

Garello, Adrián Ignacio

**Evaluación de dos técnicas
de control de Dalbulus
maidis, para reducir el
impacto del complejo del
achaparramiento del maíz
(Zea mays L.)**

**Tesis para la obtención del título de
posgrado de Especialista en
Protección Vegetal**

Directora: Páez Jerez, Paula G.

Documento disponible para su consulta y descarga en Biblioteca Digital - Producción Académica, repositorio institucional de la Universidad Católica de Córdoba, gestionado por el Sistema de Bibliotecas de la UCC.



[Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.](#)



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CÓRDOBA**
JESUITAS

Escuela de
Posgrado



FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS

Garello, Adrián Ignacio

**Evaluación de dos técnicas de
control de *Dalbulus maidis*, para reducir
el impacto del complejo del
achaparramiento del maíz (*Zea mays* L.)**

Trabajo Final para la obtención del título de posgrado de

Especialista en Protección Vegetal

Directora: Dra. Paula G. Páez Jerez

Córdoba, 2025

Evaluación de dos técnicas de control de *Dalbulus maidis*, para reducir el impacto del complejo del achaparramiento del maíz (*Zea mays* L.)

Adrián Ignacio Garelo

Trabajo Final para optar al grado Académico de
Especialista en Protección Vegetal

Director: Ing. Agr. (Dra.) Paula G. Páez Jerez

Revisión: Ing. Agr. Darío Oleszczuk
Ing. Agr. (Dr.) Roberto De Rossi

Córdoba, 2025

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, Ing. Agr. Paula G. Páez Jerez, por su tiempo, predisposición, compromiso y permanente apoyo para llevar adelante este trabajo.

Al Ing. Agr. Luis Robles Terán, por su acompañamiento y guía durante la ejecución del ensayo.

A la empresa H&H Outfitters, por brindarme el apoyo necesario para la realización del trabajo, facilitándome el establecimiento y las herramientas requeridas.

Al Ing. Agr. Julián Oliva, por los valiosos intercambios y aportes realizados a lo largo del proceso.

A la Universidad Católica de Córdoba, por abrirme sus puertas y permitirme transitar esta etapa de formación, compartiendo experiencias y momentos enriquecedores.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	1
ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. El maíz como cultivo.....	8
1.2. La chicharrita del maíz, <i>Dalbulus maidis</i>	9
1.2.1. Hábitos y Comportamiento.....	14
1.2.2. Recomendaciones de manejo agronómico	16
1.3. Desarrollo de la pulverización selectiva.....	17
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	20
2.1. Objetivo general	20
2.2. Objetivos específicos.....	20
2.3. Hipótesis general.....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Implantación y evaluación de los tratamientos.....	21
3.2. Análisis estadístico.....	22
4. RESULTADOS	22
5. DISCUSIÓN	26
6. CONCLUSIÓN	29
7. BIBLIOGRAFÍA	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de la chicharrita del maíz, <i>Dalbulus maidis</i> . Izquierda: Escala global; Derecha: patrón de distribución latitudinal en la Argentina (región tropical; región subtropical; región de transición; y región ocasional). Mapas modificados de Sant.....	4
Figura 2: Ciclo de vida de <i>Dalbulus maidis</i> (DeLong & Wolcott). Los tiempos indicados son aproximados y dependen fundamentalmente de la temperatura y otros factores bajo los cuales se desarrolla la especie (Reproducida de E.G. Virla, Miscelanea 152, 2024).	12
Figura 3: Vista ventral de adultos macho y hembra de <i>Dalbulus maidis</i> (DeLong & Wolcott) que evidencia la diferencia en su genitalia externa (Reproducida de E.G. Virla, Miscelanea 152, 2024).	12
Figura 4: Plantas de maíz enfermas por “Corn Stunt Spiroplasma” o achaparramiento transmitido por <i>Dalbulus maidis</i> . Nótese el bandeo clorótico en la base de las hojas y las puntas de color rojizo sobre hojas superiores, y el enanismo o acortamiento de entrenudo	14
Figura 5: Brocosomas en <i>Dalbulus maidis</i> (DeLong & Wolcott). A) Detalle en vista ventral de la cabeza y tórax mostrando la superficie del cuerpo cubierta por brocosomas. B) detalle de brocosomas en un segmento de la antena. Las flechas indican acúmulos de estas nanopartículas (Reproducida de E.G. Virla, Miscelanea 152, 2024).	15
Figura 6: Sistemas de pulverización selectiva con mayor desarrollo y presencia comercial en la Argentina: arriba: WEED-IT; abajo: WeedSeeker.	19
Figura 7: Clasificación de las muestras de mazorcas antes de la cosecha.....	23
Figura 8: Clasificación visual de las mazorcas en normal, leve moderado y grave	23
Figura 9: Porcentaje de daño asociado a la transmisión de patógenos por <i>D. maidis</i> teniendo en cuenta la longitud de las mazorcas cosechadas en cada uno de los tratamientos aplicados solo con el insecticida Virantra (ver Tabla 2).	24
Figura 10: Porcentaje de daño asociado a la transmisión de patógenos por <i>D. maidis</i> teniendo en cuenta la longitud de las mazorcas cosechadas en cada uno de	

los tratamientos aplicados con el insecticida Engeo (ver Tabla 2).	25
Figura 11: Rendimientos en kg/ha para cada uno de los tratamientos detallados en la Tabla 1.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Detalle de los tratamientos realizados para el control de <i>Dalbulus maidis</i> . W: pulverización dirigida con Weed-IT Quadro. T: pulverización en cobertura total.	21
Tabla 2: Clasificación de las mazorcas según su longitud promedio, número de granos/mazorca y peso de 1000 granos en cuatro rangos: normal, leve, moderado y grave	24

RESUMEN

El complejo del achaparramiento del maíz (CAM) transmitido por la chicharrita *Dalbulus maidis* (DeLong), constituye una de las problemáticas sanitarias más relevantes del cultivo en Argentina. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar dos técnicas de aplicación de insecticidas para el control de *D. maidis*: pulverización convencional de cobertura total y aplicación selectiva mediante la tecnología WEED-IT Quadro, basada en la detección óptica de clorofila. El ensayo se llevó a cabo durante la campaña 2023/2024 en Concepción del Bermejo (Chaco), utilizando el híbrido DK 7270 Trecepta. Se aplicaron los insecticidas Virantra™ (plinazolin) y Engeo™ (tiаметoxam + lambdacialotrina) en tres estadios fenológicos (V2, V4 y V6). Se evaluaron variables de calidad de mazorca (longitud de la mazorca, número y peso de granos) y rendimiento (kg/ha). Los datos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis, utilizando el entorno estadístico R. Los resultados mostraron una baja presión poblacional de *D. maidis* y ausencia de diferencias significativas en el rendimiento entre tratamientos. Sin embargo, se detectaron diferencias cualitativas en la calidad de las mazorcas, asociadas a infecciones leves por CAM. Además, los tratamientos que incluyeron aplicaciones en V2, tendieron a presentar un menor porcentaje de mazorcas con daño moderado o grave. Las aplicaciones selectivas con WEED-IT Quadro lograron resultados equivalentes a la cobertura total, reduciendo el uso de insecticidas en un 30–40 %, lo que evidencia su eficiencia técnica y económica. Este trabajo constituye una de las primeras evaluaciones del uso de la tecnología WEED-IT con insecticidas en el manejo de *D. maidis* en maíz, y aporta evidencia sobre su potencial como herramienta sustentable dentro de un esquema de manejo integrado de plagas (MIP), orientado a optimizar recursos y disminuir el impacto ambiental de las aplicaciones fitosanitarias.

Palabras clave: *Dalbulus maidis*, WEED-IT, pulverización selectiva, maíz, insecticidas, manejo integrado de plagas.

ABSTRACT

The corn stunt disease complex (CAM), transmitted by the corn leafhopper *Dalbulus maidis* (DeLong), represents one of the most significant phytosanitary challenges affecting maize production in Argentina. In this context, the objective of the present study was to evaluate two insecticide application techniques for the control of *D. maidis*: conventional full-coverage spraying and selective application using WEED-IT Quadro technology, based on optical chlorophyll detection. The trial was conducted during the 2023/2024 growing season in Concepción del Bermejo (Chaco, Argentina), using the hybrid DK 7270 Trecepta. The insecticides Virantra™ (plinazolin) and Engeo™ (thiamethoxam + lambda-cyhalothrin) were applied at three phenological stages (V2, V4, and V6). Ear quality variables (ear length, grain number, and grain weight) and yield (kg/ha) were evaluated. Data were analyzed using the non-parametric Kruskal–Wallis test in the R statistical environment. Results showed low population pressure of *D. maidis* and no significant differences in yield among treatments. However, qualitative differences in ear quality associated with mild CAM infections were detected. In addition, treatments that included applications at V2 tended to show a lower percentage of ears with moderate or severe damage. Selective applications using WEED-IT Quadro achieved results equivalent to those obtained with full-coverage spraying, while reducing insecticide use by 30–40%, demonstrating both technical and economic efficiency. This study represents one of the first evaluations of WEED-IT technology using insecticides for the management of *D. maidis* in maize and provides evidence of its potential as a sustainable tool within an integrated pest management (IPM) framework aimed at optimizing resource use and reducing the environmental impact of phytosanitary applications.

Keywords: *Dalbulus maidis*, WEED-IT, selective spraying, maize, insecticides, Integrated Pest Management.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El maíz como cultivo

El maíz (*Zea mays* L.) constituye uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial, tanto por la superficie que ocupa como por su versatilidad en múltiples cadenas de valor. Se trata de un cereal originario de Mesoamérica que, a lo largo de los siglos, se ha consolidado como un alimento estratégico para la humanidad, desempeñando un rol esencial en la seguridad alimentaria global. Actualmente, se utiliza en la alimentación humana, como insumo central para la producción animal y como materia prima para una amplia gama de productos industriales y energéticos, lo que lo convierte en un cultivo multifuncional (FAO, 2022).

En el caso de Argentina, el maíz es un pilar fundamental de la agricultura extensiva. Su cultivo se distribuye principalmente en la región pampeana, aunque en las últimas décadas se ha expandido hacia el noroeste argentino (NOA) y el noreste argentino (NEA), favorecido por innovaciones tecnológicas y la incorporación de híbridos adaptados a diferentes ambientes productivos. La Bolsa de Comercio de Rosario proyectó para la campaña 2023/2024 una producción de 57 millones de toneladas, lo que reafirma su posición como uno de los principales granos del país (Bolsa de Comercio de Rosario, 2024). Este volumen ubica a la Argentina entre los primeros exportadores a nivel mundial, generando un impacto directo en la economía nacional.

Desde una perspectiva económica, el maíz es un generador clave de divisas. Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2023), este cultivo representa aproximadamente el 4 % de las exportaciones totales del país, constituyéndose como el quinto complejo exportador en importancia. A su vez, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria resalta su papel estratégico en la producción de proteína animal, dado que la mayor parte del grano se destina a la alimentación de bovinos, porcinos y aves, sectores que a su vez generan agregado de valor y empleo (INTA, 2023). Adicionalmente, el maíz tiene una función creciente en la industria de biocombustibles, especialmente en la producción de etanol, lo que

diversifica la matriz energética y contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Desde un enfoque ambiental, el maíz cumple un rol importante en la rotación de cultivos, favoreciendo la conservación de suelos, la eficiencia en el uso de nutrientes y la reducción de malezas y plagas específicas. En sistemas productivos sustentables, su inclusión permite mantener la productividad a largo plazo, reforzando la resiliencia frente a factores climáticos adversos (INTA, 2023).

No obstante, el cultivo de maíz enfrenta desafíos sanitarios significativos. Entre las enfermedades más relevantes se encuentra el complejo del achaparramiento (CAM), asociado principalmente a la bacteria fitopatógena *Spiroplasma kunkelii*, agente causal de síntomas como enanismo, clorosis y reducción drástica de los rendimientos (Giménez Pecci et al., 2019). Este patógeno, y otros como *Phytoplasma* y Rayado Fino Virus, son transmitidos por la chicharrita del maíz *Dalbulus maidis*, un insecto vector cuya biología y dinámica poblacional lo convierten en un factor de riesgo permanente en los sistemas productivos. El Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas y Enfermedades advierte que, bajo condiciones favorables para el vector, las pérdidas económicas pueden ser considerables, comprometiendo la rentabilidad de los productores.

En los últimos años, se han observado incrementos en la incidencia de esta enfermedad en distintas provincias argentinas, lo que genera una creciente preocupación en técnicos y agricultores. La interacción entre factores ambientales, ciclos del vector y disponibilidad de cultivos hospederos plantea un escenario complejo en el manejo sanitario. Si bien existen estrategias culturales y químicas, su efectividad varía en función de las condiciones locales y del momento de aplicación, lo que refuerza la necesidad de generar información científica aplicada y regional para la toma de decisiones eficientes.

1.2. La chicharrita del maíz, *Dalbulus maidis*

La chicharrita del maíz *Dalbulus maidis* (DeLong) (“corn leafhopper”) es el cicadélido plaga más importante del cultivo en todo el continente americano. Esta

especie tiene una distribución amplia, la cual ocurre desde la costa sur-este y suroeste de EE. UU. hasta la zona centro de la Argentina (Virla et al., 2013) (**Figura 1**).

En términos evolutivos, *D. maidis* representa un caso destacado para analizar cómo la domesticación y expansión del maíz favorecieron la dispersión de una especie plaga estrechamente vinculada a su hospedante desde el centro de origen. Este cicadélido es considerado monófago de especies pertenecientes al género *Zea*, adoptando al maíz como planta hospedera debido a un salto desde *Z. mays* spp. *parviglumis* (Dávila-Flores et al., 2013). Se cree que este cambio, pudo haber sido favorecido por una menor capacidad de defensas en las plantas de maíz. En relación a lo anterior, estudios en la zona oeste de México demostraron que existen dos poblaciones genéticamente diferenciadas de *D. maidis*, una asociada con el maíz y teosinte de Balsas, y otra asociada con la especie de teosinte perenne *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & Guzman (Bernal et al., 2019). En el territorio argentino se distinguen cuatro zonas: *Zona tropical*, con poblaciones de *D. maidis* todo el año y generaciones continuas; *Zona subtropical*, con al menos cinco generaciones durante el período del cultivo de maíz y los adultos pasan los inviernos refugiados en malezas, montes y cultivos de invierno; *Zona de transición*, las poblaciones de la chicharrita solo se desarrollan durante el verano, y solo unos pocos adultos del vector podrían sobrevivir durante los inviernos suaves, con pocas heladas; y *Zona templada u ocasional*, la presencia de las poblaciones del vector es esporádica y son verificables a mediados o fines del verano (Virla et al., 2013).

Considerando su ciclo de vida, esta chicharrita, al igual que otros insectos con metamorfosis incompleta o hemimetábolos, presenta tres estados durante su desarrollo: huevo, ninfa y adulto (**Figura 2**). El ciclo de vida puede estar condicionado por numerosos factores, donde la temperatura es uno de los más relevantes (Van Nieuwenhove et al., 2016). De acuerdo a Nault (1998), el tiempo de desarrollo preimaginal (huevo a adulto) a 25 °C es de aproximadamente 25-30 días; las temperaturas óptimas para el desarrollo se localizan en el intervalo de los 20 a 30 °C, siendo las temperaturas extremas un condicionante importante en el desempeño de esta especie (Van Nieuwenhove et al., 2016). Los huevos eclosionan, a 25 °C, luego de transcurridos 9-10 días. Las ninfas mudan a adulto

tras unos 17 días pasando primero por cinco estadios ninfales. Las hembras presentan un período de pre-oviposición, el cual puede durar entre uno a dos días. La longevidad promedio de los adultos, a 26 °C, es entre siete-ocho semanas aproximadamente y las hembras pueden depositar entre 400-500 huevos a lo largo de su vida. Los adultos presentan dimorfismo sexual, donde las hembras tienen mayor tamaño que los machos y, en el extremo posterior de su abdomen en vista ventral, la presencia de un ovipositor, que se encuentra delimitado por dos valvas que definen una línea longitudinal observable (**Figura 3**).

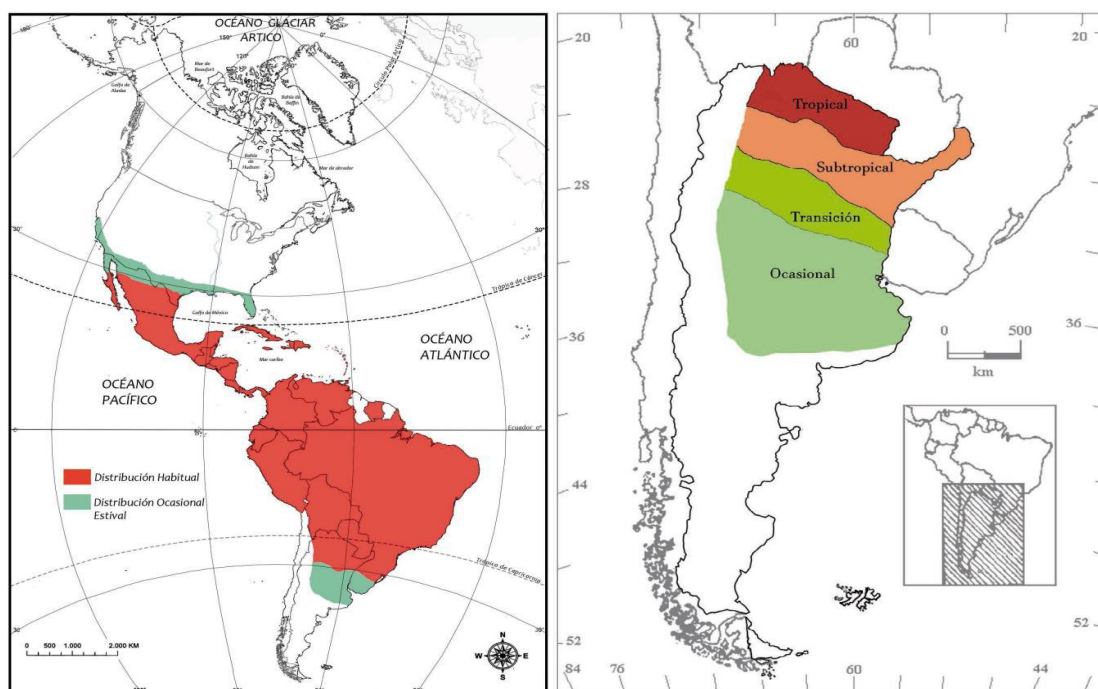


Figura 1: Distribución de la chicharrita del maíz, *Dalbulus maidis*. Izquierda: Escala global; Derecha: patrón de distribución latitudinal en la Argentina (región tropical; región subtropical; región de transición; y región ocasional). Mapas modificados de Sant

En cuanto a sus aspectos ecológicos, *D. maidis* es una especie multivoltina presentando al menos dos generaciones durante cada siembra, en la Argentina puede presentar hasta cinco generaciones por año, con solapamiento entre las diferentes generaciones cuando las condiciones son favorables (Virla *et al.*, 2003; Virla *et al.*, 2013).

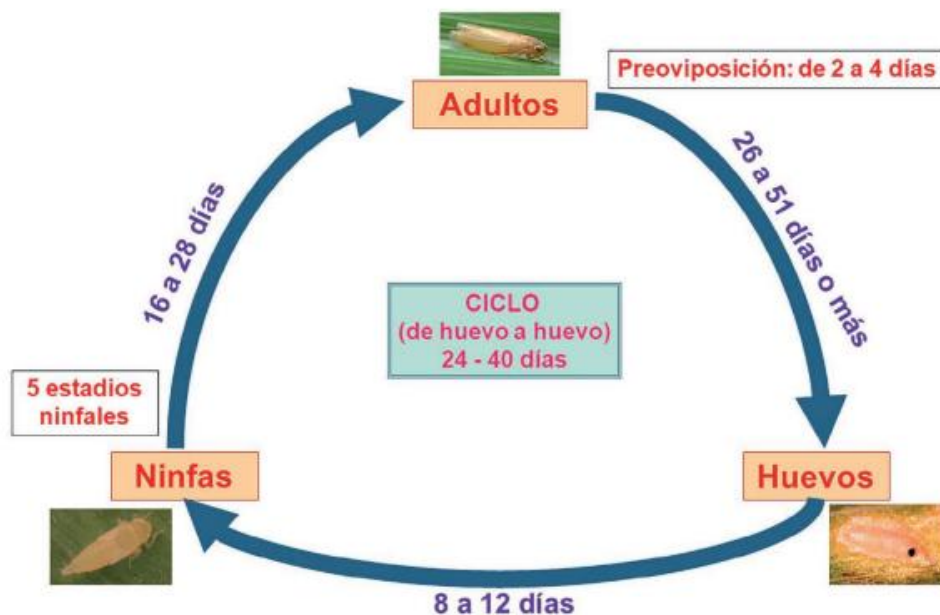


Figura 2: Ciclo de vida de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott). Los tiempos indicados son aproximados y dependen fundamentalmente de la temperatura y otros factores bajo los cuales se desarrolla la especie (Reproducida de E.G. Virla, Miscelanea 152, 2024).



Figura 3: Vista ventral de adultos macho y hembra de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) que evidencia la diferencia en su genitelia externa (Reproducida de E.G. Virla, Miscelanea 152, 2024).

Desde el punto de vista fitosanitario, *D. maidis*, tiene la capacidad de causar daños directos e indirectos al maíz. Esta chicharrita se alimenta principalmente del floema, transmitiendo a través de un mecanismo circulatorio-persistente propagativo tres patógenos importantes, los cuales pueden ocasionar: el “Maize Rayado Fino Virus o MRFV” (Tymovirales: Marafivirus), el “Corn Stunt Spiroplasma o CSS” (*Spiroplasma kunkelii* Whitcomb; Mollicutes: Spiroplasmataceae), y el “Maize Bushy Stunt Phytoplasma o MBSP” (*Candidatus Phytoplasma asteris*; Mollicutes: Acholeplasmataceae) (Virla *et al.*, 2010; Luft Albarracin *et al.*, 2017). El CSS, también conocido como “achaparramiento del maíz” (**Figura 4**), es la principal enfermedad del maíz causada por mollicutes en la Argentina, generando una disminución de la producción promedio de hasta el 70 % (Virla *et al.*, 2004). Sumado a esto, las hembras pueden ocasionar otros daños a los tejidos vegetales con su ovipositor, al depositar endofíticamente sus huevos, como así también por la producción y excreción de grandes volúmenes de melaza (o honeydew) que reducen el rendimiento del cultivo al favorecer el crecimiento de hongos (Bushing & Burton, 1974). En altas densidades de adultos, la disminución de la cobertura vegetal en plantas de maíz infestadas puede llegar al 40 % y, en el caso del peso de las raíces, puede llegar a reducirse en un 62 % (Waquil, 1997).



Figura 4: Plantas de maíz enfermas por “Corn Stunt Spiroplasma” o achaparramiento transmitido por *Dalbulus maidis*. Nótese el bandeo clorótico en la base de las hojas y las puntas de color rojizo sobre hojas superiores, y el enanismo o acortamiento de entrenudo

1.2.1. Hábitos y Comportamiento

Dalbulus maidis muestra preferencia por alimentarse de savia en el cogollo y las hojas nuevas del maíz, donde encuentra tejidos tiernos y nutritivos. Este comportamiento facilita la transmisión de patógenos, ya que el insecto puede inyectar saliva en múltiples puntos de la planta durante sus pruebas de alimentación ("probing"). La especie es predominantemente sedentaria, pero en caso de ausencia de maíz en el entorno, los adultos pueden dispersarse a otros cultivos cercanos en búsqueda de refugio. Es de vital importancia comprender, que este insecto es monófago y solo se alimenta y multiplica sobre representantes del género *Zea*, como el maíz y teosintes (Triplehorn y Nault, 1985). Sin embargo, esta chicharrita presenta cierta plasticidad frente a la ausencia del maíz y a condiciones

ambientales adversas, observándose a los adultos pasar el invierno refugiados en malezas y en cultivos invernales, desde donde colonizan al maíz durante la primavera y el verano (Virla et al., 2003).

Como todos los Cicadellidae, *D. maidis* produce y se recubre de millones de nanopartículas extracuticulares llamadas brocosomas, con lo cual adquieren la capacidad de mantenerse siempre secos y limpios. Los brocosomas son producidos en los tubos de Malpighi y están constituidos por nanoesferas de lípidos y proteínas que les confieren a las chicharritas características superhidrofóbicas y antirreflectantes (para más información ver Bello & Alleyne, 2024). Los brocosomas de *D. maidis* miden entre 0,26 y 0,33 μm (**Figura 5**).

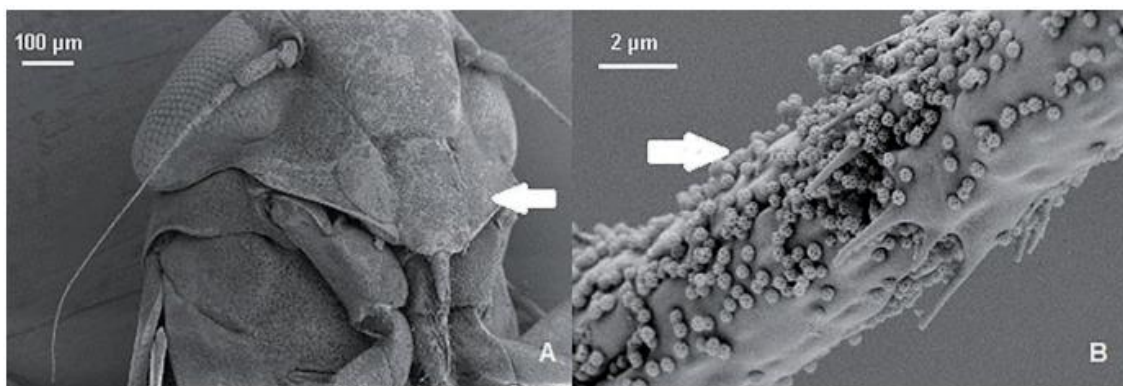


Figura 5: Brocosomas en *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott). A) Detalle en vista ventral de la cabeza y tórax mostrando la superficie del cuerpo cubierta por brocosomas. B) detalle de brocosomas en un segmento de la antena. Las flechas indican acúmulos de estas nanopartículas (Reproducida de E.G. Virla, Miscelanea 152, 2024).

Los brocosomas vuelven la cutícula superhidrofóbica, haciendo que el agua y los caldos acuosos no humecten ni se adhieran bien. Eso dificulta la retención y el contacto de formulaciones acuosas (incluidos insecticidas de contacto) sobre el cuerpo del insecto. Además, *D. maidis* se “limpia” activamente y desprende partículas depositadas (Lopes et al., 2025).

1.2.2. Recomendaciones de manejo agronómico

El manejo de *D. maidis* en el cultivo de maíz requiere un enfoque integrado que incluya monitoreo temprano, control químico y prácticas culturales. Entre las recomendaciones se destacan:

- **Monitoreo regular:** es esencial realizar monitoreos frecuentes, especialmente en fases tempranas del cultivo, para detectar y cuantificar las poblaciones de *D. maidis*. La instalación de trampas y el muestreo visual ayudan a determinar la densidad poblacional y la necesidad de intervención.

- **Selección de híbridos tolerantes:** la elección de híbridos de maíz con tolerancia a los patógenos transmitidos por *D. maidis*, es una estrategia fundamental en el manejo integrado. Los híbridos tolerantes al CAM reducen significativamente el impacto del patógeno y contribuyen a mantener los rendimientos bajo niveles de infestación elevados. La evaluación y comparación de híbridos mediante escalas relativas de tolerancia, ha sido abordada hace más de 5 años en la región norte, y sigue todavía evaluándose, y buscando conocimiento que permita a los productores seleccionar el conjunto de híbridos más adecuados para cada zona, optimizando así la producción en presencia de esta plaga.

- **Fechas de siembra:** evitar las fechas escalonadas, puesto que se daría así posibilidad de migración entre lotes. Se han visto perjudicados, los lotes sembrados más tardes, en una misma área o región. Si consideramos la vasta extensión argentina, el escalonamiento empieza en zonas de maíz temprano (centro del país, con inicio de siembra en octubre, o antes para el caso de tamberos de la cuenca Santa Fé / Córdoba: agosto/septiembre).

- **Control Químico:**

-Tratamiento de semilla: se pueden utilizar principios activos como el tiametoxam, clotianidin, imidacloprid, los cuales muestran una mejor performance de control cuando se incrementa su dosis, brindando una protección hasta el estadio fenológico V2.

-Tratamiento foliar: varios principios activos fueron registrados en el SENASA para el control de *D. maidis* en Argentina, como por ejemplo lambdacialotrina, isocycloseram, sulfloxaflor, clorfenapir, entre otros.

- **Prácticas culturales:** La eliminación de plantas voluntarias de maíz ("maíces guachos") y la rotación de cultivos contribuyen a reducir las poblaciones de *D. maidis* en el entorno agrícola. La limpieza de malezas también minimiza los refugios invernales de esta plaga.

1.3. Desarrollo de la pulverización selectiva

La pulverización selectiva surge de avances en sensores ópticos basados en la reflexión y separación espectral de la luz, principios estudiados desde Newton y aplicados al cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) desde la década de 1970. El NDVI utiliza la reflectancia en el visible e infrarrojo cercano para detectar vegetación y estimar su vigor, permitiendo diferenciar plantas de suelo y rastrojo.

En la década de 1990 se desarrolló en Estados Unidos el primer sistema comercial que integró detección por NDVI y pulverización selectiva, conocido como WeedSeeker (Trimble Agriculture). Estos sistemas combinan detección, procesamiento de información y ejecución del control, actualmente mayormente en tiempo real. También existen esquemas basados en imágenes multiespectrales obtenidas con drones para generar mapas de prescripción y realizar aplicaciones selectivas en una pasada posterior.

Por simplicidad operativa, los sistemas que integran detección, procesamiento y aplicación en tiempo real son los más difundidos. La pulverización selectiva permite identificar malezas y aplicar únicamente en los sitios infestados mediante la sincronización entre detección, velocidad de avance y disparo. Los métodos de detección más utilizados son NDVI, fluorescencia de clorofila y visión artificial. Los dos primeros analizan bandas espectrales, mientras que la visión artificial procesa características morfológicas y texturales. Aunque todos operan en tiempo real, los sistemas basados en imágenes completas suelen requerir mayor capacidad de

cómputo y presentan menores velocidades de trabajo. Para garantizar precisión, estos sistemas incorporan sensores complementarios de velocidad, presión, caudal y altura de botalón, que permiten ajustar la aplicación y mantener la calidad de pulverización.

La detección por NDVI puede realizarse mediante sensores remotos o sensores activos montados en el botalón, siendo estos últimos los más efectivos para aplicaciones en tiempo real. Un principio relacionado, aunque más específico, es la fluorescencia de la clorofila, utilizada por WEED-IT, actualmente el sistema más difundido en Argentina. Tanto NDVI como fluorescencia presentan alta eficacia bajo diversas condiciones ambientales y permiten aplicaciones “verde sobre verde” (Green-on-Green), detectando malezas dentro del cultivo desde estadios tempranos.

En Argentina, los sistemas comerciales más difundidos son WEED-IT y WeedSeeker (Rometron, 2023) (Figura 6). Ambos se integran a pulverizadoras de fabricación nacional y son compatibles con ISOBUS. Las versiones más recientes han priorizado la mejora operativa y la versatilidad de uso. En particular, WEED-IT Quadro amplió sus prestaciones más allá del spot spraying, permitiendo aplicaciones de fitosanitarios y fertilizantes líquidos durante todo el año.



Figura 6: Sistemas de pulverización selectiva con mayor desarrollo y presencia comercial en la Argentina: arriba: WEED-IT; abajo: WeedSeeker.

Ante lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue explorar cómo el uso de la tecnología de aplicación selectiva (Weed-It Quadro) puede resultar en intervenciones exitosas para el control de *D. maidis*, basándose en el principio de la fluorescencia de clorofila refractada por el cultivo y permitiendo ahorrar insumos (insecticidas) en el entresurco donde no hay presencia de cultivo. Asimismo, se evaluó el comportamiento de la tecnología en diferentes estadios fenológicos del cultivo.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

Evaluar el uso de insecticidas en maíz para el control de *D. maidis* con el objetivo de reducir el daño provocado por el complejo del achaparramiento del maíz, en Concepción del Bermejo, Chaco.

2.2. Objetivos específicos

-Evaluar la técnica de pulverización dirigida con Weed-IT Quadro, en comparación con una pulverización en cobertura total.

-Comparar estados fenológicos claves para el uso de cada tecnología, en función de lo que se conoce de la plaga y el cultivo.

2.3. Hipótesis general

La técnica de pulverización dirigida es más efectiva que una pulverización en cobertura total generando mayores márgenes cuando se lo aplica durante los primeros estadios fenológicos del cultivo de maíz.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Implantación y evaluación de los tratamientos

La siembra se llevó a cabo en un lote ubicado en la localidad de Concepción del Bermejo, Chaco, en el campo llamado “El Guayaibi” perteneciente a la empresa H&H Outfitters (-26.2257159, -60.8814350) durante la campaña 2023/2024. Se utilizó una sembradora John Deere DB de 48 surcos y se sembró el híbrido DK 7270 Trecepta, seleccionado por ser un material de tolerancia intermedia a buena frente al CAM. Los tratamientos fueron delimitados con estacas y ocuparon una superficie promedio de 1,2 ha. Se utilizaron dos insecticidas: Virantra™ (plinazolin, Syngenta) y Engeo (tiametoxam + lambdacialotrina, Syngenta); en tres momentos de aplicación: V2, V4 y V6, y dos formas de pulverización: dirigida con Weed-It y cobertura total con mosquito (**Tabla 1**). La elección de estos estadios fenológicos se basó en la importancia de realizar un control temprano de *D. maidis*, dado que una menor infestación inicial del vector reduce la probabilidad de transmisión de enfermedades asociadas y, por consiguiente, el desarrollo de síntomas en las plantas. Durante el estadio fenológico V6, se decidió dividir en dos el lote de cada tratamiento para poder aplicar el segundo insecticida.

Tabla 1: Detalle de los tratamientos realizados para el control de *Dalbulus maidis*. W: pulverización dirigida con Weed-IT Quadro. T: pulverización en cobertura total.

	Forma de aplicación - Estadio fenológico - Insecticida			
Tratamiento	V2	V4	V6	
1	W-Virantra	W-Virantra	W-Virantra	W-Engeo
2	W-Virantra	W-Virantra	T-Virantra	T-Engeo
3		W-Virantra	W-Virantra	W-Engeo
4		W-Virantra	T-Virantra	T-Engeo
5	T-Virantra	T-Virantra	T-Virantra	T-Engeo
6		T-Virantra	T-Virantra	T-Engeo
7			T-Virantra	T-Engeo
Testigo absoluto				

La evaluación se llevó a cabo utilizando trampas amarillas pegamentosas, para el monitoreo de adultos de *D. maidis*, en testigos y en las parcelas tratadas. Además, durante los estadios reproductivos del cultivo (R4 – R5), se realizó una evaluación cualitativa de los tratamientos según los síntomas de CAM en la planta, y tomando 20 mazorcas representativas de cada lote (ver Tabla 2). Todos los tratamientos fueron cosechados en su totalidad y además se tomaron 12 puntos de rendimiento de la cosechadora para poder realizar el análisis estadístico.

3.2. Análisis estadístico

Los datos de rendimiento fueron sometidos a un análisis exploratorio para verificar los supuestos del análisis de varianza (ANOVA). La normalidad de los residuos se comprobó mediante la prueba de Shapiro–Wilk y la homogeneidad de varianzas entre tratamientos mediante la prueba de Bartlett. Dado que, los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y/o homogeneidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis y, cuando correspondió, comparaciones múltiples de Dunn con ajuste de Benjamini–Hochberg. Todos los análisis se realizaron en el entorno estadístico R (R Core Team, 2025).

4. RESULTADOS

El conteo del número *D. maidis* utilizando las trampas pegamentosas fue muy bajo por lo que se decidió hacer una evaluación de daño en las mazorcas. Sin embargo, durante todo el ciclo del cultivo se observó presencia de individuos de *D. maidis* sobre las plantas, aunque en niveles reducidos y sin realizarse un registro cuantitativo sistemático de dicha presencia. La clasificación de las mazorcas se realizó en base a su longitud y se dividió en cuatro rangos: normal, leve, moderado y grave. Posteriormente, se llevó a cabo el recuento del número de granos por mazorca y el peso de 1000 granos para cada categoría (**Figura 7, 8, Tabla 2**).



Figura 7: Clasificación de las muestras de mazorcas antes de la cosecha



Figura 8: Clasificación visual de las mazorcas en normal, leve moderado y grave

Tabla 2: Clasificación de las mazorcas según su longitud promedio, número de granos/mazorca y peso de 1000 granos en cuatro rangos: normal, leve, moderado y grave

Rango	Longitud de la mazorca (cm)	Nº granos / mazorca	Peso de 1000 granos (g)
Normal	17,3	648	292
Leve	16	606	252
Moderado	16,6	655	165
Grave	15,7	597	143

Teniendo en cuenta la anterior clasificación, se evaluó la calidad de las mazorcas cosechadas en cada uno de los tratamientos según el daño asociado a la transmisión de patógenos por *D. maidis*.

Cuando las aplicaciones se hicieron con el insecticida Virantra durante los tres momentos de aplicación (**Figura 9**), el tratamiento 5 (cobertura total en los tres estadios fenológicos) fue el que presentó mayor porcentaje de daño mientras que el tratamiento 1 (dirigida con Weed-It en los tres estadios fenológicos) tuvo mazorcas con menor porcentaje de daño. El resto de los tratamientos tuvo comportamiento intermedio frente al CAM.

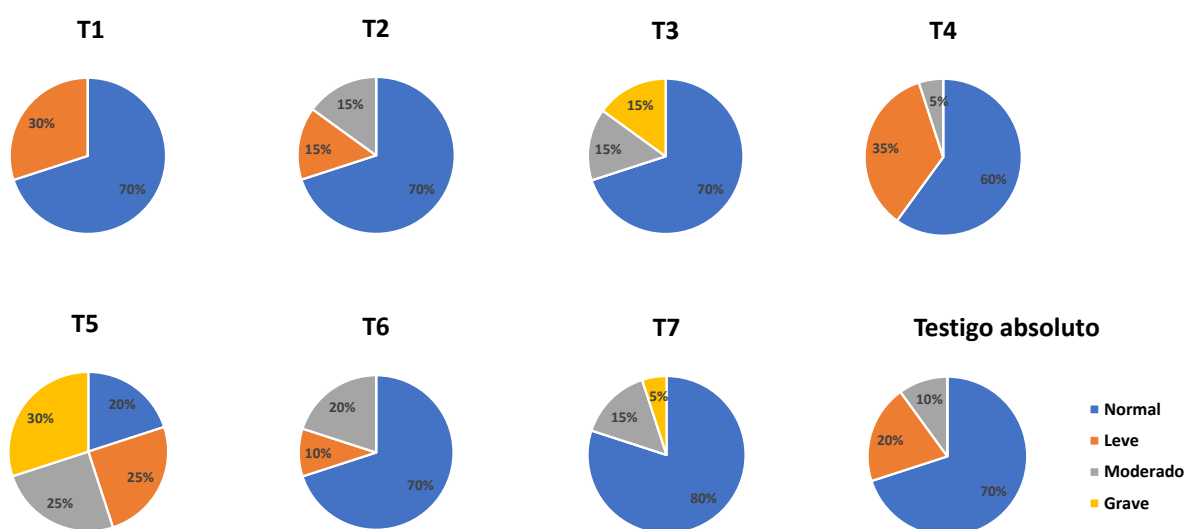


Figura 9: Porcentaje de daño asociado a la transmisión de patógenos por *D. maidis* teniendo en cuenta la longitud de las mazorcas cosechadas en cada uno de los tratamientos aplicados solo con el insecticida Virantra (ver Tabla 2).

Cuando la última aplicación se realizó con el insecticida Engeo (**Figura 10**), nuevamente el tratamiento 5 fue el que tuvo mazorcas con mayor heterogeneidad en sus tamaños con solo el 55 % de mazorcas consideradas normales. Por otro lado, el tratamiento 3 (dirigida con Weed-It en V4 y V6) fue el que presentó mejor calidad de mazorcas.

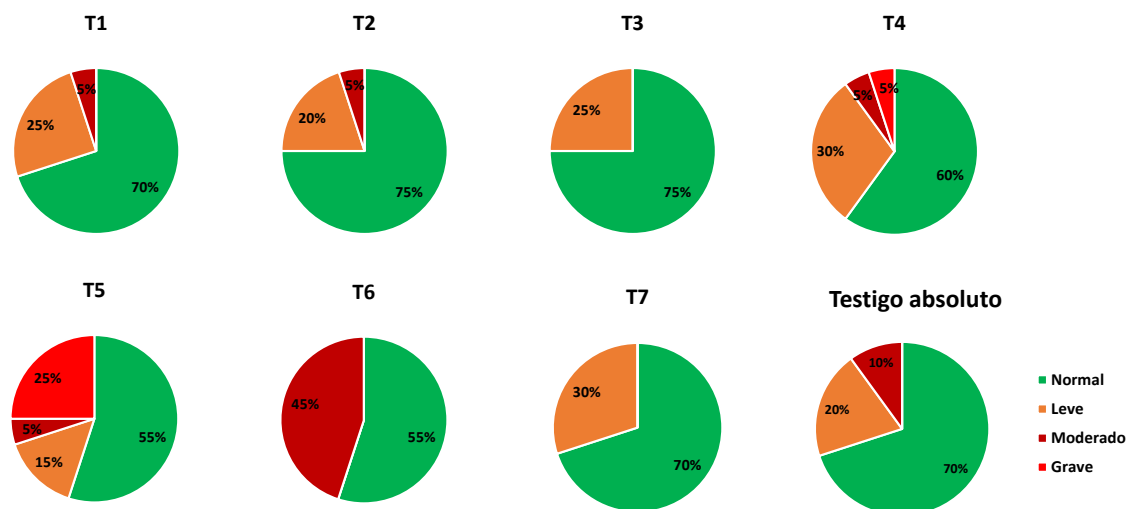


Figura 10: Porcentaje de daño asociado a la transmisión de patógenos por *D. maidis* teniendo en cuenta la longitud de las mazorcas cosechadas en cada uno de los tratamientos aplicados con el insecticida Engeo (ver Tabla 2).

Respecto a los tres estadios fenológicos usados para las aplicaciones de insecticidas, en ambos productos, los tratamientos 1 y 2 que incluyeron aplicaciones en el estadio fenológico V2, presentaron menor porcentaje de espigas con daño moderado o grave. Mientras que los tratamientos 3, 4 y 6, que corresponde a aplicaciones en V4 y V6, presentaron mayores porcentajes de daño de espigas.

En cuanto a los rendimientos obtenidos de cada tratamiento, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($\chi^2 = 8.1369$, $df = 7$, $p\text{-value} = 0.3207$). Sin embargo, cuando la aplicación se realizó con cobertura total, los tratamientos 5, 6 y 7 presentaron un rendimiento un 7,4 %, 5,5 % y 8,7 % menor que el testigo absoluto, respectivamente (**Figura 11**).

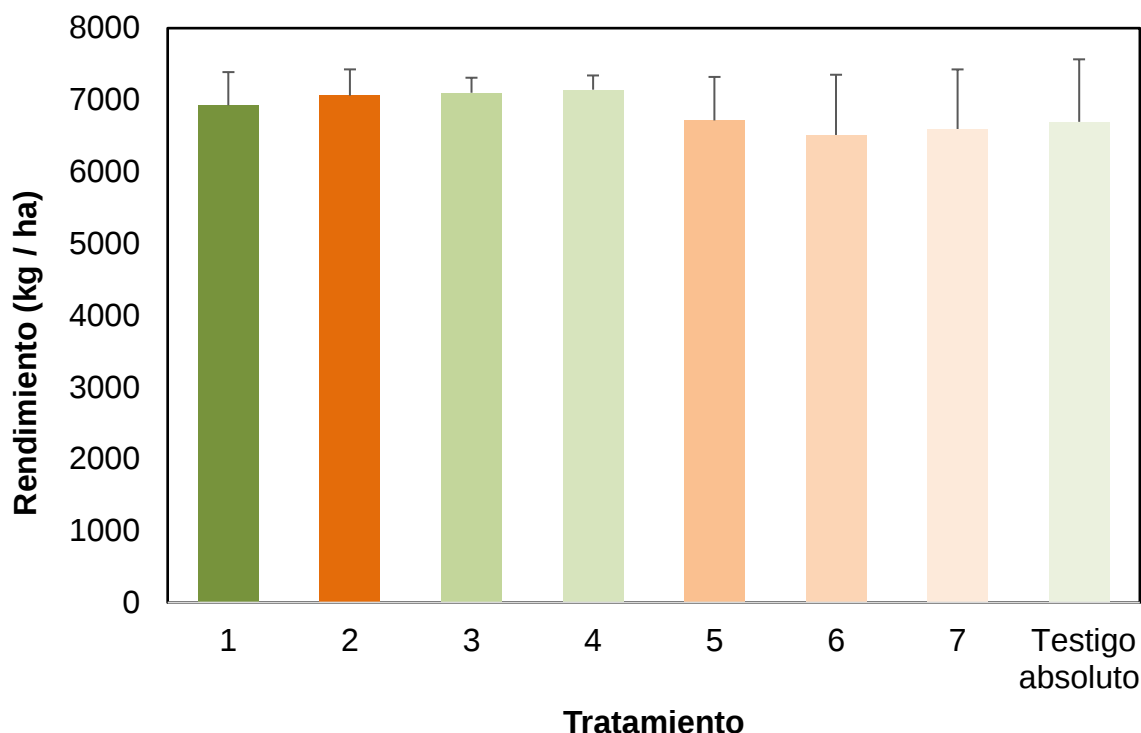


Figura 11: Rendimientos en kg/ha para cada uno de los tratamientos detallados en la Tabla 1.

5. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que, durante la campaña de maíz 2023/2024, no se registró una alta presión poblacional de *D. maidis* en la zona evaluada. Esto se reflejó en la escasa captura de individuos en las trampas pegajosas y en la ausencia de diferencias significativas en el rendimiento final entre tratamientos. Sin embargo, el análisis cualitativo de las mazorcas evidenció síntomas compatibles con infecciones leves asociadas al CAM, tales como menor longitud y peso de los granos. Estos resultados sugieren que, aun bajo condiciones de baja densidad poblacional, la presencia de *D. maidis* puede generar alteraciones en la calidad de las mazorcas y en la estructura del cultivo, coincidiendo con lo reportado por Giménez Pecci et al. (2019).

La utilización de aplicaciones selectivas con la tecnología WEED-IT mostró mejores resultados a los obtenidos con las aplicaciones convencionales de cobertura total. La tecnología WEED-IT, basada en sensores ópticos de detección

de clorofila, ha demostrado alta precisión en la detección de vegetación verde y reducción significativa del uso de fitosanitarios (Rometron, 2023). Esto indica que, en contextos de baja incidencia, las aplicaciones dirigidas podrían representar una alternativa eficiente desde el punto de vista técnico y económico, permitiendo reducir el volumen total de insecticida aplicado en aproximadamente un 30–40 %, sin comprometer el control ni la productividad. Estudios previos con tecnologías de detección verde-suelo, como WEED-IT o WeedSeeker, han demostrado reducciones del 50–80 % en el volumen de aplicación sin comprometer la eficacia (Busemeyer et al., 2020). Además, cabe destacar que este estudio representa una de las primeras experiencias en la aplicación de la tecnología selectiva WEED-IT con insecticidas para el manejo de *D. maidis* en maíz, aportando información valiosa para futuras investigaciones y validaciones a campo.

Un aspecto relevante observado en este trabajo fue que los tratamientos que incluyeron aplicaciones tempranas, particularmente en V2, tendieron a presentar un menor porcentaje de mazorcas con daño moderado o grave. Este resultado coincide con lo reportado en la literatura sobre la epidemiología del complejo del achaparramiento del maíz, donde se destaca que las infecciones tempranas por CAM generan las mayores pérdidas productivas y sintomatologías más severas (Virla et al., 2004; Giménez Pecci et al., 2019). Debido a que *D. maidis* adquiere y transmite el patógeno de manera persistente-propagativa, la colonización inicial del cultivo resulta determinante en la evolución de la enfermedad a nivel de lote.

Diversos autores señalan que los estadios vegetativos tempranos constituyen la etapa de mayor susceptibilidad del cultivo frente a la transmisión del CAM, ya que infecciones ocurridas antes de V4 - V6 afectan directamente el desarrollo de los entrenudos, la formación de espigas y el llenado de granos (Nault y Madden, 1988; Giménez Pecci et al., 2019). En este sentido, los resultados obtenidos sugieren que las aplicaciones tempranas podrían haber reducido la probabilidad de infección primaria o limitado la colonización inicial del vector, aun bajo condiciones de baja presión poblacional.

Por otro lado, los tratamientos que recibieron aplicaciones únicamente en V4

y V6 presentaron una mayor proporción de mazorcas con síntomas moderados o graves. Esto podría indicar que, una vez establecida la infección durante los primeros estadios del cultivo, las aplicaciones tardías poseen menor impacto sobre el desarrollo posterior de los síntomas, dado que el daño fisiológico ocasionado por CAM ya se encuentra instalado en la planta. Esta observación refuerza la importancia de realizar intervenciones preventivas y oportunas, especialmente considerando que actualmente no existen umbrales económicos claramente definidos para *D. maidis*, y que las decisiones de control suelen basarse en la simple detección del vector en el cultivo (Pinto et al., 2024).

Asimismo, debe considerarse que la baja captura de adultos en trampas pegajosas no necesariamente refleja ausencia de riesgo epidemiológico. Estudios previos indican que poblaciones relativamente bajas de *D. maidis* pueden provocar infecciones significativas cuando los individuos son infectivos y las condiciones ambientales favorecen la transmisión del patógeno (Virla et al., 2013). Esto podría explicar por qué, aun sin diferencias estadísticas en rendimiento, se observaron alteraciones cualitativas en las mazorcas evaluadas.

Finalmente, los resultados obtenidos también destacan el potencial de la pulverización selectiva como herramienta complementaria dentro de programas de manejo integrado de plagas. La posibilidad de concentrar las aplicaciones sobre las líneas del cultivo permitiría optimizar el uso de insecticidas en estadios tempranos, momento donde el cultivo presenta baja cobertura vegetal y gran proporción de suelo descubierto. Esto adquiere especial relevancia en el manejo de *D. maidis*, donde la oportunidad de aplicación parece ser más importante que el volumen total pulverizado. Además, la posibilidad de combinar esta tecnología con la rotación de principios activos y estadios fenológicos oportunos de aplicación, brindando flexibilidad para optimizar recursos y minimizar riesgos de resistencia o impacto ambiental.

6. CONCLUSIÓN

En las condiciones del presente trabajo, la baja presión de *D. maidis* no permitió observar pérdidas significativas de rendimiento, aunque sí se detectaron efectos cualitativos sobre la mazorca compatibles con infecciones leves por el CAM. La tecnología de aplicación selectiva WEED-IT mostró una eficiencia comparable a la aplicación convencional, con una reducción sustancial del consumo de insecticidas. En este contexto, la oportunidad de control temprana adquiere una relevancia central dentro del manejo integrado de la plaga, aun en campañas de baja presión poblacional. La detección temprana del vector y la rápida intervención permitirían disminuir el riesgo epidemiológico asociado a la transmisión del CAM.

Por lo tanto, este tipo de herramientas representa una estrategia promisoría para mejorar la sostenibilidad del manejo químico de *D. maidis*, especialmente en campañas con baja presión de la plaga o cuando se busca optimizar el uso de productos de mayor costo. Su implementación, combinada con un monitoreo adecuado y una planificación basada en las condiciones ambientales y epidemiológicas, permitiría mantener la eficacia del control y reducir el impacto económico y ambiental de las aplicaciones. En este sentido, los resultados obtenidos también refuerzan la importancia de realizar intervenciones químicas en estadios tempranos de establecimiento poblacional de *D. maidis*, ya que el control resulta más eficiente cuando las poblaciones son incipientes, contribuyendo así a un enfoque de manejo integrado del patosistema. Por el contrario, retrasar las aplicaciones hasta alcanzar mayores densidades poblacionales puede reducir sustancialmente la eficacia de control.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Bello, E. y Alleyne, M. (2024). *Brochosome size variation and its influence on leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) wing wettability*. Journal of Insect Science 24(1): 1–6. DOI: 10.1093/jisesa/ieae003
- Bernal, J. S., Dávila-Flores, A. M., Medina, R. F., Chen, Y. H., Harrison, K. E., y Berrier, K. A. (2019). *Did maize domestication and early spread mediate the population genetics of corn leafhopper?*. Insect Science, 26(3), 569-586.
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2024). *Informe de campaña 2023/24: Producción de maíz*. BCR.
- Bussemeyer, M., Dworak, V., Dammer, K. H., y Gerhards, R. (2020). *Field evaluation of a sensor-based precision sprayer for site-specific weed management*. Precision Agriculture, 21, 109–126. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09663-7>
- Bushing, R. W., y Burton, V. E. (1974). *Leafhopper damage to silage corn in California*. Journal of Economic Entomology, 67(5), 656-658.
- Dávila-Flores, A. M., Dewitt, T. J., y Bernal, J. S. (2013). *Facilitated by nature and agriculture: Performance of a specialist herbivore improves with host-plant life history evolution, domestication, and breeding*. Oecologia, 173(4), 1425-1437.
- FAO. (2022). *El maíz como cultivo estratégico en la seguridad alimentaria mundial*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Giménez Pecci, M. P., Laguna, I. G., Remes Lenicov, A. M. M., y Virla, E. G. (2019). *Epidemiología y manejo de enfermedades asociadas a la chicharrita del maíz (Dalbulus maidis)*. Revista de la Facultad de Agronomía (UBA), 119(1), 57–72.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2023). *Informe anual de producción agrícola*. INTA Ediciones.
- Luft Albarracin, E., Triapitsyn, S. V., y Virla, E. G. (2017). *Egg parasitoid complex of the corn leafhopper, Dalbulus maidis (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae), in Argentina*. Neotropical Entomology, 46(6), 666-677.

- Lopes, R. B., Faria, M., y Oliveira, C. M. (2025). *Susceptibility of Dalbulus maidis to insect-pathogenic fungi: unveiling the protective role of brochosomes and self-cleaning behavior*. Journal of Pest Science, 98(2), 759-768.
- Nault, I. R., y Madden, I. V. (1988). *Phylogenetic relatedness of maize chlorotic dwarf virus leafhopper vectors*. Phytopathology, 78(12), 1683-1687.
- Pinto, C. B., Carmo, D. D. G. D., Santos, J. L. D., Pimentel, E. D. S., Mota, A. D. S., da Silva, R. S., y Sarmiento, R. A. (2024). *Optimizing corn crop protection: The first sampling plan for controlling Dalbulus maidis (Hemiptera: Cicadellidae)*. Plants, 13(13), 1779.
- R Core Team (2025). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rometron B.V. (2023). *WEED-IT Quadro: Advanced Chlorophyll Detection for Precision Spraying*. WEED-IT Official Documentation <https://weed-it.com>
- Triplehorn, B.W., Nault, L.R. (1985). *Phylogenetic classification of the genus Dalbulus (Homoptera: Cicadellidae), and notes on the phylogeny of the Macrostelini*. Annals of the Entomological Society of America 78: 291– 315.
- Van Nieuwenhove, G. A., Frías, E. A., y Virla, E. G. (2016). *Effects of temperature on the development, performance and fitness of the corn leafhopper Dalbulus maidis (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae): Implications on its distribution under climate change*. Agricultural and Forest Entomology, 18(1), 1-10.
- Virla, E. G., Casuso, M., & Frias, E. A. (2010). *A preliminary study on the effects of a transgenic corn event on the non-target pest Dalbulus maidis (Hemiptera: Cicadellidae)*. Crop Protection, 29(6), 635-638.
- Virla, E. G., Díaz, C. G., Carpane, P., Laguna, I., Ramallo, J., Gerónimo Gómez, I., y Giménez Pecci, M. P. (2004). *Estimación preliminar de la disminución en la producción de maíz causada por el “Corn Stunt Spiroplasma” (CSS) en Tucumán, Argentina*. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, 30, 257-267.

- Virla, E. G., Moya-Raygoza, G., y Luft-Albarracin, E. (2013). *Egg parasitoids of the corn leafhopper, Dalbulus maidis, in the southernmost area of its distribution range*. Journal of Insect Science, 13(1).
- Virla, E. G., Paradell, S., & Diez, P. (2003). *Estudios bioecológicos sobre la chicharrita del maíz Dalbulus maidis (Insecta-Cicadellidae) en Tucumán (Argentina)*. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, 29, 17-26.
- Waquil, J. M. (1997). *Amostragem e abundância de cigarrinhas e danos de Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em plântulas de milho*. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, 26(1), 27-33.