

El Mal de Río Cuarto en Argentina

Hacia fines de la década del 60' se detectó la enfermedad en cultivos de maíz sembrados en la zona de Río Cuarto, al sur de la provincia de Córdoba, y se la llamó "Problema Río Cuarto". Sin embargo, en ese momento no se tenía certeza de cuál era el agente causal (Lyons *et al.*, 1970)

En 1980 se pudieron observar partículas de virus en células de plantas afectadas obtenidas de cultivos de maíz de la zona. Luego, a través de estudios taxonómicos, se pudo clasificar al virus del MRC (Mal de Río Cuarto) como miembro del género Fijivirus, perteneciente a la familia Reoviridae (Boccardo y Milne 1984; Conti 1984; Nault y Ammar 1989; Nome *et al.*, 1980; Uyeda y Milne 1995)

Transmisión de la Enfermedad

Los virus son transmitidos en la naturaleza por insectos, ácaros, nematodos y hongos (vectores). En el caso del MRC, se han identificado dos especies de "chicharritas", como vectores naturales del virus.: *Delphacodes kuscheli* (Ornaghi *et al.*, 1993a; Remes Lenicov *et al.*, 1985) y *Delphacodes haywardi* (Velásquez *et al.*, 1985); siendo la primera especie la más importante por su elevada proporción de insectos respecto a la segunda (Avila, 2005). Estas chicharritas deben adquirir el virus de plantas infectadas para poder transmitir la enfermedad. A nivel experimental se pudo transmitir la enfermedad con otras especies de "chicharritas" que podrían actuar como transmisores naturales, lo que podría explicar la dispersión de la enfermedad en zonas en donde no se encuentra *D.kuscheli* (Avila, 2005).



Ejemplar de *Delphacodes kuscheli*

La forma de transmisión del virus es persistente, circulativa y propagativa. Esto significa que el insecto lo adquiere desde la planta hospedante luego de un período prolongado de alimentación, se multiplica dentro del vector y luego de un período de latencia es capaz de transmitirlo.

Es **persistente** porque una vez que adquiere el virus, el insecto es capaz de transmitirlo el resto de su vida. Es **circulativo** porque se almacena en el intestino medio, allí se reproduce y luego circula hacia las glándulas salivales infectando las plantas a través de los estiletes (mientras succiona savia, inyecta saliva infectada)

Es **propagativo** porque se multiplica dentro del vector y no necesita volver a alimentarse de plantas enfermas para volver a adquirirlo.

Es importante destacar las características de este tipo de transmisión, ya que así se explica el papel determinante que juegan las poblaciones invernantes de insectos infectivos en las primeras migraciones a los cultivos de maíz. Es común observar mayor grado de afectación en las cabeceras o bordes del lote, ya que están más cerca de lotes vecinos cultivados con trigo, avena, u otras gramíneas, además de zonas enmalezadas que puedan servir de reservorios de insectos y virus. (March *et al.*, 1997; Nault y Ammar, 1989)

Hospedantes del Virus y del vector

Se identificaron 32 especies de Poaceas cultivadas y malezas que actúan de reservorios del virus y del vector (Avila, 2005)

Especies forrajeras y malezas	
<i>Bromus unioloides</i>	<i>Cebadilla criolla</i>
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pata de gallina
<i>Setaria verticillata</i>	Cola de zorro
<i>Cenchrus echinatus</i>	Cadillo
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramón
<i>Echinochloa colonum</i>	Pasto colorado
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Capín arroz
<i>Eleusine indica</i>	Grama carraspera
<i>Sorghum halepense</i>	Sorgo de alepo
<i>Cyperus cayenensis</i>	Cebollín
<i>Arundo donax</i>	Caña de castilla
<i>Eragrostis virescens</i>	Pasto volador
<i>Cenchrus pauciflorus</i>	Roseta
<i>Eleusine indica</i>	Pasto cuaresma
<i>Bromus brevis</i>	Cebadilla pampeana
<i>Setaria cordobensis</i>	Cola de zorro
<i>Stipa tenuissima</i>	Paja blanca
<i>Poa ligularis</i>	Pasto hilo
<i>Cynodon hirsutus</i>	Gramilla

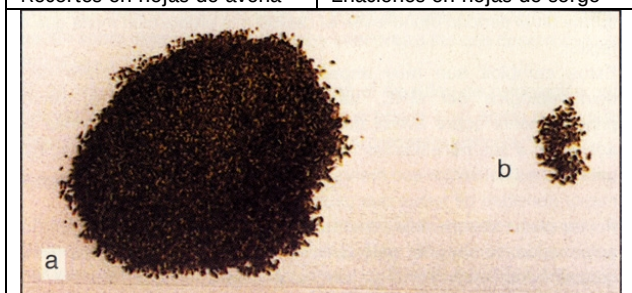
Especies cultivadas cerealeras	
<i>Avena sativa</i>	Avena
<i>Triticum aestivum</i>	Trigo
<i>Sorghum vulgare</i>	Sorgo
<i>Panicum milliaceum</i>	Mijo
<i>Setaria italica</i>	Moha de Hungría
<i>Secale cereale</i>	Centeno
<i>Triticum aestivum</i> x <i>Secale cereale</i>	Triticale
<i>Triticum sp.</i> x <i>Secale sp.</i> x <i>Agropirum sp.</i>	Tricepiro
<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada
<i>Chloris gayana</i>	Gramma rhodes
<i>Panicum maximum</i>	Gatton panic
<i>Eragrostis curvula</i>	Pasto llorón
<i>Panicum coloratum</i>	Panicum

Los síntomas en estos hospedantes varía según la especie afectada, pero en general, las plantas se presentan achaparradas, con hojas mal formadas y con sus fructificaciones atrofiadas. Se suelen observar enaciones en el envés de las hojas.



Recortes en hojas de avena

Enaciones en hojas de sorgo



Ejemplares de *Delphacodes kuscheli* colectados después de 100 golpes de red: a: Sobre Avena b: sobre Gramón.

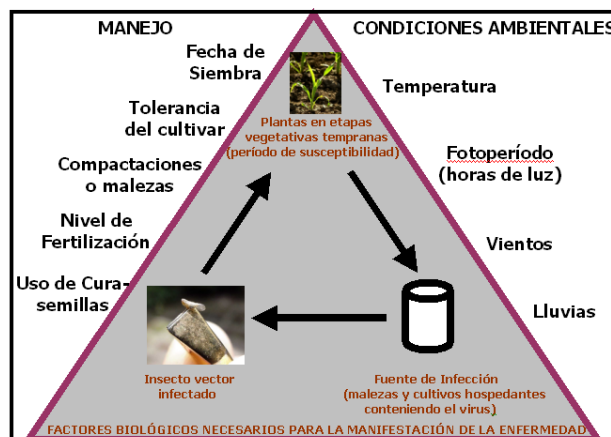
Los cultivos de avena, trigo y cebada actúan como grandes reservorios de "chicharritas", y cuando estos están terminando sus ciclos, los insectos migran hacia otras fuentes de alimento.

Los Virus y las plantas

Los virus, están constituidos por ARN o ADN de simple o de doble cadena y proteínas (solo se pueden ver con microscopio electrónico) y tienen

la capacidad de infectar las células de las plantas. Se estima que alrededor del 40 por ciento de los virus conocidos (615 de 1550 especies y 75 de 233 géneros) causan enfermedades en las plantas. Para que una enfermedad virósica se manifieste en un cultivo sano, deben interrelacionarse una serie de factores biológicos en el momento adecuado. Las condiciones ambientales y el manejo regulan la intensidad de esa interrelación y por lo tanto afectan la incidencia y severidad de la enfermedad dentro del cultivo.

COMPONENTES DEL MRC Y FACTORES QUE LO REGULAN



Condiciones Predisponentes para el MRC

Inviernos benignos (pocas lluvias y pocas heladas) favorecen las altas poblaciones de chicharritas y los vientos facilitan su dispersión masiva. La cercanía de cereales de invierno, verdeos y malezas hospedantes llegando al fin de su ciclo, aumentan la probabilidad de que los cultivos de maíz reciban migraciones de insectos buscando plantas verdes para alimentarse.

Las condiciones predisponentes para que se produzca la enfermedad están determinadas por la interacción de diversos factores:

- _ momento de desarrollo de la planta cuando es infectada (es muy sensible en estado coleoptile y estadios tempranos)
- _ población estacional del vector
- _ carga de virus dentro del vector
- _ cualquier tipo de estrés a los cuales pueda estar sometido el cultivo: compactaciones, sequía, anegamientos temporarios, acción de herbicidas, daños mecánicos, daños por insectos, competencia con malezas, déficit nutricionales, derivas de glifosato, etc...
- _ tipo de cultivar (nivel de tolerancia)
- _ tipo de malezas o cultivos hospedantes circundantes (proximidad de verdeos, trigos, banquinas enmalezadas, etc...)

Todos estos factores contribuyen a predisponer, en mayor o en menor grado, un cultivo a la enfermedad, y cuando varios de ellos interaccionan al mismo tiempo, pueden ocurrir las severas epidemias que ocasionalmente se presentan (Presello *et al.*, 1997).

Síntomas que caracterizan la Enfermedad

El principal síntoma que determina si la planta está enferma por el Mal de Río Cuarto, es la presencia de enaciones.

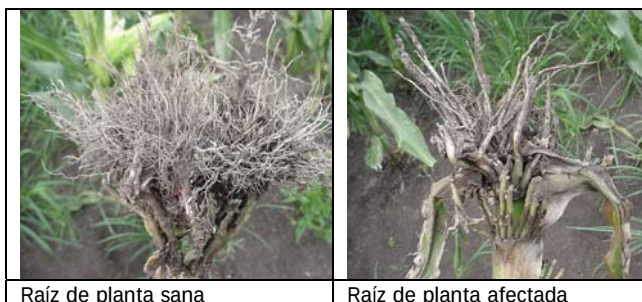


Detalle de enaciones en hoja de maíz

Las enaciones son protuberancias que se presentan en las nervaduras, visibles en el lado inferior de las hojas. A veces son muy pequeñas y solo se pueden ver con lupa a contra luz.

Generalmente se observan con mayor facilidad en las hojas superiores de las plantas. **Este es el único síntoma que permite ratificar a campo la presencia de la enfermedad.** El resto de los síntomas pueden ser comunes a otras causas o patologías.

Cuando se arrancan las plantas se pueden observar raíces engrosadas y con escasa proliferación de pelos absorbentes.

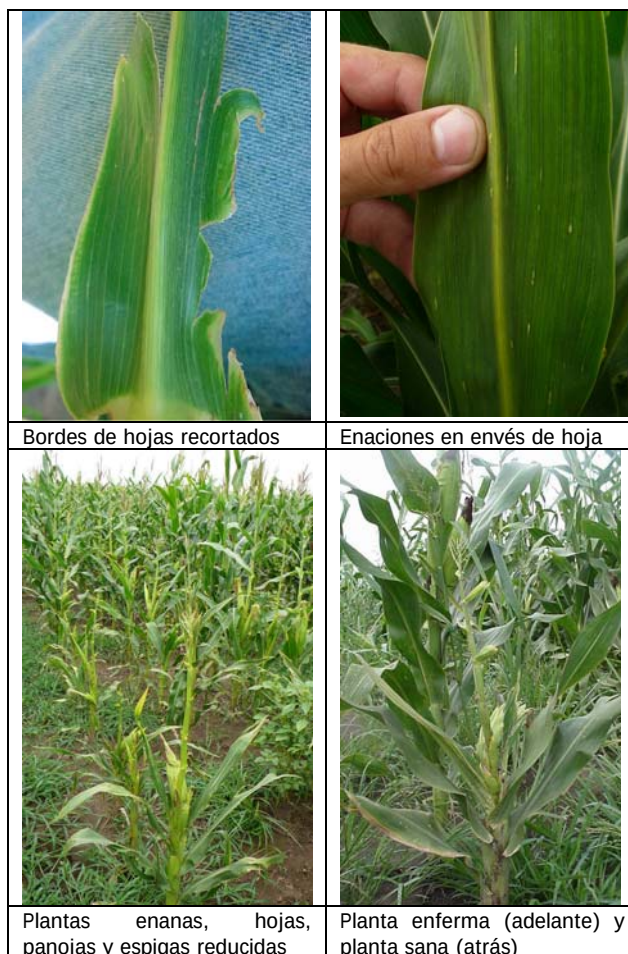


Raíz de planta sana

Raíz de planta afectada

Otros síntomas visibles son el acortamiento de entrenudos y consiguiente achaparramiento, hojas malformadas, recortadas y a veces reducidas a sus

vainas, panoja atrofiada y de tamaño reducido, espigas mal granadas.



Bordes de hojas recortados

Enaciones en envés de hoja

Plantas enanas, hojas, panojas y espigas reducidas

Planta enferma (adelante) y planta sana (atrás)

En grados de afectación muy severas se pueden observar espigas múltiples y deformes.

También se pueden detectar enaciones en las chalas de las espigas.



Espigas múltiples



Enaciones en chalas

Incidencia y severidad del MRC según el momento de infección – Uso de Curasemillas

La incidencia se refiere a qué porcentaje de plantas presentan algún síntoma de la enfermedad, y la severidad refleja la gravedad de los mismos en las plantas afectadas.

La **incidencia** dependerá de la cantidad de chicharritas dentro del cultivo de maíz. Cuanto mayor sea el número de individuos, mayor será la probabilidad de que más plantas sean infectadas.

La **severidad** está muy relacionada con el momento en que las plantas son picadas. Los mayores grados de severidad se registran cuando las infecciones se producen hasta la primera hoja.

A medida que el cultivo de maíz se desarrolla, aumenta su tolerancia a la enfermedad, manifestándose a través de síntomas menos severos y menores disminuciones de rendimiento.

Si las infecciones se producen después de las 5 hojas, la sintomatología es muy leve o nula.

Ciertos insecticidas sistémicos aplicados a las semillas, protegen a las plantas en los primeros estadios más susceptibles del cultivo reduciendo la Incidencia y severidad de los síntomas.

Si el cultivar no tiene tolerancia genética, el curasemillas puede mejorar hasta cierto grado la protección pero no confiere inmunidad.

Grados de severidad según sintomatología

A través de una observación visual se pueden determinar distintos grados de severidad para hacer evaluaciones a campo.

Grados de Severidad y sintomatología		
Grado	Descripción	Sintomatología
0	Planta Sana. Sin afectación de rinde	No tiene enaciones
1	Planta de altura normal y espigas normales, poca o nula incidencia en rinde	Enaciones Bordes de hojas recortados
2	Planta un poco más baja de lo normal, espigas de menor tamaño, incidencia media en rinde	Enaciones Bordes de hojas recortados Acortamiento de entrenudos. Espigas más chicas
3	Plantas achaparradas, espigas con pocos granos, alta disminución de rinde	Enaciones Hojas superiores reducidas a sus vainas Panojas reducidas Plantas achaparradas Espigas muy chicas, con pocos granos y deformes (pico de loro) Multiespigas.
4	Plantas extremadamente bajas, sin granos, pérdida total de rinde	Enaciones Hojas superiores reducidas a sus vainas Panojas reducidas Plantas achaparradas Espigas muy chicas, sin granos y deformes (pico de loro) Multiespigas.

Los grados de severidad dan una idea aproximada de la incidencia en rinde esperable a nivel de plantas individuales.

Para poder hacer una estimación a nivel lote, se deben hacer muestreos en 100 plantas, en varias estaciones de muestreo cubriendo el lote en varias zonas.

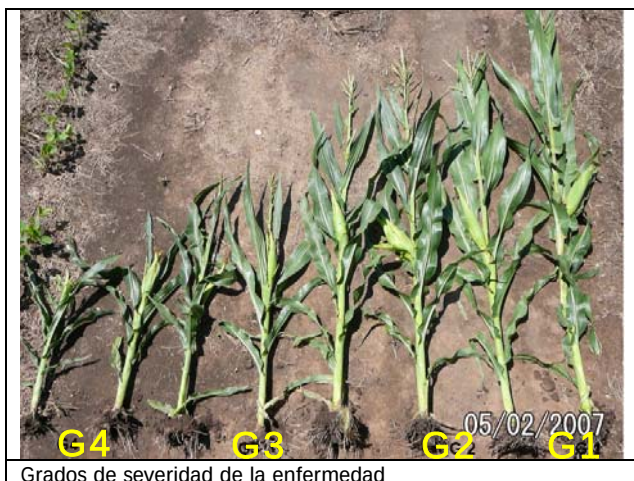
Se deben anotar los grados de severidad de cada planta evaluada y luego calcular la incidencia y severidad media del lote (March *et al.*, 1997).

$$SM: 1 \times \frac{N^{\circ} \text{ Plantas (1)}}{100} + 2 \times \frac{N^{\circ} \text{ Plantas (2)}}{100} +$$

$$3 \times \frac{N^{\circ} \text{ Plantas (3)}}{100} + 4 \times \frac{N^{\circ} \text{ Plantas (4)}}{100}$$

(formula adaptada de Lenardón et al, 2006)

En la foto que sigue se describen las diferencias de altura observables en distintos grados de severidad. Las plantas con grado 1 son de altura normal (igual que las sanas) y a medida que la severidad aumenta, el enanismo es mayor.



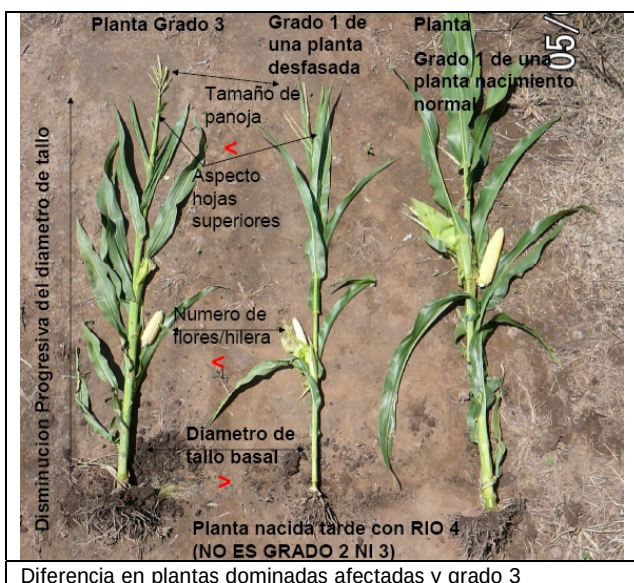
Grados de severidad de la enfermedad

Es común confundir a plantas dominadas con plantas enfermas por MRC. La diferencia radica en que las plantas dominadas presentan tallos de poco diámetro desde la base, y las espigas, a pesar de ser más chicas, no presentan reducción en el número potencial de flores (se pueden contar en el marlo y compararla con plantas normales).

En cambio, las plantas afectadas por el virus presentan diámetro normal de tallo en la base y disminuye hacia la panoja, además de verse reducido el número potencial de flores.

También es posible encontrar plantas dominadas con sintomatología de MRC, y la forma de determinar el grado es observando las flores potenciales que presentan esas plantas.

De esta manera se evita sobre-estimar el grado de afectación ya que visualmente son plantas más bajas con espigas chicas que tienden a confundirse con grados severos (ver foto).



Diferencia en plantas dominadas afectadas y grado 3

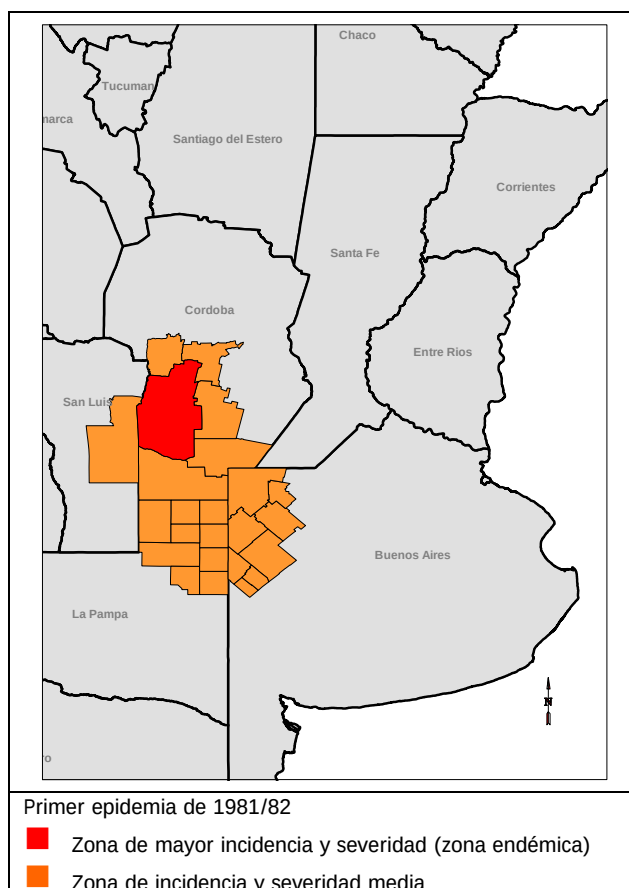
Ciclos de la Enfermedad del MRC

La presencia de una enfermedad en una zona, de modo permanente lleva a calificarla de endémica en el área.

A partir de su detección en 1967, esta enfermedad se ha manifestado con diferentes grados de incidencia y severidad en todas las campañas agrícolas en el departamento de Río Cuarto, al sur de Córdoba (área endémica)

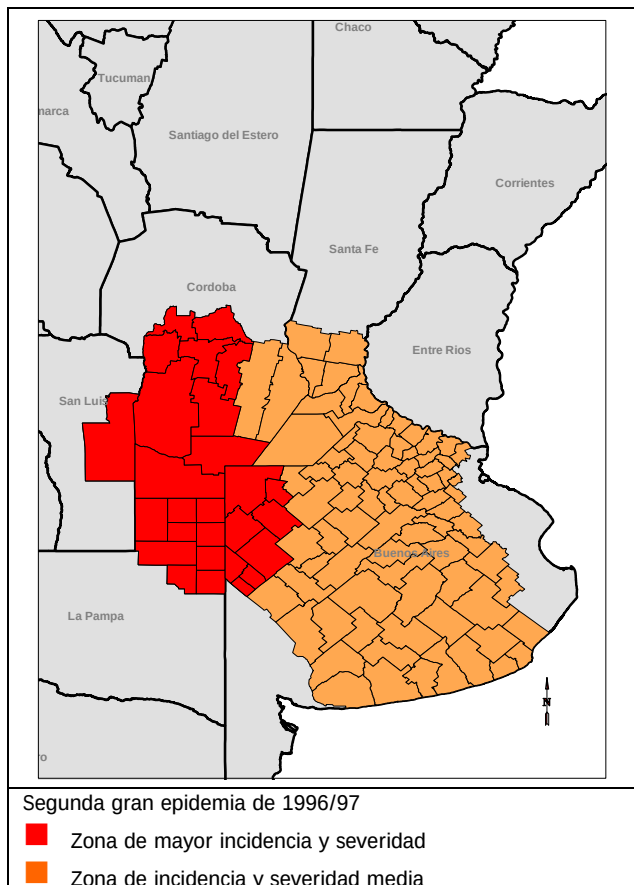
En la campaña agrícola 1976/77 se produce el primer aumento de la enfermedad en los cultivos de maíz con ataques generalizados en la zona endémica.

En las campañas subsiguientes los niveles de afección bajaron hasta que en la campaña 1981/82 se produjo la primer gran epidemia, con mayor severidad que la anterior, expandiéndose fuera del área endémica con altos niveles de incidencia en el norte de La Pampa y Oeste de Buenos Aires.



Luego volvió a disminuir su incidencia hasta la gran epidemia que ocurrió durante la campaña 1996/97, expandiéndose además hasta el centro, norte y sur de Buenos Aires, este de Córdoba y centro y sur de Santa Fe.

En campañas sucesivas nuevamente disminuyó su ocurrencia, circunscribiéndose solo a la zona endémica (zona de Río Cuarto), en donde solo en fechas de siembra de Noviembre se pudieron detectar altos niveles de ataque. En el resto de las zonas maiceras, la enfermedad había desaparecido (Avila, 2005).

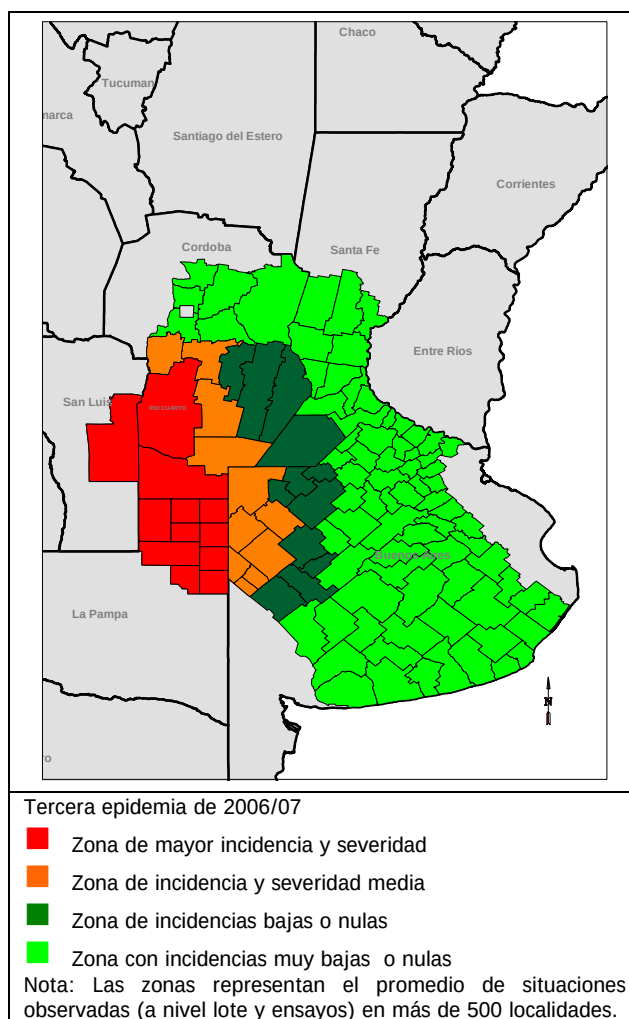


Durante la campaña 2006/07, la enfermedad se ha vuelto a expandir, pudiéndose detectar cultivos con síntomas en casi todas las zonas maiceras.

La principal diferencia es que en las zonas centro, norte y sur de Buenos Aires, este de Córdoba y centro y sur de Santa Fe la virulencia fue mucho menor que la epidemia ocurrida 10 años atrás, siendo muy difícil detectar plantas afectadas en los cultivos de maíz de esas zonas.

Estas epidemias han estado generalmente asociadas con cambios de temperaturas y precipitaciones en los meses de invierno, y con modificaciones en las prácticas agronómicas del cultivo. Ejemplo: Condiciones de sequía y pocas heladas durante el invierno permiten mayor supervivencia de chicharritas infectivas. Bajo estas condiciones los cereales de invierno se secan anticipadamente y esto promueve las migraciones hacia cultivos de maíz que se sembraron tarde por falta de humedad. Esto conlleva a que las

migraciones hacia el maíz, coincidan con estados vegetativos muy tempranos.



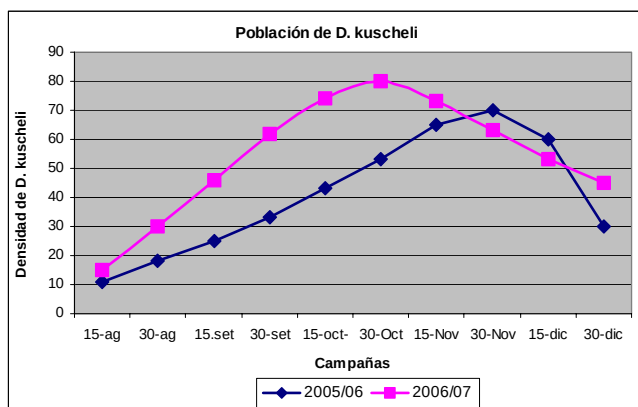
Dinámica de las "chicharritas" - Picos poblacionales

El insecto vector desarrolla sus poblaciones infectivas en los verdeos invernales (avenas y trigos). Las formas juveniles (ninfas) y adultas de alas cortas (braquípteros) del insecto permanecen en estos verdeos, mientras que las formas adultas de alas largas (macrópteros) son las responsables de la migración hacia los cultivos primaverales, entre ellos el maíz.

El desarrollo poblacional del vector (densidad poblacional, cantidad relativa de ninfas, braquípteros y macrópteros y ritmo de migración) varía en función de las condiciones ambientales (temperaturas y lluvias) y del desarrollo de los cereales de invierno (Lenardón *et al*, 2006).

Durante el invierno se pueden dar condiciones de temp. que promuevan la movilidad de las chicharritas, pero al haber fotoperíodos menores a 13 hs, el insecto permanece en el mismo estadio (Ing.Truol, IFFIVE- INTA Córdoba) .

Los registros de las capturas de de *Delphacodes kuscheli*, indican que la abundancia de individuos comienza a incrementarse a partir de los meses de septiembre-octubre hasta llegar a un pico poblacional muy marcado a fines de noviembre, luego disminuye en los meses siguientes. En la campaña 2006/07, todo parece indicar que el pico poblacional se adelantó alrededor de 20-30 días. (Ver gráfico).



Estrategias de Manejo

Esta es una enfermedad en la que la incidencia de la virosis depende principalmente de los vectores infectivos que llegan al cultivo de maíz desde áreas vecinas y de la época en la que alcanzan su máxima densidad poblacional, por lo cual su manejo debe realizarse a fin de disminuir el inóculo inicial y disminuir el tiempo crítico de exposición del cultivo al patógeno (Ornaghi *et al.*, 1993b).

El conocimiento de la fluctuación poblacional de los vectores de enfermedades a lo largo del año tiene gran importancia, ya que permite estimar las épocas de mayor incidencia y en esa forma planificar y ejecutar programas de manejo integrado de las poblaciones insectiles (Fernández *et al.*, 1987; Vivas y Clavijo, 2000).

Fecha de siembra: Adelantar las fechas de siembra es una herramienta que tiene por finalidad escapar la presencia de picos poblacionales en los períodos críticos de desarrollo de la planta es decir en los primeros 45 días de emergencia la misma.

Uso de materiales tolerantes: A través de años de selección de líneas e híbridos en la zona endémica se pudieron lograr niveles de tolerancia muy superiores a los que se contaban hace una década. A mayor cercanía del área endémica, mayor tolerancia se requiere en los híbridos.

Uso de Insecticidas curasemillas: Los insecticidas para semillas sistémicos permiten disminuir la incidencia y severidad de daños del MRCV en los cultivos de maíz. No reemplazan la tolerancia genética, pero sí la mejoran en cierto grado.

Adecuado manejo del cultivo: Cuanto mejores condiciones de crecimiento tenga el cultivo, menores serán las pérdidas de rendimiento ante una misma presión de ataque.

Cualquier tipo de estrés como competencia del cultivo con malezas, compactaciones, sequía, anegamientos temporarios, detoxificación de de herbicidas, daños mecánicos, daños por insectos, déficit nutricionales, derivas de glifosato, etc...; predisponen a mayores daños.

Plantas sanas y bien nutridas soportan mejor a la enfermedad (March *et al.*, 1997).

Tolerancia Genética vs. Resistencia

Hasta el presente, la tolerancia de los híbridos se ha logrado a través del mejoramiento convencional, seleccionando materiales que toleren la enfermedad en distinto grado.

Obtener resistencia implicaría que las plantas tengan la habilidad de detener la infección, y ello se podría lograr utilizando técnicas de ingeniería genética, introduciendo genes ajenos a las plantas de maíz que le confieran la característica deseada.

Hoy todavía no existen híbridos resistentes en el mercado. Sí existen híbridos que toleran en mayor o menor medida a la enfermedad y producen a pesar de la infección.

Por ello los híbridos más tolerantes también pueden expresar síntomas del MRC. No son inmunes. La severidad dependerá de la carga de virus introducida en la planta, el momento del cultivo y el estado hídrico nutricional de la planta.

Al sembrar híbridos tolerantes se obtiene mayor nivel de protección, ya que ante un mismo nivel de ataque, un híbrido susceptible presentaría daños sensiblemente mayores.

Bibliografía

- AVILA, A. 1995. Tesis doctoral: Incidencia del mal de río Cuarto (MRCV), sus vectores y hospedantes alternativos en tres unidades fisiográficas diferentes del centro de Argentina. Pp: 74-83.
- BOCCARDO, G. & MILNE R.G. 1984. Descriptions of Plant Viruses. Plant reovirus Group nº 294: 1-7.
- CONTI, M. 1984. Epidemiology and vectors of plant Reolike Viruses. In: Current Topics in Pathogen-Vector-Host Reseach. (Ed. K.F. Harris). Praeger Publishers, N.Y.2: 111-139.
- FERNÁNDEZ, S.; J. SALAS; C. ALVAREZ Y A. PARRA. 1987. Fluctuación poblacional de los principales insectos plaga del tomate en la depresión de Quibor, Estado Lara. Venezuela. Agronomía Tropical 37 (1-3): 31-42.
- LENARDÓN, L.; SALOMÓN, A.-, MARCELINO, J.; GIOLITTI, F.; ODINO, C.; MARINELLI, A Y PAVONE. C. 2006. Comportamiento de híbridos comerciales de maíz frente al virus del Mal de Río Cuarto (MRDV), en el área endémica 2005/2006. Hoja Informativa. Pp: 1-6.
- LYONS, T. Y LUNA, J.T. 1970. Posibilidades de mejoramiento de la prácticas de producción de maíz en la Argentina. INTA, Colección Agropecuaria Nº17, 52 pp.
- MARCH, G. J.; J. A. ORNAGHI; J. E. BEVIACQUA & S. L. LENARDON. 1997. Manual Técnico del Mal de Río Cuarto. Ed. Morgan. Buenos Aires. Argentina. 41 pp.
- NAULT, L. y AMMAR E.D. 1989. Leaf-hoppers and plant-hoppers transmisión of plant viruses. Annual Review Entomology 34: 503-529.
- NOME, S.F., S.L. LENARDON, I.G. LAGUNA, S.K. LOWE y DOCAMPO D.M. 1980. Partículas de virus (reovirus) asociadas al "Mal de Río Cuarto" en cultivos de maíz. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad nacional de Córdoba. Serie didáctica Nº 3: 1-7.
- ORNAGHI, J.A., A.D. MARINELLI, G.J. MARCH, G. T. BOITO y RODRIGUEZ PARDINA P. 1993a. Transmisión del virus causal del mal de Río Cuarto por *Delphacodes kuscheli* Fennah a cultivos y malezas. Workshop "Mal de Río Cuarto". Córdoba, Argentina. 23-25 Junio. Pp: 41-42.
- ORNAGHI, J.; G. BOITO; G. SÁNCHEZ Y G. MARCH. 1993b. Estudios poblacionales de *Delphacodes kuscheli* FENNAH en avena, trigo y centeno. Actas Workshop "Mal de Río Cuarto", Córdoba, Argentina. 23-25 de Junio de 1993. INTA, pp. 39-40.
- PRESELLO, D. A.; G. EYHERABIDE, M. FERRER Y A. CELIZ. 1996. Interacción Genotipo x ambiente en líneas de maíz respecto a su resistencia a Mal de Río Cuarto. Informe PROMARC 1996. pp: 85-97.
- REMES LENICOV, A.M. De, A. TESON; E. DAGOBERTO y HUGUET N. 1985. Hallazgo de uno de los vectores del Mal de Río Cuarto en maíz. Gaceta Agropecuaria 25: 251-258.
- UYEDA I. Y MILNE R. 1995. Introduction: Genomic organization, diversity and evolution of plant reoviruses. Seminars in Virology 6: 85-89.
- VELÁZQUEZ, P.D, J. ARNEODO, F.A. GUZMÁN, L.R. CONCI y TRUOL G. 2003. *Delphacodes haywardi* Muir, a new natural Vector of Mal de Río Cuarto Virus in Argentina. J. Phytopatology 151: 1-4.
- VIVAS, L. Y S. CLAVIJO. 2000. Fluctuación poblacional de *Tagosodes orizocolus* (Muir) 1926 (Homoptera: Delphacidae) en el sistema de riego Río Guárico, Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. Bol. Entomol. Venez. 15 (2): 217-227.