

El achaparramiento del maíz y las decisiones agrícolas en Argentina

Documento elaborado por la Mesa Técnica Nacional del INTA¹

1- Introducción

En Argentina, el cultivo de maíz tiene relevancia estratégica desde la producción primaria en la forma de forrajes y granos que aportan al consumo directo y a la transformación a proteína animal, y su contribución industrial generando diversos productos entre los que se destacan la harina, aceite, y etanol. La cadena del maíz contribuye a mercado interno y externo, con un aporte substancial en la generación de divisas. Asimismo, el maíz es clave para el funcionamiento eficiente y la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios.

En la última década, el área sembrada con maíz casi se duplicó (de 5,0 a 9,7 M ha), mientras que la producción de grano pasó de 21,5 a 60,5 M t, de las cuales 35 M t se destinan a exportación como grano. Siendo una especie C4, su producción es elevada y aporta biomasa que permite sostener cobertura y construir fertilidad. En siembra directa, la alta relación C:N permite que el rastrojo permanezca en superficie por largo tiempo, reduciendo pérdidas de agua por evaporación y escorrentía en toda la secuencia agrícola. Además, la descomposición gradual del rastrojo, junto al aporte de raíces, es sustrato para cultivar la fertilidad biológica, física y química del suelo, que confiere soporte al sistema productivo. Una baja participación del cultivo en las secuencias constituye una debilidad para planteos de agricultura continua como los que actualmente predominan en Argentina, lo que se evidencia rápidamente en la dificultad para lograr cobertura y fertilidad. Por otro lado, una participación de maíz excesiva puede generar problemas como el manejo de altos volúmenes de rastrojo bajo siembra directa en zonas frías o la generación de un ambiente más conducente para la proliferación de plagas y enfermedades. Durante el último lustro la proporción de maíz representó entre un tercio y la mitad de la superficie agrícola en las porciones subhúmedas y semiáridas de las regiones chaqueña y pampeana. Varias empresas en zonas semiáridas en el norte y el oeste de Argentina tienen planteos con más superficie de maíz que de soja, aumentando la frecuencia de lotes de maíz sobre antecesor maíz. Dado que su resultado económico suele superar a otras alternativas estivales, una reducción del área sembrada con maíz tendría un impacto económico negativo para las empresas y, una reducción más acentuada y sostenida en el tiempo, significaría, además, un problema para el diseño de las secuencias agrícolas en la región.

Dada la relevancia del cultivo, los factores de estrés que imponen restricciones a la producción de maíz constituyen un motivo de preocupación y atención para la cadena productiva. El impacto que tuvo la

¹ Integración de la Mesa Técnica Nacional del INTA sobre el achaparramiento del maíz: Jorge Mercau, Laura Echarte, María de La Paz Giménez Pecci, Violeta Macarena Casuso, Marcelo Druetta, Facundo Ferraguti, Claudia Vega, Ada Karina Torrico, Marina Montoya, Fernando Ross, Eduardo Trumper (en representación de numerosa/os colegas de diferentes Unidades de la institución).

epifitía de achaparramiento del maíz en la campaña 2023/24 representa un desafío muy relevante para la agricultura en Argentina y requiere de un esfuerzo conjunto de todos los actores de la cadena para enfrentarlo.

2- Epidemiología y ecofisiología: claves para entender y manejar el problema

El **patosistema del achaparramiento** está integrado por el maíz como hospedante, los agentes fitopatógenos y el insecto vector. Los agentes patógenos son *Spiroplasma kunkelii*, *Maize bushy stunt phytoplasma* (MBSP), *Maize rayado fino virus* (MRFV) y *Maize striate mosaic virus* (MSMV) y pueden encontrarse en infecciones simples o mixtas afectando la planta. Los síntomas varían según el patógeno o la combinación de éstos (Figura 1). Los dos primeros son bacterias sin pared celular de la Clase *Mollicutes* y los dos restantes son virus. Históricamente, la enfermedad en Argentina ha sido causada principalmente por *S. kunkelii*, denominado en inglés “corn stunt spiroplasma” (CSS) (Figura 1). Estos patógenos sistémicos son inoculados directamente en el floema, por el cual se propagan a todas las partes de la planta. Individualmente o combinados, pueden generar síntomas similares a los de estrés abiótico en maíz (ver más adelante), aunque con diferencias que permiten distinguirlos.

El **virus del rayado fino (MRFV)** progresa rápidamente en la planta, por lo que en infecciones tempranas puede provocar acortamiento de entrenudos resultando en plantas de menor altura, *plantas achaparradas*. Además, en plantas infectadas por este virus es frecuente observar *espigas pequeñas y granos salteados* (Figura 1a). Ambos síntomas pueden confundirse con los de algunos estreses abióticos. Sin embargo, las hojas presentan *finas rayas a lo largo de las nervaduras*, visibles al trasluz, un síntoma exclusivo de este patógeno (Figura 1b). Los *Mollicutes* **CSS** y **MBSP** proliferan en los vasos del floema, obstruyendo progresivamente el transporte de azúcares entre órganos, mientras el xilema mantiene su funcionalidad. Este progreso más lento hace que solo en ataques muy severos y tempranos o en materiales muy susceptibles, se observe achaparramiento causado por estos patógenos. El primer síntoma es el *enrojecimiento de las hojas* muchas veces acompañado por amarillamiento que se inicia desde los márgenes y avanza hacia la nervadura central (Foto 1c). Las antocianinas comienzan a sintetizarse cuando las hojas no pueden exportar los productos de la fotosíntesis. En condiciones de elevada temperatura, infección temprana, híbridos muy susceptibles o altas poblaciones de chicharrita, puede observarse un síntoma exclusivo de la infección por CSS: *estrías cloróticas* que nacen en la base de la lámina, de borde irregular, que se extienden hasta el extremo foliar (Figura 1d). En las infecciones con ambas bacterias, el flujo de fotoasimilados hacia la espiga se reduce drásticamente y el *llenado de granos* se interrumpe *prematuramente* (Figura 1e); también inducen un desbalance hormonal que puede expresarse en multiespigas (Figura 1f) y en proliferación de macollos. La interrupción del llenado de granos en las plantas enfermas puede ocurrir hasta tres semanas antes que en las no infectadas, impactando fuertemente en

el rendimiento y la calidad, y afectando la inocuidad por brotado de granos y presencia de hongos micotoxigénicos.

Un aspecto relevante para diferenciar los efectos de estreses ambientales de los provocados por los patógenos mencionados es que la planta enferma no logra movilizar las reservas del tallo, por lo que la caña no se debilita. Sin embargo, el ambiente podría favorecer luego a algún patógeno secundario. Un daño homogéneo o generalizado de las plantas en el lote no suele ser el resultado exclusivo de una enfermedad. Tal escenario podría ser consecuencia de una densidad poblacional del vector extremadamente alta e infectiva y/o del uso de híbridos muy susceptibles, afectando al cultivo en el mismo estado fenológico, sin descartar que ambos tipos de estreses (bióticos y abióticos) puedan estar ocurriendo. Así, la evaluación de los *síntomas de achaparramiento en las plantas, junto con el patrón espacial del daño* permite una separación más clara de los efectos de factores abióticos (ver más adelante).

El vector, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), conocido popularmente como “chicharrita del maíz”, es el único insecto en Sudamérica con capacidad comprobada para transmitir en la naturaleza los fitopatógenos que provocan el achaparramiento del maíz y, en el cono sur de América solo puede alimentarse y completar su ciclo sobre esa especie vegetal. Su elevada capacidad reproductiva y de dispersión, lo convierten en un vector muy eficaz. Su ciclo biológico, de huevo a huevo, atraviesa 5 estadios ninfales y finaliza en el adulto alado y fértil (Figura 2). El ciclo se acelera con el aumento de la temperatura media diaria, aún hasta valores de 32-36 °C. Por ejemplo, en condiciones controladas de laboratorio se completa en 35-40 d si la temperatura media es de 25 °C, 55-60 d si es de 17,5 °C y se acorta a 24-28 d a 31 °C. La duración del ciclo del vector podría considerarse equivalente al tiempo que tarda el cultivo en desplegar unas 14-16 hojas. Cabe agregar que los umbrales térmicos para que ocurra la oviposición y para que las ninfas puedan emerger de los huevos son 15 °C y 17 °C, respectivamente. Por otra parte, la mortalidad del insecto por exposición a bajas temperaturas depende de las condiciones en las que se crió. Cuando el vector fue criado en ambientes cálidos (temperatura media 24 °C), en experimentos de laboratorio, la exposición a -5 °C durante 4 h eliminó el 50 % de la población y, durante 24 h, el 100 %, mientras que las criadas en ambientes templados (temperatura media 20 °C), requirieron 9 y 36 h d⁻¹ exposición al frío.



Figura 1. Síntomas de achaparramiento de maíz: a) espigas con granos salteados característico de virus de rayado fino del maíz (MRFV); b) rayas cloróticas finas paralelas a las nervaduras (MRFV); c) bordes rojizos y clorosis que avanzan hacia la nervadura central; d) estrías cloróticas que nacen en la base de la lámina foliar, síntoma típico causado por *Spiroplasma kunkelii*; e) espigas pequeñas; f) planta con crecimiento achaparrado y espigas múltiples.

En condiciones de campo, el efecto de la ocurrencia de bajas temperaturas sobre la mortalidad del vector depende de la alta movilidad del insecto y del refugio que haya conseguido. La longevidad del vector puede ser de aproximadamente 80 d, aunque ya en 50 d, si no tiene maíz para alimentarse la mortalidad puede alcanzar al 75 % de la población. Sin embargo, la fracción de la población que sobrevive al frío y a la ausencia de alimento, está principalmente integrada por hembras, que tienen más reservas acumuladas al comienzo del invierno. Los adultos invernantes e infectados son los que portan el inóculo primario de la enfermedad y los primeros individuos vectores de la campaña siguiente.

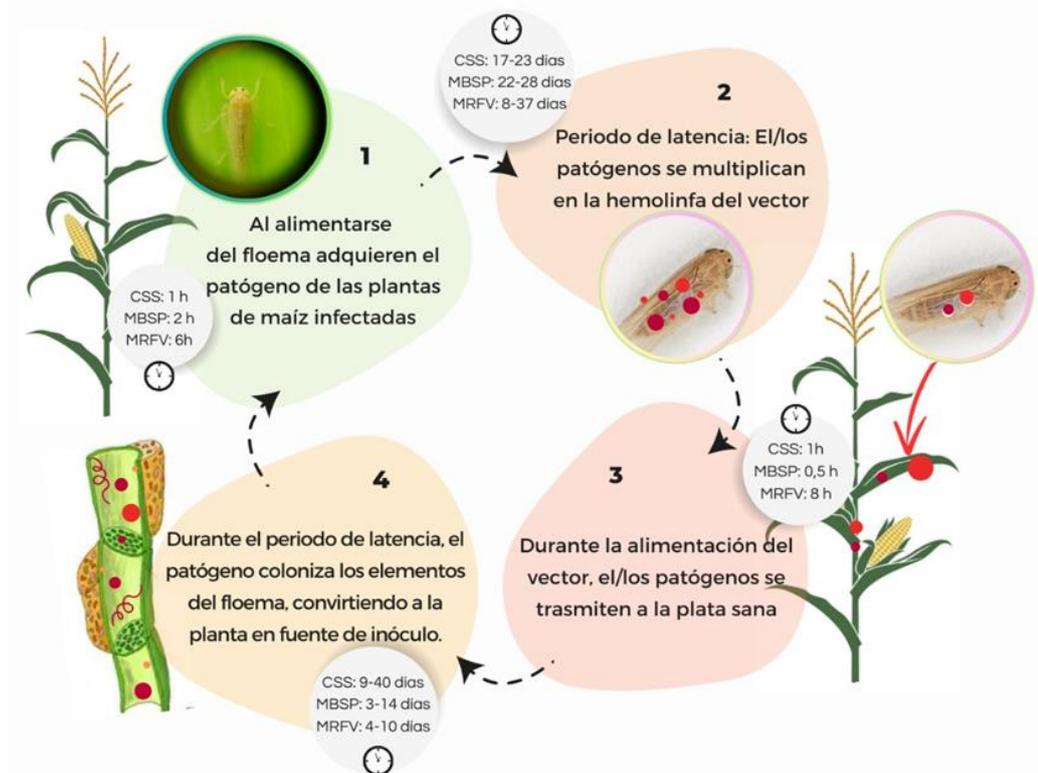
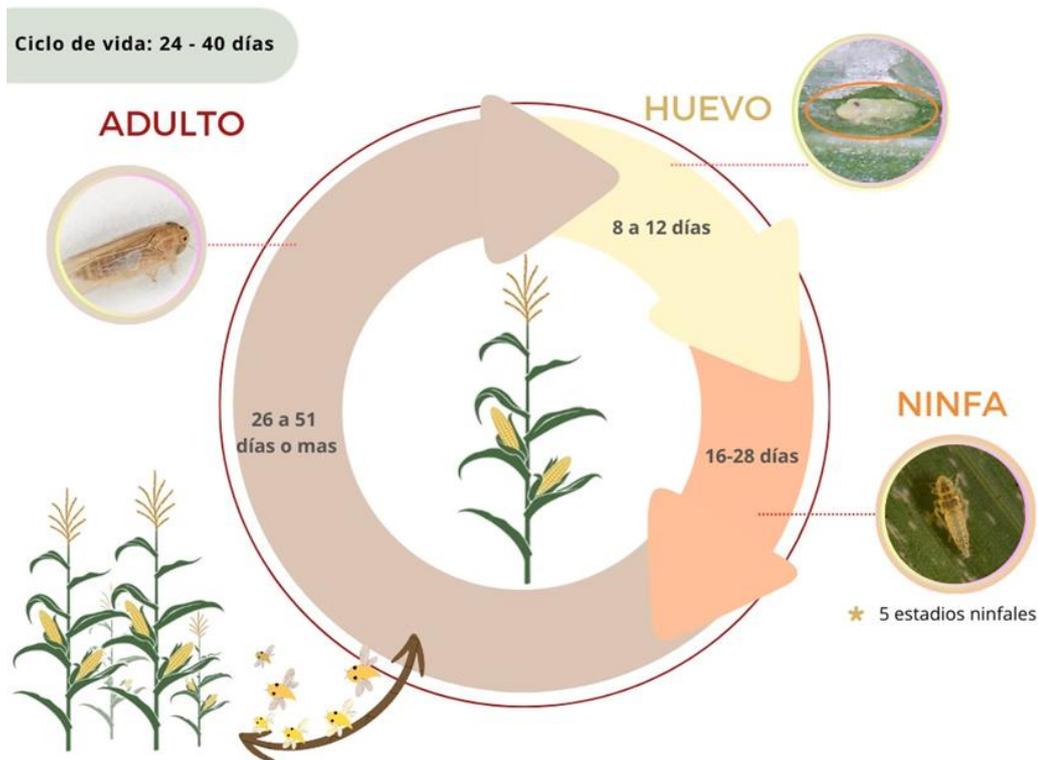


Figura 2. Ciclo de vida de la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*; arriba; adaptado de Virla, 2024) y de los patógenos causantes del achaparramiento dentro del vector y de la planta de maíz (abajo; adaptada de Pozebon et al., 2022). En el ciclo del vector se incluye la duración de cada etapa y en el de los patógenos, el tiempo que demora cada proceso según el patógeno. CSS: *Spiroplasma kunkelli*, MBSP: *Maize bushy stunt phytoplasma*, MRFV: virus del rayado fino del maíz. Adaptación y elaboración de las figuras L. López y M. Druetta. El ciclo, de huevo a huevo, equivale a lo q la planta de maíz tarda en desplegar 14-16 hojas.

La dinámica de propagación de la enfermedad requiere que la chicharrita inocule plantas de maíz y que otros individuos sanos se contagien al alimentarse de esas plantas. Si bien es posible que se cumpla

más de un ciclo de propagación (dinámica policíclica), los tiempos de latencia e incubación de los fitopatógenos en planta e insecto, respectivamente, y los tiempos de desarrollo del vector, conducen a una dinámica monocíclica. Un ciclo debe atravesar por un período de latencia en la planta para que ésta constituya fuente de inóculo para un insecto no infectado y un tiempo de incubación para que éste pueda ser infectivo. Los síntomas foliares en maíz aparecen, según la temperatura, en CSS: 9-40 d, MBSP: 3-22 d, MRFV: 4-10 d, aunque el insecto puede contagiarse unos días antes de la aparición de síntomas. En el vector, los rangos de período de incubación son 17-23 d (CSS), 22-28 d (MBSP), y 8-37 d (MRFV), dependiendo de la temperatura. El vector, además, prefiere plantas jóvenes para alimentarse por lo que el carácter policíclico de la enfermedad no es relevante en un mismo cultivo, pero sí lo es para propagarla en la población del vector y hacia otros lotes sembrados más tarde en la estación. Por otra parte, según diversos antecedentes de investigación, el cultivo es más susceptible a infecciones que ocurren en la etapa vegetativa y el impacto de una infección tardía sobre el rendimiento es mucho menor.

La disponibilidad de plantas de maíz, en el tiempo y en el espacio, y la forma en que el cultivo se comporta frente a los estreses abióticos son dos aspectos críticos para entender y manejar la enfermedad del achaparramiento. La fecha de siembra condiciona la disponibilidad de alimento para el vector y es la práctica de manejo con mayor impacto en el rendimiento del cultivo. El objetivo es ubicar al período crítico del cultivo (un mes centrado en la floración femenina) en un ambiente con buena oferta de recursos (agua, nutrientes y luz) y minimizar los riesgos climáticos (sequía, estrés térmico, heladas tardías o tempranas). Siembras demasiado tempranas generan una implantación lenta y desuniforme y siembras demasiado tardías, un llenado de grano restringido por baja radiación y temperatura. Además, en ambos extremos de fechas de siembra las heladas suelen dañar el cultivo. Aunque el rendimiento potencial cae con el atraso de la siembra, sobre todo hacia el sur de la región pampeana (latitudes mayores a 35° S), el riesgo de sequía y daños por temperaturas muy altas alrededor de la floración, llevan a que las siembras tardías tengan mayor estabilidad de rendimientos en muchos ambientes sobre los que ha avanzado el maíz en la última década.

El maíz puede presentar varios **síntomas asociados a diferentes estreses abióticos** que se podrían confundir con los de la enfermedad del achaparramiento. Normalmente, hasta la aparición de la panoja ocurre la expansión de las hojas y, a partir de cinco hojas, la elongación de los entrenudos las ubica a una altura creciente. Si la siembra se realiza con poca agua disponible en el suelo y las lluvias son escasas en las etapas tempranas, los entrenudos quedan más cortos y las plantas, más bajas, “*achaparradas*” (**Figura 3a**). La deficiencia de algunos nutrientes puede provocar cambios en el color de las hojas (por ejemplo, coloración rojiza en los bordes de las hojas por deficiencia de P, y bordes rojizos con interior clorótico en situaciones de deficiencia de K). El estrés térmico por temperaturas muy elevadas en prepanojamiento o antes del cuaje de granos (R2-R3), especialmente si coincide con estrés hídrico, puede causar un efecto de *granos salteados* y/o una reducción del crecimiento que genere *espigas muy* pequeñas en relación con el

tamaño de las plantas. Esto produce un exceso de carbohidratos para el llenado de granos, se ralentiza la fotosíntesis y aparecen *tonos rojos* en hojas y otras partes de la planta por la síntesis de antocianinas (**Figura 3b**). Alrededor de esa etapa, la reducción del crecimiento debido a baja disponibilidad de recursos genera plantas con menos granos, bajas reservas y granos potencialmente más chicos. Si las plantas crecieron adecuadamente y cuajaron muchos granos, el estrés hídrico durante el llenado (entre R3 y R5 inclusive), especialmente combinado con muy altas temperaturas o medias elevadas, puede causar alta removilización de carbohidratos, aceleración del llenado, *su interrupción prematura* y *granos livianos*. Además, al debilitarse la caña pueden ingresar hongos en el pie (*Fusarium* sp., *Diplodia* sp., *Macrophomina* sp., entre otros) causando *quiebre y/o vuelco* (**Figura 3c**). En esas condiciones un evento intenso de viento puede aumentar drásticamente el vuelco y/o quebrado. Una diferencia frecuente con los daños por una enfermedad es que los factores abióticos actúan sobre la mayor parte de las plantas en el sector del lote afectado, mientras que las enfermedades suelen tener individuos sanos y enfermos dentro de un ambiente. Sin embargo, ambos tipos de estreses (bióticos y abióticos) pueden interactuar sobre el rendimiento del cultivo y dificultar el diagnóstico.

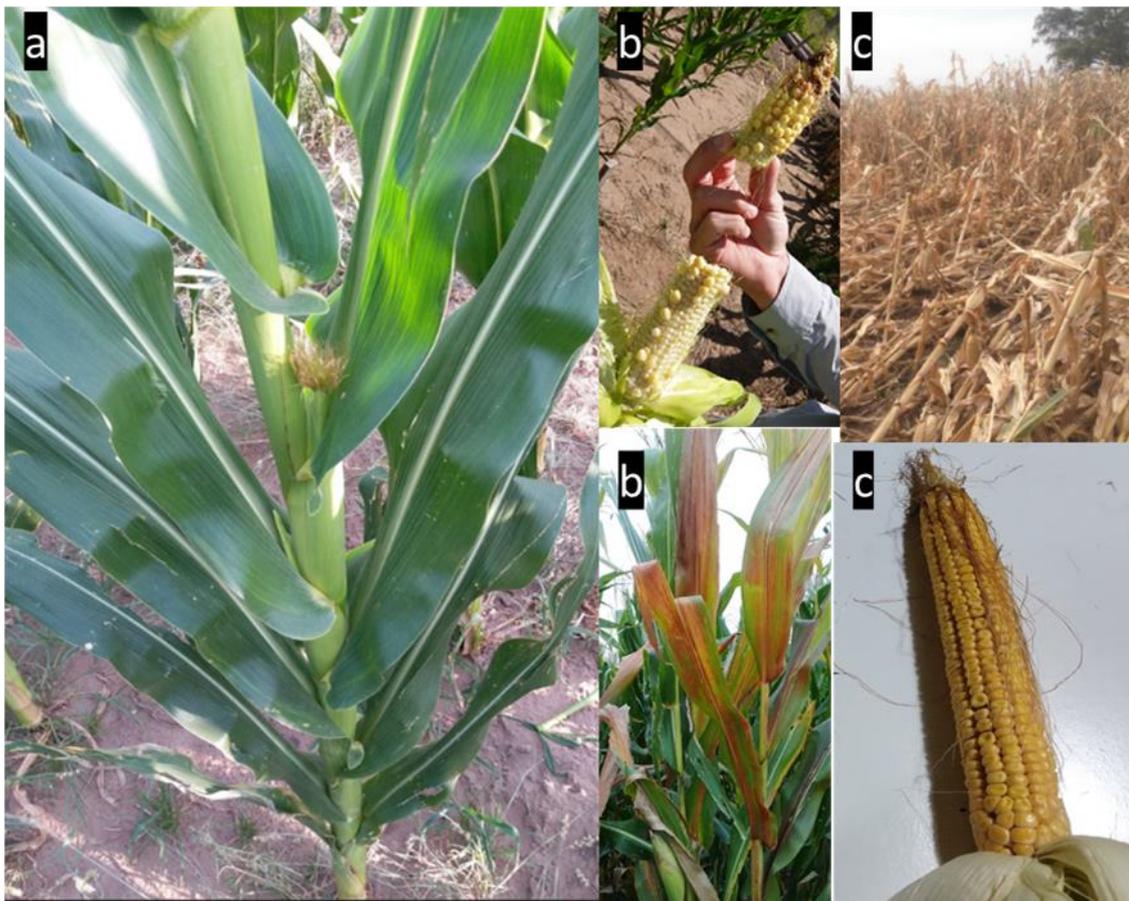


Figura 3. Síntomas de estreses abióticos que pueden confundirse con los de achaparramiento del maíz: **a)** planta con entrenudos cortos (“achaparrada”) por sequía; **b)** espigas con “granos salteados” (arriba) por temperatura muy alta y exceso de fuente que genera tonos rojizos (abajo); **c)** cultivo con estrés hídrico y térmico durante el llenado, con alta removilización, detención prematura del llenado (arriba) y quebrado de tallos (abajo). Fotos, gentileza M. Riglos (a-b arriba), F. Ferraguti (c, y b abajo).

3- Qué ocurrió en la campaña 2023/24

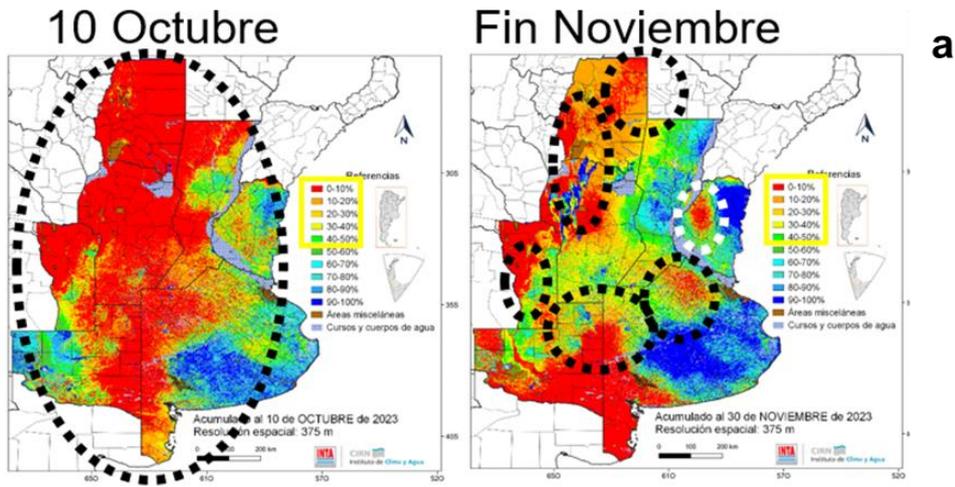
En la campaña de maíz 2023/24 se observaron **poblaciones de *D. maidis* inusualmente elevadas**, con registros, en algunos sitios, de **síntomas severos de achaparramiento del maíz y expansión territorial** hacia regiones donde habitualmente la incidencia y la severidad de la enfermedad eran muy bajas o inexistentes. El crecimiento poblacional del vector habría sido el resultado de una combinación de varios factores que incluyen:

- (i) La baja disponibilidad inicial de agua y lluvias erráticas en muchas zonas, provocaron siembras escalonadas de maíz en toda la estación de crecimiento (ver más adelante en esta sección). En consecuencia, se generó una ventana de disponibilidad continua de la única fuente de alimento del vector.
- (ii) Las pérdidas de cosecha de lotes con bajo rendimiento en campaña 2022/23 causado por el fenómeno de La Niña, favorecieron la presencia de plantas de maíz guacho, aumentando la provisión de alimento para el vector.
- (iii) El invierno 2023 fue poco riguroso en términos de temperaturas medias y de frecuencia de heladas, lo que favoreció una mayor tasa de supervivencia invernal de la chicharrita.
- (iv) La primavera 2023 tuvo temperaturas más elevadas que lo normal, lo que aceleró la tasa de desarrollo de la población del vector.

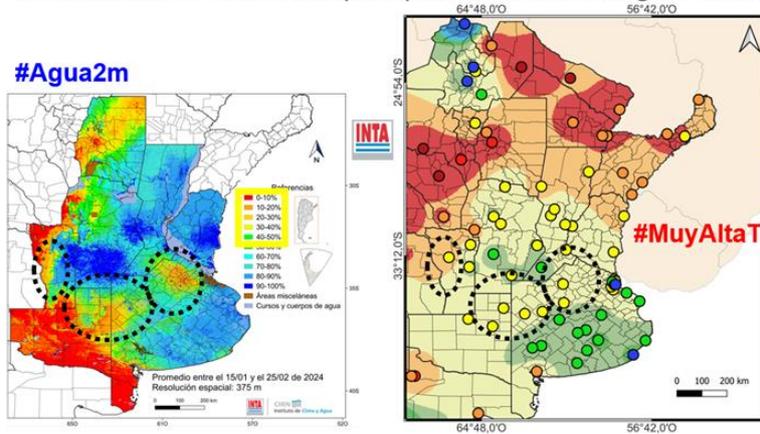
Entre los factores agravantes en 2023/24 deben mencionarse las siembras de maíz dulce, altamente escalonadas, y los cultivos para producción de semilla bajo riego, que fueron alimento para la supervivencia invernal y el crecimiento de las generaciones más tempranas del vector en algunas zonas. En síntesis, el ambiente térmico favorable, y la continuidad espacial y temporal de plantas jóvenes de maíz, garantizaron que la población de *D. maidis*, ya creciente y en expansión, sobreviviera el invierno y se reprodujera rápidamente en la estación alcanzando un número inusualmente elevado de individuos. Además, al considerar la severidad del daño que produjo el achaparramiento en la campaña, cabe agregar el uso generalizado, en gran parte del área endémica del vector (al norte de 30° S), de híbridos susceptibles o moderadamente susceptibles al achaparramiento, priorizando otras ventajas agronómicas y la expansión a áreas donde la elección de híbridos normalmente no tenía en cuenta a esta enfermedad. Asimismo, la composición de patógenos, especialmente la frecuencia con que se registraron síntomas de MRFV, agravó los daños de la epifitía.

En la campaña 2023/24, en una amplia porción del área de cultivo de maíz, también hubo **estreses abióticos severos** que afectaron distintas etapas del ciclo, incluso dentro de una misma zona, debido al escalonamiento de fechas de siembra y a la diversidad de ambientes donde se realizó el cultivo. El inicio de la campaña tuvo almacenes de agua muy bajos, consecuencia de la fuerte sequía de la campaña previa,

y quienes sembraron temprano, en muchos casos lo hicieron con una recarga parcial (**Figura 4a**, izquierda). Además, las lluvias se demoraron en algunas zonas, haciendo que, incluso para las primeras fechas de los maíces tardíos, el agua inicial fuese baja (**Figura 4a**, derecha), especialmente si se realizaron cultivos de servicios o cosecha previos. Esta situación provocó que en cada región hubiese un **amplio abanico de fechas de siembra**. En algunas zonas de la región pampeana, quienes sembraron temprano recibieron buenas lluvias a finales de diciembre y comienzos de enero, lo que permitió un buen desempeño de los cultivos. Las siembras tardías de finales de noviembre, utilizadas al oeste del área central debido a la corta estación de crecimiento, experimentaron sequía y muy alta temperatura (**Figura 4 b**), especialmente alrededor de la floración. En la región chaqueña quienes sembraron durante la primera mitad de enero también enfrentaron temperaturas muy altas, con sequía y temperaturas medias altas en amplias zonas (**Figura 4 c**), especialmente durante el llenado de granos. Además, a mediados de marzo, fuertes vientos volcaron un número importante de cultivos. De esta descripción de las condiciones ambientales y sus efectos sobre el cultivo, se desprende que *en una importante área del país hubo plantas achaparradas, granos salteados, tonos rojos en el canopeo, cultivos entregados y quiebre, sólo debido a estos factores abióticos, es decir no atribuibles a los fitopatógenos causantes del achaparramiento del maíz.*



-15 Floración +25 (15/1 a 25/2) para siembras de fin noviembre principios diciembre en región central



-15 Floración +25 (15/2 a 25/3) para siembras de comienzos de enero en el norte

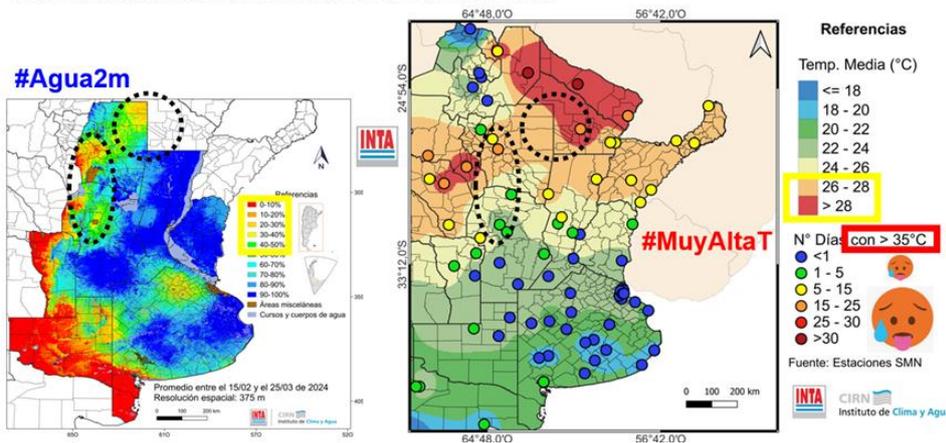


Figura 4. a. Agua disponible (% en hasta 2 m) al inicio de cultivos sembrados en la segunda mitad de octubre (izquierda) e inicios de diciembre (derecha). **b y c.** Agua disponible media (% en hasta 2 m) (izquierda), días con más de 35 °C de máxima (puntos), y temperatura media (color mapa) en una ventana alrededor de la floración de cultivos sembrados a finales de noviembre y a comienzos de diciembre en la zona central (b) y primera mitad de enero en el norte (c), destacando áreas con estrés hídrico y térmico en floración y/o llenado de granos. Mapas diseñados por L. Gusmerotti, N. Gattinoni, y J. Mercau del SEPA (con sede en INTA Clima y Agua, Castelar).

4- Gradientes ambientales que modulan el manejo

Considerando solo limitantes térmicas, el vector se podría desarrollar en toda la región de producción de maíz en Argentina. Las **temperaturas** anuales medias disminuyen desde 22-24 °C en el Norte (por debajo de los 25° de latitud Sur) a 14-16 °C en el extremo austral y sudoeste de la región productora de maíz (por encima de los 37° S). Asimismo, la cercanía a fuentes de agua (ríos, lagunas, mar) modera los cambios diarios y estacionales de temperaturas, y la frecuencia y magnitud de eventos de heladas en contraposición con ambientes más continentales con marcados cambios estacionales de temperatura. Es de esperar alta carga del vector en regiones donde puede dejar descendencia viable luego del invierno (menos de 80 días con temperaturas medias menores de 15°C) y donde puede realizar varios ciclos de vida (considerando el período cuando las temperaturas medias superan los 17°C). En base a las temperaturas entre 2001 y 2022 (datos del SMN) (i) en el norte del país, hasta los 30° S, habitualmente ocurren condiciones que permiten que el vector deje descendencia viable luego del invierno y que pueda completar 6 generaciones (cálculos basados en datos obtenidos en condiciones controladas); en estas latitudes es común encontrar alta carga del vector; (ii) entre los 30 y 32° S hay una zona de transición, con temperaturas menores de 15°C en entre 103 y 130 d al año y condiciones que no en todos los años permiten una descendencia viable luego del invierno, y; (iii) al sur de los 32° S, ocurren condiciones que no permiten que el vector deje descendencia viable luego del invierno en todos los años (serie 2001-2022), donde se registran más de 120 días con temperaturas medias menores de 15°C y donde el insecto puede completar pocos ciclos de vida.

Dado que la disponibilidad espaciotemporal de alimento (maíz) es la otra gran limitante para el desarrollo del vector, la posibilidad de concentrar las fechas de **siembra de maíz** es un eje central para el manejo de esta enfermedad. Por esto, es crítico entender las oportunidades y limitaciones en la opción de la fecha de siembra que tienen las distintas regiones productivas del país, para orientar estrategias de manejo de la enfermedad factibles de ser realizadas. En este sentido, en el **sur pampeano** la ventana de fechas de siembra es desde octubre a mediados de enero. Las siembras tempranas se inician en octubre, cuando las temperaturas del suelo y heladas tardías las hacen seguras, sobre suelos profundos, especialmente al este de esta zona que recibe mayores lluvias. Las siembras tardías, que permiten reducir los efectos de las sequías en suelos someros, y en lotes ubicados hacia el oeste de la región, se realizan entre fines de noviembre y principios de diciembre, para evitar heladas tempranas. Sin embargo, las siembras de segunda, hasta mediados de enero, son cada vez más frecuentes. Los lotes tardíos y de segunda representan un 80% de las siembras en el oeste, pero un 50% en el este de esta región. Al **centro oeste pampeano** la ventana de siembra es desde principios de octubre a principios de diciembre, aunque la falta de lluvias y baja agua disponible en el perfil hace menos frecuentes las tempranas. En cambio, hacia el **este de la franja central y al sur del litoral** (Entre Ríos), la ventana de siembra es más amplia

(septiembre a principios de enero). Las mejores fechas para siembras tempranas son en septiembre, que logran buena implantación y ubican el período crítico en condiciones de mayor potencial. Las tardías se extienden hasta principios de enero, con baja pérdida de techo de rendimiento y con mayor piso, al reducir más efectivamente sequías y altas temperaturas en etapas reproductivas. Usar una u otra época es una decisión adaptativa al tipo de suelo, su condición física, la recarga del perfil y cercanía de napa en cada año. La predominancia de buenos suelos y buena recarga hace que las siembras tempranas sean más frecuentes que en otras zonas. En el **norte del litoral** (N de entre Ríos y Corrientes) **y el chaco húmedo** (noreste de Santa Fe y este de Chaco y Formosa), la ventana de siembra es aún mayor, pudiendo iniciarse en agosto y finalizar a fin de enero. Las muy altas temperaturas de enero y febrero, junto a suelos que limitan la disponibilidad de agua a los cultivos, acotan el nicho de las siembras tempranas. Las mejores siembras tardías son de fin de diciembre y primera quincena de enero, ya que logran escapar a las altas temperaturas (aunque no siempre) y, mantienen un buen potencial de rendimiento, que ya es mucho menor en febrero. Hacia el **Chaco subhúmedo y Semiárido, y al noroeste de Argentina**, son poco factibles las siembras tempranas de maíz, por falta de lluvias y baja recarga del perfil, y predominan las siembras tardías, desde fines de diciembre y durante enero, incluso en algunos casos febrero.

5- Los pilares de la estrategia de manejo del maíz en la campaña 2024/25

La estrategia de maíz en la campaña 2024/25 a nivel nacional debe incluir el manejo del achaparramiento. **El principal pilar de la estrategia de manejo es el vacío sanitario de plantas verdes de maíz**, incluyendo el control de **guachos** y la decisión regional de **fechas de siembra**. Las fechas de siembra adecuadas para ese objetivo, donde es loggable o necesario, reconoce diferencias regionales. **La estrategia se complementa** con la decisión del **híbrido** de maíz, y la necesidad de mejoramiento específico, la **protección insecticida**, especialmente los curasemillas.

El **vacío sanitario**, ausencia de plantas verdes de maíz para evitar la alimentación y oviposición de *D. maidis* durante 90 días, es la estrategia más importante para intentar moderar los impactos del achaparramiento del maíz en las regiones donde el vector puede dejar descendencia viable luego del invierno. A **comienzos del otoño**, sobre el fin del ciclo de maíces tardíos, si se cumplen las condiciones para la emergencia de **plantas voluntarias de maíz, "maíz guacho"**, desde semillas caídas en lotes cosechados más temprano, el insecto, que puede estar infectado, migra hacia ellas. Con temperaturas aún adecuadas para la reproducción, medias superiores a 16-18°C, se desencadenaría un nuevo ciclo poblacional de la plaga, que contribuiría a aumentar la densidad de la población invernal, especialmente en el norte, con regímenes térmico más favorables para el insecto. Hacia **fin de otoño y durante el invierno**, con temperaturas que no permiten la reproducción del vector, nuevas plántulas, aún si se hielan a los pocos días, permiten la supervivencia del vector invernante el tiempo suficiente como para llegar

hasta la emergencia de los primeros cultivos de maíz en primavera. Hacia **fin de invierno e inicios de primavera**, cuando las temperaturas lo permiten, medias superiores a 16-18°C, los guachos hospedan a los individuos del vector que sobrevivieron al invierno, que depositan sus huevos y se alimentan dejando los patógenos en el floema de las plántulas, que serán el inóculo inicial de la campaña agrícola y podrían producir el primer ciclo poblacional post-invernal. Los guachos de otoño, comunes en zonas donde conviven maíz temprano y tardío, deben ser eliminados antes de que la plaga se reproduzca. La germinación de invierno es improbable hacia el sur y oeste de Argentina, por falta de lluvias y temperaturas medias bajas. Hacia el este de la franja central pampeana, eventuales lluvias, combinadas con cortos “veranitos”, hace frecuente la presencia de plantas voluntarias, aun cuando las heladas las eliminen en pocos días. En el NOA, también las emergencias son improbables hasta noviembre por falta de humedad para germinar. Sin embargo, en el chaco subhúmedo, y especialmente en el húmedo y el litoral norte, las plantas voluntarias de invierno y primavera son frecuentes y pueden pasar semanas sin que una helada las mate, siendo un desafío enorme para lograr el vacío sanitario. Para el control de guachos que provienen de semillas sobre el suelo, y en zonas donde pueden emerger varias capas, sería conveniente utilizar herbicidas residuales (si el lote no va a maíz nuevamente a maíz). Para los controles de otoño y de salida del invierno-primavera, los controles con graminicidas, cuando las plantas más grandes del lote desplegaron 4-5 hojas, permitirían un buen control de maíz y detener el ciclo de *D. maidis* en estadios ninfales tempranos, evitando el crecimiento poblacional del vector.

En función a los factores que condicionan la producción de maíz y el desarrollo del vector se proponen **estrategias de fechas de siembra**, agrupadas esquemáticamente en **4 grandes zonas (Figura 5)**:

Zona 1 (desde el norte del país hasta 30°S, es decir **NOA hasta el norte del litoral, pasando por el Chaco semiárido a húmedo, incluyendo todo el norte de Santa Fe**). En estas latitudes el vector puede dejar descendencia viable luego del invierno y puede generar varios ciclos de crecimiento en el verano. Por ello, se recomienda **concentrar siembras tardías**, entre el 25 de diciembre y el 15 de enero, asegurando el vacío sanitario con un buen control de guachos y evitar siembras tempranas bajo riego, a las que podrían querer optar algunos productores. La recomendación integra la segura presencia del vector en siembras tempranas y la baja frecuencia de ambientes aptos para esa fecha. Para reducir el impacto económico, en donde serían factibles las siembras tempranas (buenos suelos y recarga de agua que tendrían más frecuencia al este, o bajo riego), se recomienda el doble cultivo, combinando cereal/legumbre de invierno (si el lote es sobre maíz previo hay que considerar la necesidad de controlar, eventualmente, plantas voluntarias), o Girasol, con soja o maíz de segunda, sin exceder el 10 de enero para la siembra de maíz.

Zona 2 (incluye el **noroeste de Córdoba-sudoeste de Santiago, el norte de San Luis y Villa Dolores, y en la zona de los Altos, Catamarca**, todos ambientes *Chaqueños meridionales*) se recomienda para la

campaña 2024/25 una estrategia similar a la región norte, **el vacío sanitario y la concentración en siembras tardías**, en esta región desde fin de noviembre hasta fin de diciembre. Si bien en seco esta es la ventana normal de siembra en la región, hay una frecuencia relativamente alta de lotes bajo riego en la zona, por lo que será crítico acordar que también siembren en la misma ventana propuesta.

Zona 3 (incluye el *centro-sur de Córdoba y Santa Fe, Entre Ríos y el norte de Buenos Aires*). En la campaña 2023/24 el vector aparentemente sobrevivió al invierno y en el verano se observaron altas densidades poblacionales. En el *centro de Córdoba y Santa Fe y en Entre Ríos*, dada la necesidad local de grano de maíz cosechado temprano, o de silo, que hay ambientes con muy buenos suelos y, que la recarga de los perfiles ha sido buena, la estrategia sugerida **es eliminar los guachos que emerjan en invierno y concentrar las siembras tempranas en septiembre**. Si el vector sobrevive al invierno durante esta campaña, sembrar en agosto expondría por más tiempo las etapas vegetativas del cultivo a *D. maidis* y contribuiría, además, a su crecimiento poblacional. La siembra en septiembre asegura una implantación suficientemente rápida y más uniforme del cultivo. Demorarse a octubre expondría el cultivo a mayor presión del insecto y favorecería también su crecimiento poblacional. Los cultivos sembrados en esta zona requerirán, además, de un cuidadoso monitoreo del vector, tanto a escala regional (ver abajo), como de lote. Hacia el sur de esta Zona (*sudeste de Córdoba, Sur de Santa Fe y Norte de Buenos Aires*) es más **probable que también se puedan realizar siembras tardías**. Sin embargo, la decisión de complementar la superficie de maíz con esas siembras debe ser posterior a la **ventana de siembra de septiembre**, y dependerá de la evolución que se registre en el monitoreo regional del vector durante la primavera (ver abajo). En general, ese monitoreo modula la expansión, hacia la Zona 3, de las recomendaciones de manejo de las zonas lindantes.

Zona 4 (el centro y sur de la región pampeana y el oeste de la franja central). En esta zona la presión del vector y de la enfermedad fue baja en la campaña 2023/2024. Asimismo, es muy improbable que el vector deje descendencia viable luego del invierno, por lo que se recomienda **adaptar la siembra a la oferta ambiental y forzantes distintos al achaparramiento**. Sin embargo, como estrategia para manejar el riesgo de una incidencia tardía de achaparramiento, en especial al norte de la Zona, conviene priorizar siembras tempranas en ambientes donde podrían lograr resultados económicos competitivos en relación con el esperable normalmente en las tardías.

En la campaña 2024/25, de acuerdo con la necesidad de maíz de cada empresa en las Zonas 3 y 4, es altamente probable que se realicen siembras **tempranas en ambientes marginales**, donde la siembra tardía había logrado consolidar buenos rendimientos con riesgo aceptable. Para hacer eso conviene **ajustar otros componentes de la pirámide tecnológica del cultivo**. Elegir híbridos que hayan demostrado **estabilidad** cuando cae el índice de rendimiento del ambiente (consultar redes de maíz del INTA y otras instituciones). **Bajar la densidad a un valor moderado**, pero no muy bajo, para aumentar la estabilidad

cuando la oferta ambiental es baja, pero a la vez, usar híbridos con buena **plasticidad reproductiva** (i.e. prolificidad), que aumenten el número de granos fijado por planta si el año ofrece condiciones favorables en el período crítico (solicitar esa información al proveedor de cada híbrido). Adecuar el nivel de **nitrógeno disponible**, la suma del N mineral medido en el suelo alrededor de la siembra y el agregado en los fertilizantes, adecuándolo a la variabilidad esperable del ambiente.

En todas las zonas es muy importante procurar acotar la ventana de siembra a las épocas recomendadas. Dentro de las mismas, es aceptable realizar variaciones para ajustar mejor la fecha al ambiente (poner al final de cada ventana ambientes heladores, cultivos de segunda, menor recarga inicial de agua, etc.) pero, particularmente es crítico **evitar demoras por una logística sub-dimensionada**, en esta campaña.

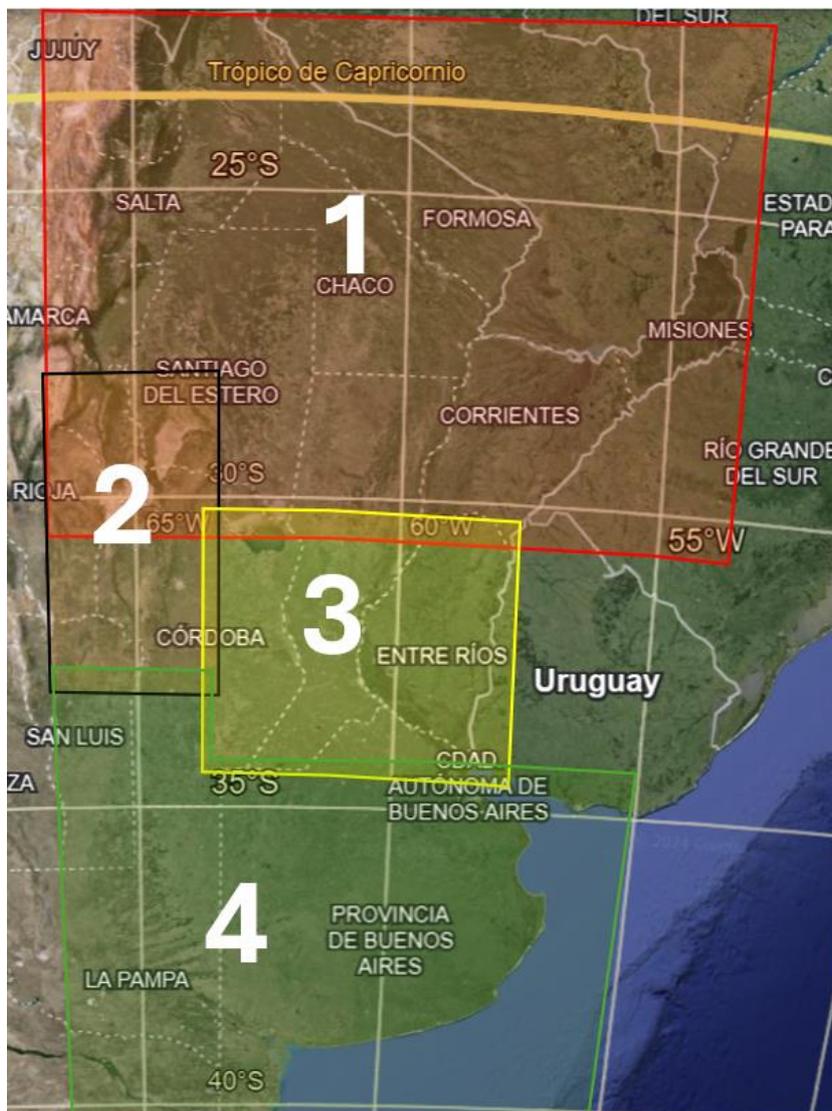


Figura 5: Representación esquemática de las propuestas de fechas de siembras de maíz para la campaña 2024/25. Zona 1: concentración de fechas de siembra tardías (25dic-15ene); **Zona 2:** concentración de fechas de siembra tardías (25nov-30dic); **Zona 3:** concentración de fechas de siembras en septiembre (la recomendación para zonas 1, 2 y 4 puede avanzar sobre la zona 3 de acuerdo al monitoreo regional de *D. maidis*); **Zona 4:** sin modificación por achaparramiento de la decisión de fecha de siembra.

Monitoreo del vector. El INTA lanzó un proyecto de monitoreo otoño-invernal del vector cuyos primeros aportes se hicieron en Estaciones Experimentales Agropecuarias de las provincias de Santa Fe y Córdoba a principios de Mayo de 2024, que se fue ampliando durante ese mes y terminó consolidándose a principios de junio. Desde entonces se está trabajando en forma sostenida en 87 sitios desplegados en toda la región maicera. La principal técnica que se emplea es la red de arrastre, que entrega una estimación de densidad relativa. Esta técnica se complementa con la aplicación de trampas de emergencia fototáxicas en al menos 20 de esos sitios, entregando estimaciones de densidad absoluta.

Con esta red de monitoreo se construye una base de datos de las poblaciones del vector en toda la zona productora de maíz del país, la que se plasma en un [Mapa nacional de monitoreo de chicharrita del maíz](#). En este monitoreo se registran de manera periódica (semanal, decadal o quincenal) el número de individuos (hembras y machos) de *D. maidis* recolectados por golpe de red (red de arrastre) o por metro cuadrado (trampas de emergencia).

Por otra parte, el INTA se integró a la red nacional de monitoreo con trampas cromáticas adhesivas impulsada por un consorcio público-privado. Uno de los objetivos del INTA es comparar las tres técnicas de muestreo y aportar a la posibilidad de calibrar las estimaciones de los dos métodos de estimación relativa (red de arrastre y trampas amarillas) en base a las estimaciones de densidad absoluta (trampas de emergencia). Así, se busca construir una complementación de los diferentes métodos de monitoreo.

Según la evaluación que se realice respecto a la confiabilidad de las técnicas de muestreo, se determinará la posibilidad de que la información provista por estas redes de monitoreo contribuya a la toma de decisiones de manejo a nivel zonal (por ejemplo: habilitar fechas de siembra tardías si baja mucho la densidad poblacional, reasignar lotes hacia cultivos alternativos si la densidad no disminuye, etc.). Se espera que, en un futuro próximo, permita estimar el riesgo epidemiológico de achaparramiento del maíz.

Entre los **híbridos de maíz** existe variabilidad en el grado de **tolerancia** a achaparramiento. La mayor tolerancia es frecuente en los germoplasmas de origen tropical, con ciclos y comportamiento sanitario más adecuados al norte de la región productiva. Los híbridos templados son más susceptibles a la enfermedad, tienen un comportamiento agronómico adecuado a toda la región pampeana y litoral sur, aunque, por su mayor potencial de rendimiento, también son muy utilizados en la región chaqueña y litoral norte. En INTA hay muchas redes de evaluación de híbridos cuyos resultados se han comenzado a difundir mientras se avanza hacia una mayor integración. Para evaluar el comportamiento es necesaria una presión moderada del vector portador de patógenos, dado que, un bajo nivel poblacional permite la selectividad por parte de los individuos, y, un elevado número de vectores termina afectando a todos los híbridos en forma severa, no permitiendo discriminar comportamientos entre materiales. Por otro lado, los estreses hídricos y térmicos en la campaña generaron gran impacto que, en los ensayos donde fue muy severo, redujo las diferencias de comportamiento frente a la enfermedad. En el marco de la Red de Maíz INTA a

nivel nacional, se prevé que habrá informes que sintetizen varios ensayos intentando agrupar, u ordenar el comportamiento de los materiales, de acuerdo al grado de presión de la enfermedad y de estrés abiótico. En ambientes de bajo riesgo esperado de achaparramiento, la compra de materiales se puede hacer en base a otros criterios de rendimiento y agronómicos.

Para **seleccionar genética tolerante**, tanto para la producción como para el mejoramiento vegetal, hace falta madurar algunos desarrollos. Están en marcha trabajos para **mejorar escalas** que permitan evaluar con mayor precisión la reducción de rendimiento por achaparramiento, tanto por la presencia de síntomas, como en cuantificaciones tempranas de pérdida de rendimiento evaluando las espigas. Existe también la **tecnología desarrollada en el país para acelerar la mejora en la tolerancia genética** del germoplasma de maíz que se utiliza, empleando técnicas de laboratorio e inoculación forzada a campo, y se han realizado al menos dos pruebas completas del concepto. Un aspecto ignorado, y que habría sido relevante en la campaña 2023/24, es la posible **interacción sobre la pérdida de rendimiento** entre los patógenos que componen la enfermedad, la dinámica de la infección, y el grado de estrés abiótico que experimenta el maíz durante su crecimiento. Por ejemplo, si bien se considera que una infección con *S. kunkelii* posterior a que el maíz desarrolló 8 hojas no llega a reducir el rendimiento, en materiales de mediano y buen comportamiento, se observó que cultivos con síntomas de la enfermedad no se recuperaron bien de eventos de estrés, como sí lo hacen normalmente los cultivos sanos.

La **protección del cultivo de maíz con insecticidas** presenta resultados inconsistentes para el manejo del achaparramiento del maíz. Sin embargo, el uso de **terápico en la semilla** puede ofrecer cierto nivel de protección en los primeros estadios de desarrollo del maíz. Aunque los terapicos son efectivos para controlar al vector, hasta V2-V3, la preocupación radica en su capacidad para prevenir la transmisión de la enfermedad, dado que *D. maidis* es muy eficaz en transmitir los patógenos asociados al achaparramiento. A medida que la planta crece, el ingrediente activo se diluye, lo que provoca la disminución de la tasa de mortalidad y/o incrementa el tiempo necesario para que el insecto muera y, por tanto, las probabilidades de que el vector transmita los patógenos. Considerando el período desde la emergencia hasta V8, como la ventana de mayor susceptibilidad del cultivo, se entiende que el uso exclusivo de insecticidas como terapicos de semilla no garantizaría la protección completa contra la enfermedad. Sin embargo, en CSS esos productos han arrojado buenos resultados en algunos estudios y, además, contribuiría a mantener baja la población del vector durante un periodo más prolongado.

Dalbulus maidis posee una gran capacidad de dispersión y tanto las experiencias locales como las registradas en la literatura científica indican una rápida reinfección del cultivo tras la aplicación de insecticidas. Debido a esa reinfección y/o a la baja eficacia y persistencia de los insecticidas, se requerirían aplicaciones frecuentes durante el periodo de mayor susceptibilidad del cultivo, generando altos costos de producción y mayor riesgo ambiental, sin garantías de que se logre proteger eficazmente al maíz de la

infección por el/los patógenos del achaparramiento. Se considera que las aplicaciones foliares de insecticidas pueden resultar poco eficiente, especialmente en situaciones de elevada densidad poblacional y/o alta movilidad del vector. No obstante, se recomienda evaluar, solo como un complemento a la estrategia de manejo, el control químico después de V2 y antes de V8, aproximadamente. La eventual aplicación debiera estar sujeta a un monitoreo frecuente y exhaustivo de cada lote, realizándola solo con presencia comprobada del vector. La colonización del lote por parte del vector suele comenzar en las cabeceras, especialmente en condiciones de baja densidad poblacional, lo que permite la posibilidad de controlar *D. maidis* en esta área específica, contribuyendo así a reducir regionalmente el inóculo inicial. En tal sentido, no se recomienda plantear un plan de protección del cultivo basado sólo en esta estrategia, al igual que se desalientan las aplicaciones de insecticidas sobre lotes con maíces guachos, pasturas y cultivos de invierno.

6- Comentarios finales

Este primer informe busca integrar lo que sabíamos sobre la enfermedad y el cultivo, con la experiencia de la campaña 2023/24, con el propósito de contribuir a la innovación de tácticas y estrategias de manejo en la campaña 2024/25 en Argentina. Un insumo importante para el presente trabajo fueron los talleres que se realizaron durante mayo y junio entre profesionales del INTA, en distintas zonas del país y por eje temáticos que se publicarán en el micrositio Argentina.gov.ar/INTA. La integración de conocimientos que se está dando en el país desde distintas disciplinas y organismos, junto a aquellos que toman decisiones en todas las escalas, será clave para enfrentar este complejo desafío con el mayor éxito posible. Se prevé continuar este trabajo de análisis, discusión y síntesis de lo que sigamos aprendiendo juntos en la campaña que se inicia y que se encara aún con un alto nivel de incertidumbre. Sin embargo, se han lanzado varias iniciativas (como las redes de monitoreo, los espacios donde se articulan estrategias regionales, los intercambios entre especialistas y productores del país y con otros países, la implementación adaptativa de distintas hipótesis de manejo, etc.) que nos permitirán desarrollar mejores tácticas que puedan combinarse en las estrategias adecuadas para cada sistema de producción en las futuras campañas.

La integración de conocimientos que se está dando en el país desde distintas disciplinas y organismos, junto a aquellos que toman decisiones en todas las escalas, serán clave para enfrentar este complejo desafío con el mayor éxito posible.

Bibliografía consultada

- Andrade, FH., Otegui, ME., Cirilo, A., Uhart, S. 2023. Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz. *Maizar*. 481 pág.
- Bhirud KM, Pitre HN. 1972. Bioactivity of systemic insecticides in corn: relationship to leafhopper vector control and corn stunt disease incidence. *J. Econ. Entomol*, vol. 65, pp 1134-1140.
- Barontini, J.M.; Peña Malavera, A.; Ferrer, M.; Torrico, A.K.; Maurino, M.F, & Gimenez Pecci. 2021. *Spiroplasma kunkelii* infection in temperate and tropical x temperate maize in Argentina and development of a severity rating tool to evaluate germplasm susceptibility. *European Journal of Plant Pathology*. DOI: 10.1007/s10658-021-02415.
- Carpane P, Laguna IG, Virla E, Paralell S, Carloni E, Caro L, Giménez Pecci MP (2005) Evaluación de dos prácticas de manejo tendientes a disminuir el efecto negativo del Corn stunt spiroplasma. VIII Congreso Nacional de Maíz, Rosario, Santa Fe, pp 241-244.
- Cruz I, Oliveira CM & Oliveira E (2004) Manejo da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) para controle dos enfezamentos causados por mollicutes. *Doenças em Milho: Mollicutes, Vírus, Vetores e Mancha por Phaeosphaeria* (ed. by E Oliveira & CM Oliveira), pp. 253–265. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, Brazil.
- De Oliveira, E.; J.C. Santos; P. C. MAGALHÃES; I. CRUZ. 2007. Maize bushy stunt phytoplasma transmission by *Dalbulus maidis* is affected by spiroplasma acquisition and environmental conditions. *Bulletin of Insectology* 60 (2): 229-230, 2007.
- Gámez R, 1983. The ecology of maize rayado fino virus in the American tropics. In: Thresh JM, Plumb RT, eds. *Plant Virus Disease Epidemiology*. Oxford, UK: Blackwells Scientific Press.
- Nault LR. 1980. Maize bushy stunt and corn stunt: A comparison of disease symptoms, pathogen host ranges, and vectors. *Phytopathology*, vol 70, pp 659-662.
- Oleszczuk JD, Catalano MI, Dalaisón L, Di Rienzo JA, Giménez Pecci MdIP, Carpane P. 2020. Characterization of components of resistance to Corn Stunt disease. *PLoS ONE* 15(10): e0234454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234454>
- Perfecto, I. 1990. Indirect and direct effects in a tropical agroecosystem: The maize-pest-ant system in Nicaragua. *Ecology*, 71(6), 1990, pp. 2125-2134.
- Pozebón, H.; Stürmer, G.R.; Arnemann, J.A. 2022. Corn Stunt Pathosystem and Its Leafhopper Vector in Brazil. *J. Economic Entomology* 115 (6):1817–1833, <https://doi.org/10.1093/jee/toac147>
- Tsai JH, Steinberg B, Falk BW (1990) Effectiveness and residual effects of seven insecticides on *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) and *Peregrinus maidis* (Homoptera: Delphacidae). *J. Entomol. Sci.*, vol. 25, pp 106-111.

Virla, E. 2024: *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae), vector del “achaparramiento o raquitismo” del maíz: Aspectos biológicos más relevantes, con especial referencia a los conocimientos generados en Argentina Miscelánea 152 <https://doi.org/10.30550/msc/152>.