

NOTAS DE SANIDAD VEGETAL

SERIE FITOPATOLOGÍA

AÑO 2024/ N:3



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CÓRDOBA
JESUITAS

ISSN 2591-6238



Propuestas para la evaluación y estimación de la disminución de rendimiento causada por el Complejo del Achaparramiento del maíz

El Complejo del Achaparramiento del maíz o Corn Stunt Disease, es comúnmente llamado Corn Stunt Espiroplasma, ya que éste, es el patógeno más frecuentemente encontrado en las muestras que se analizan (Gimenez Pecci *et al.*, 2017), pero cabe mencionar que se trata de un verdadero complejo, en el cual participan diferentes patógenos: *Spiroplasma kunkelii*, Maize rayado fino virus (MRFV), Maize bushy stunt phytoplasma (MBSP) y un cuarto agente, el geminivirus Maize striate mosaic virus (MSMV), recientemente descubierto (Ruiz Posse *et al.*, 2023). Todos son transmitidos por el mismo vector, la chicharrita *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Nault *et al.*, 1980). Pudiéndose encontrar a estos patógenos solos o de manera conjunta en las muestras de laboratorio (Hruska *et al.*, 1996), e inclusive conviviendo con otros virus.

La actual campaña 2023-24 es la primera en que esta patología nos desafía a generar gran cantidad de información en diferentes regiones del país, ya que desde la primavera se observó al vector en regiones no habituales de siembra temprana. Con el objetivo de realizar mejores comparaciones, deberemos profundizar las evaluaciones a realizar, para poder describir en detalle como impacta esta enfermedad en el rendimiento de cada material.

Diferentes investigadores, Oleszczuk *et al.*, 2020 y Barontini *et al.* 2021 desarrollaron en el país escalas para la cuantificación de la sintomatología ocasionada por el Complejo del Achaparramiento. Las mismas son propuestas para diferenciar la susceptibilidad de los materiales (**Figura 1**).

Estas escalas, pueden correlacionar con la disminución en rendimiento. Pero, en muchos casos, no lo hacen, por diversos factores, como lo son: i) interacciones genotipo por ambiente, ii) momento de infección del patógeno transmitido por el vector en la planta, iii) estado nutricional, iv) cambios en las condiciones ambientales, v) fechas de siembra, etc. Además, se conoce que, dentro de cada grado de sintomatología la variabilidad de rendimiento final que se puede generar es alta (**Figura 2**).

Al mismo tiempo, las evaluaciones de sintomatología se recomiendan realizar en el estado fenológico de R4 (grano pastoso), antes que empiece a amarillar el cultivo, para poder registrar todo tipo de síntomas foliares. Sin embargo, **para estimar el impacto en rendimiento de estas afecciones, se debe esperar a R6 (madurez fisiológica)**, pudiendo sólo anticiparse hasta R5 (grano dentado), ya que el complejo del achaparramiento afecta el llenado de los granos de manera significativa.

Figura 1. Metodología propuesta para medir incidencia y severidad de síntomas foliares del Achaparramiento por Espiroplasma (bacteria, *Spiroplasma kunkelii*) y del virus del Rayado Fino (virus, Maize rayado fino virus - MRFV) (resumen realizado por Dra. Giménez Pecci).

Momento: R4

Incidencia: 3 estaciones, 50 plantas seguidas por estación (Oliveira et al., 2003)

Severidad:

Grados	Síntomas espiroplasma	+ Síntomas rayado fino
0	Sin síntomas	
1	Amarillamiento generalizado, ppte. hojas superiores	
2	Borde foliar enrojecido/ necrótico ^a	Punteado clorótico a lo largo de nervaduras
3	Veteado rojo-amarillo-verde desde el borde foliar ^a	Leve rayado fino a lo largo de nervaduras
4 ^c	Estrias amarillas <u>irregulares</u> típicas ^b , altura 10-15% menor	Rayado fino a lo largo de nervaduras
5 ^c	Multiespigas / macollos / filodia, altura menor 30% (<i>identificar al menos 2 de estos síntomas en cada planta</i>).	Falta de granos Disminución altura mayor 30%
6 ^c	Entrega/ muerte prematura	

Barontini et al., 2021; Oleszczuk et al, 2020

NOTAS/ACLARACIONES

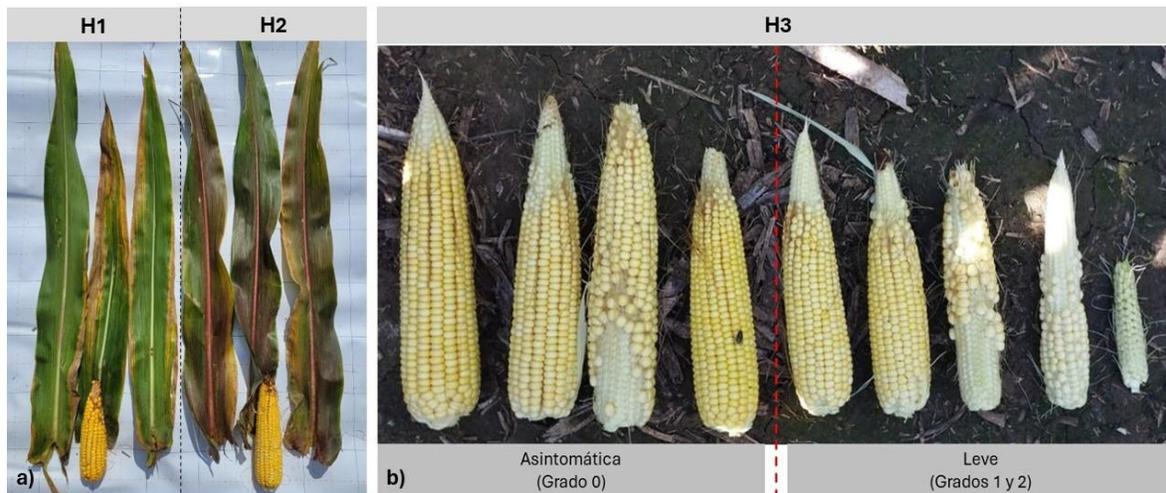
a	Al menos en 2 hojas de la planta.
b	Las estrias cloróticas (blanquecinas/amarillentas) <u>irregulares</u> que nacen en la base de la lámina son el único síntoma que indica con certeza la presencia del espiroplasma.
c	No unificar 4, 5 y 6 porque los rindes serán distintos.

En general, pero no siempre, la severidad de los síntomas se corresponde con igual grado de pérdida de rendimiento.

Esta alta complejidad, genera confusión al intentar relacionar la sintomatología expresada por el complejo con la capacidad de generar rendimiento de cada genotipo. Es por esto que, luego de realizar la medición de incidencia y severidad de síntomas foliares, es necesario realizar un trabajo minucioso (planta por planta) sobre las pérdidas de rendimiento ocasionadas.

Entendemos que la presión que se registra en la actual campaña 2023-24 nos exige realizar un esfuerzo adicional. Si no medimos la tolerancia de cada material (capacidad de seguir generando rendimiento a pesar de tener síntomas foliares), podríamos estar perdiendo información valiosa. Sobre todo, en aquellos materiales, zonas o interacciones donde no se expresa claramente la sintomatología foliar, o solo se presentan grados de sintomatología bajos (**Figura 2**).

Figura 2. a) Diferentes síntomas foliares del Complejo del Achaparramiento (susceptibilidad), en dos genotipos (H1 y H2) de maíz, siendo en ambos casos leves, pero con diferente capacidad de generar rendimiento (tolerancia). b) Diferentes daños en espiga de un material (H3) en plantas asintomáticas y con síntomas leves.



Frente a la situación inusual de esta campaña tanto productores, técnicos, entidades, y principalmente empresas semilleras e investigadores, estarán generando nueva información al respecto, teniendo en cuenta la importancia de **diferenciar niveles de resistencia/susceptibilidad del nivel de tolerancia** de cada material.

Actualmente, las empresas semilleras son las principales encargadas de generar información de los materiales que comercializan, con un número de ensayos robusto, con la posibilidad de medir a esta enfermedad en diferentes ambientes y presiones, con datos específicos y con cuidadosa metodología.

Por ejemplo, los ensayos comparativos de rendimiento (ECR), o ensayos de franjas, son una excelente herramienta para evaluar el comportamiento sanitario de diferentes materiales y la afección por el Complejo del Achaparramiento en el rendimiento. Si bien se comparan materiales con distintas genéticas, densidades óptimas de siembra, ciclo, componentes de rendimiento, etc., con la metodología adecuada podríamos describir diferentes niveles de tolerancia.

Es por ello, que **se propone estimar el daño en espiga** que se registra, además de realizar las mediciones de incidencia y severidad.

Así se podrá realizar una **dobles valoración**: a) evaluar la **sintomatología** que cada material expresa utilizando las escalas desarrolladas (nivel de resistencia/susceptibilidad) y b) agregar el **daño de las espigas**, evaluando la capacidad de producción de cada material a pesar de estar afectado por el Complejo del Achaparramiento (nivel de tolerancia).

El registro de los daños en espiga se podrá utilizar para:

- i) **Agregar** información a las escalas de incidencia y severidad de síntomas.
- ii) **Estimar el rendimiento alcanzado / potencial** (ver metodología a continuación).
- iii) **Diferenciar características de un híbrido** (ver metodología a continuación).

Metodologías propuestas para estimar pérdidas de rendimiento:

En cada muestreo que se realice, además de anotar la incidencia y severidad, anotar el estado del daño de la espiga según la siguiente escala (**Figura 3**):

Figura 3. Escala propuesta para la estimación de pérdidas de rendimiento por espiga.

Daño		Merma de producción de espiga al tacto*
Sin daño	0	0%
Bajo	1	1-20 %
Medio	2	21-60 %
Alto	3	61-100 %

*Ponso, A. (en redacción). Tesis de Maestría. Generación y validación de una escala para la estimación de pérdidas de rendimiento por híbrido, causada por el complejo del achaparramiento del maíz.

De esta manera, con la información recolectada se podrá:

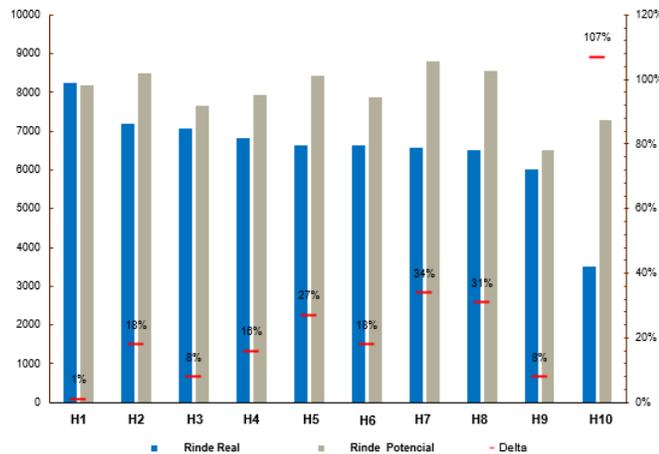
i) Mejorar el grado de escala

Como se detalló anteriormente, al ser tan variable la generación de síntomas, y muchas veces no corresponder con la generación de rendimiento, ver la afección en espiga, nos ayudará a interpretar mejor los datos recabados. En la evaluación en R4, se podrá ir tocando las espigas en planta, y estimar "al tacto" el daño que registra. Se puede hacer una muestra previa (abriendo espigas), para ajustar el tacto de diferentes afecciones, y luego al caminar ir categorizando las espigas de manera más ágil, junto a la medición de incidencia y severidad.

ii) Estimar el rendimiento alcanzado / potencial

En el caso de necesitar medir ensayos comparativos de rendimiento (ECR), ensayos en franja, lotes comerciales, es posible seleccionar espigas sanas y compararlas con el rendimiento obtenido del lote/ensayo. En tres sectores diferentes del lote/parcela/franja, extraer las espigas de 10 plantas, que no presenten síntomas de achaparramiento (se pueden marcar en R4, cuando se hace la evaluación de incidencia/severidad de síntomas), las mismas deben estar en competencia completa y haber generado el rendimiento esperado para el lote sin limitantes. Con las mismas calcular el rendimiento potencial (plantas/m² x espigas/m² x granos/espiga x peso 1000 granos, corregido por humedad) y comparar con el rendimiento obtenido de la parcela completa/lote/franja. La diferencia entre ambos (merma/delta), se interpretará como el rendimiento NO logrado por ese material debido a la enfermedad (**Gráfico 1**).

Gráfico 1. Ejemplo de 10 híbridos de maíz donde se comparó la diferencia entre el rendimiento real (cosechadora) contra el rendimiento potencial estimado sobre plantas sin síntomas ni afección del Complejo del Achaparramiento. Datos pertenecientes a tesis de maestría de Ing. Agr. Alejandro Ponso.



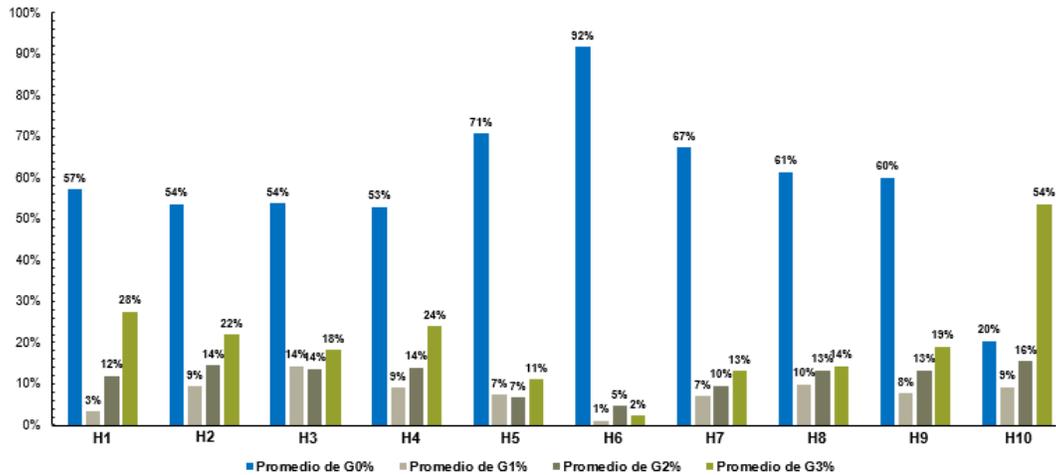
iii) Estimación de pérdidas de rendimiento por grado:

En el caso de necesitar caracterizar un genotipo, se podrá entender como se ve afectada su capacidad de generar rendimiento y detallar diferencias. Realizar por lote/ensayo/franja, tres (3) estaciones de muestreo, preferentemente lo más cercano a madurez fisiológica. En las mismas recolectar las espigas generadas en 50 plantas consecutivas (cuya evaluación de incidencia/severidad fue realizada previamente, en R4, inclusive lo óptimo serían plantas que fueron evaluadas y marcadas por grado). Separar las espigas de cada grupo de 50 plantas, según la escala de grados que visualmente o al tacto representen la disminución de rendimiento (**Figura 3**). Contar y anotar las espigas por cada grado, y luego realizar el porcentaje de plantas de cada grado generado (**Figura 4, Gráfico 2**). De esta manera generaremos información específica sobre cada material, observando como su producción se ve afectada por la presencia del complejo del achaparramiento (**Gráfico 2**). Por ejemplo, podremos comparar genéticas que frente a la misma sintomatología generan diferentes rendimientos y cuantificar pérdidas. O ver dos materiales con semejante rendimiento final, pero que lo compusieron con diferentes proporciones de espigas (más o menos afectadas). La escala propuesta está en proceso de validación, pero creemos que es importante frente al contexto de la campaña, ponerla a prueba y en caso de ser necesario corregir la metodología para más adelante.

Figura 4. Comportamiento de dos genotipos de maíz bajo la presión detectada del Complejo del Achaparramiento en la localidad de Nuestra Sra. de Talavera, Salta. Campaña 2022-23, considerada media-alta. Izquierda: híbrido tolerante. Derecha: híbrido susceptible. Datos pertenecientes a tesis de maestría de Ing. Agr. Alejandro Ponso.



Gráfico 2. Ejemplo de 10 híbridos de maíz donde se comparó la diferencia dentro de cada híbrido en su capacidad de generar rendimiento con espigas de diferente afección frente al Complejo del Achaparramiento. Datos pertenecientes a tesis de maestría de Ing. Agr. Alejandro Ponso.



- También ponemos a disposición una planilla de Excel que puede ser de ayuda para la toma de datos a campo:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1cMAqOFrOc6Du6y0sEnBikMhEP30yq1ZU?rtfpof=true&usp=drive_fs

Referencias:

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

Oleszczuk, J.D.; Catalano, M.I.; Dalaisón, L.; Di Riendo, J.; Giménez Pecci, M.P.; Carpane, P.D. 2020. Characterization of components of resistance to corn stunt disease. PLOS ONE (PONE-D-20-15874) 15(10): e0234454.

Oliveira, E. R.; Resende, O.; Giménez Pecci, M.P.; Laguna, I.G.; Herrera, P.; Cruz, I. 2003. Incidencia de viroses e enfezamentos e estimativa de perdas causadas por molicutes em milho no Paraná. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, EMBRAPA, Brasília (ISSN 0100-204X), V38, n 1m p 19-25, jan.

Giménez Pecci M.P.; De Rossi R.L.; Maurino M.F.; Barontini J.; Druetta, M.; Torrico A.K.; Ferrer M.; Oleszczuk D.; Plaza M.C.; Guerra F.A.; Brücher E.; Guerra G.D.; & Laguna I.G. (2017). Enfermedades del maíz de siembra tardía causadas por bacterias, virus y mollicutes. En Borrás, L. & Uhart, S. (Eds.), Compendio Iº Congreso de Maíz Tardío. Pag. 126-143. ISBN: 978-987-98384-3-3. Buenos Aires, Argentina. Ed. Dow Agrosiences.

Ruiz Posse, A., Fernandez, F., Reyna, P., Nome, C., Torrico, A.K., Giménez Pecci, M.P. et al. 2023. First report of Maize striate mosaic virus, a mastrevirus infecting *Zea mays* in Argentina. New Disease Reports, 47, e12186. <https://doi.org/10.1002/ndr.2.12186>

Nault, L. R., DeLong, D.M. 1980. Evidence for co-evolution of leafhoppers in the genus *Dalbulus* (Cicadellidae: Homoptera) with maize and its ancestors. Annals of Entomological Society of America 73: 349-353.

Giménez Pecci, M. P., Laguna, I. G., Ávila, De Remes Lenicov, A. M. M., Virla, E., Borgogno, C., Nome C. F and S. Paradell, 2002. Difusión del Corn Stunt Spiroplasma del maíz (*Spiroplasma kunkelii*) y del vector (*Dalbulus maidis*) en la República Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 105:1-8.

Hruska, A.J. & Peralta, M.G. 1997. Maize response to corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) infestation and achaparramiento disease. Journal of Entomology 90: 604610.