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Molina-Cano, J. L., Fra-Mon, P., Salcedo, G., Aragoncillo, C., Roca de Togores, F., & Garcia-Olmedo, F. (1987).** Morocco as a possible domestication center for barley: biochemical and agromorphological evidence. *Theoretical and Applied Genetics*, 73:531-536.
- Nielsen, V. (2003).** *Métodos para recolectar insectos* (Nota técnica). Revista de Agricultura Tropical, 33, 59-68. Universidad de Costa Rica. Recuperado de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/31571df6-327f-4add-ad6c-cae827207709/content>
- Ng, J. C., & Perry, K. L. (2004).** Transmission of plant viruses by aphid vectors. *Molecular Plant Pathology*, 5(5): 505-511.
- Peña-Martínez, R., Bujanos-Muñiz, R., Muñoz-Viveros, A., Vanegas-Rico, J., Salas-Monzón, R., Hernández-Torres, O. E., Marín-Jarillo, A., Ibarra-Rendón, J. E., & Lomelí-Flores, J. R. (2018).** *Pulgón amarillo del sorgo (PAS), Melanaphis sacchari (Zehntner, 1897), interrogantes biológicas y tablas de vida* (Vol. 1, pp. 1-47). Fundación Guanajuato Produce A.C. México. ISBN: 978-607-96123-8-2.
- Peña-Martínez, R. (1992).** Identificación de áfidos de importancia agrícola. En C. Urias-M., R. Rodríguez-M., & T. Alejandro-A. (Eds.), *Áfidos como vectores de virus en México* (Vol. II, p. 163). Centro de Fitopatología.
- Peña-Martínez, R. y Acoltzi-Conde, M. C. (2008).** Registro de clones androcíclicos de *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae) y sus épocas de vuelo en el Valle del Yaqui, Sonora, México. *Entomología Mexicana*, 7: 974-977.

- Peña-Martínez, R., Muñoz-Viveros, A. L., Bujanos-Muñiz, R., Luévano-Borroel, J., Tamayo-Mejía, F., & Cortez-Mondaca, E. (2016).** Formas Sexuales del Complejo Pulgón amarillo del Sorgo (Hemiptera: Aphididae) en México. *Southwest Entomol*, 41(1): 127-131.
- Peña-Martínez, R., Bujanos-Muñiz, R., Muñoz-Viveros, A., Vanegas-Rico, J., Salas-Monzón, R., Hernández-Torres, O. E., Marín-Jarillo, A., Ibarra-Rendón, J. E., & Lomelí-Flores, J. R. (2018).** Pulgón amarillo del sorgo (PAS), *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897), interrogantes biológicas y tablas de vida. Vol. 1. Fundación Guanajuato Produce A.C. México. 47 p
- Ponce, G., Cantú, P. C., Flores, A., Badii, M., Zapata, R., López, B., & Fernández, I. (2006).** Modo de acción de los insecticidas. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 7(4): 1-18.
- Pons, X., y Lloveras, J. (1999).** Densidad poblacional de pulgones en cultivares de alfalfa en los regadíos de Lleida. *Investig. Agr. Prod. Prot. Veget*, 14: 405-413.
- Razali, N. M., y Wah, Y. B. (2011).** Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1): 21-33.
- Remaudière, G. (1953).** Nutrition et variation du cycle évolutif des Aphidoidea. *Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France*, 32(3): 190-207.
- Rosales-Ledesma, J. C. (1999).** *El cultivo de la cebada (Hordeum vulgare) y sus principales plagas y enfermedades*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Royer, T. (2015).** *Check canola for aphids and diamondback moth. Plant Disease and Insect Advisory, Vol. 14, No. 14.* Oklahoma State University, Entomology and Plant Pathology Department. Recuperado el 6 de marzo de 2025, de <http://entopl.okstate.edu/Pddl/>
- Rzedowski, J. (1978).** *Vegetación de México* (Vol. 432). México: Editorial Limusa.
- SAGARPA. (2017).** *Quinto informe de labores 2016-2017. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255710/5TO_INFORME_2017_web.pdf*
- Salas-Salvadó, J., García-Lorda, P., & Sánchez Ripollés, J. M. (Eds.). (2005).** *La alimentación y la nutrición a través de la historia* (1ª ed.). Editorial Glosa, España.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). *Planeación Agrícola Nacional*. Recuperado el 6 de marzo de 2025, de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257069/Potencial-Cebada.pdf> FALTA FECHA DE CONSULTA.

Syngenta. (2017). Ficha técnica del insecticida Karate Zeon®. Syngenta. Recuperado de https://www.syngenta.com.mx/sites/g/files/kgtney1381/files/media/document/2022/07/28/fichatecnica-karate_zeon_5_cs_.pdf

USDA, (U.S. Department of Agriculture). (2023). *Panorama mundial de la producción de cebada*. Recuperado el 8 de marzo de 2025, de <https://www.usda.gov/>

Vandenberg, J. D., Shelton, A. M., & Wilsey, W. T. (2012). Aphid biology and ecology in cereal crops. *Journal of Integrated Pest Management*, 3(1): 1-10.

Van Emden, H. F., & Harrington, R. (Eds.). (2017). *Aphids as crop pests* (2.^a ed.). CABI Publishing. Reino Unido.

control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57(1): 1-20.

Zavala Echavarría, R. (1997). *Norma Oficial Mexicana NOM-052-FITO-1995, sobre el uso de agroquímicos en la agricultura*. Recuperado el 6 de marzo de 2025, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203946/NOM-052-FITO-1995_100697.pdf

Zeledón, I., Jiménez-Martínez, E., Ortiz, H. A., & Rojas, B. U. (2020). Fluctuación poblacional, hospederos, fecundidad y ciclo de vida del pulgón amarillo [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)] en sorgo [*Sorghum bicolor* L. Moench] en Nicaragua. *La Calera*, 20(35): 88-94.

Zumbado-Arrieta, M. A., & Azofeifa-Jiménez, D. (2018). *Insectos de importancia agrícola: Guía básica de entomología* (p. 204). Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). Heredia, Costa Rica.

Anexo

Especies benéficas

Hippodamia convergens conocida como Catarina, es una especie clave en el control biológico de plagas agrícolas, particularmente los pulgones (áfidos). Su morfología presenta adaptaciones específicas que la hacen una depredadora eficaz. La cabeza con ojos redondos y antenas cortas, y las mandíbulas fuertes y simétricas son características importantes, aunque es en su función biológica donde esta especie realmente destaca (Delgado, R. *et al.* 2016). Como depredador natural, se alimenta vorazmente de pulgones a lo largo de todo su ciclo de vida. Las larvas y los adultos consumen grandes cantidades de pulgones diariamente; un adulto puede ingerir hasta 50 pulgones en un solo día (Cadillo y Porras, 2022) Esta alta tasa de depredación ayuda a mantener las poblaciones de pulgones bajo control, previniendo daños significativos a los cultivos (Vandenberg *et al.*, 2012).

H. convergens, es especialmente valiosa en diversos sistemas agrícolas, incluyendo cultivos de trigo, maíz, alfalfa y frutales. Su capacidad para reducir las poblaciones de pulgones minimiza la necesidad de pesticidas químicos, promoviendo así una agricultura más sostenible y ecológica (Dixon, 2000). Además, su presencia en los campos contribuye a un ecosistema más equilibrado al controlar otras plagas menores y huevos de insectos (Evans, 2009).



Figura 13. Colecta de la especie benéfica *Hippodamia convergens* en el cultivo de cebada.