



RESISTENCIA A LAS PODREDUMBRES DE ESPIGA CAUSADAS POR *FUSARIUM* EN CULTIVARES DE MAÍZ

¹Daniel Presello, ¹Mariana Fernández y ²Silvina Oviedo

Junio 2015

¹INTA Estación Experimental Pergamino

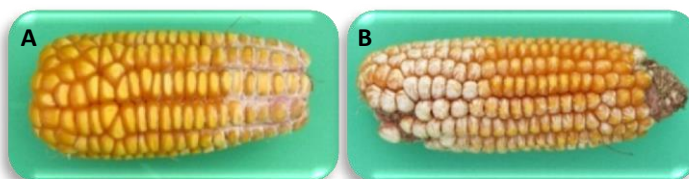
²INTI Villa Regina

Una de las formas más efectivas de reducir pérdidas de rendimiento y la contaminación con micotoxinas en grano de maíz, es el uso de híbridos menos susceptibles a podredumbres de espiga. En la Estación Experimental Pergamino se han identificado fuentes de resistencia y estudiado los mecanismos que el maíz dispone para defenderse de los hongos del género *Fusarium*, importantes agentes causales de las podredumbres de grano y espiga. En esta publicación se presentan las conclusiones relevantes de estos trabajos y los resultados de la evaluación de cultivares que pueden usarse hoy en día para producir granos menos contaminados.

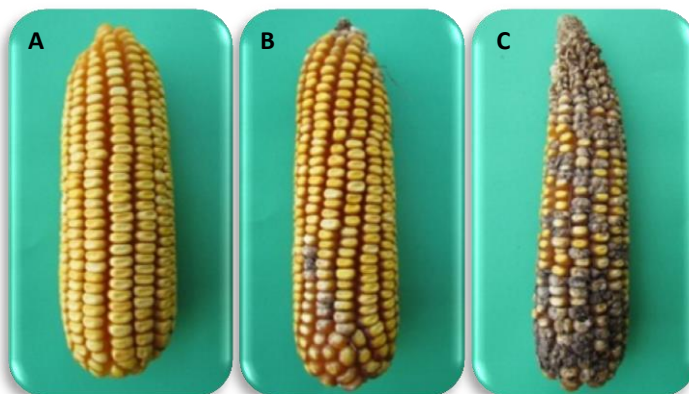
PODREDUMBRES DE ESPIGA Y MICOTOXINAS

Las podredumbres de espiga causadas por *F. verticillioides* y *F. graminearum* reducen el rendimiento y contaminan el grano con micotoxinas (Ej.: fumonisinas, deoxinivalenol y zearalenona) que afectan la salud de los vertebrados. Es importante reducir la presencia de estas toxinas tanto para proteger la salud de la población como para reducir las pérdidas de producción en las cadenas de carnes, huevos o leche.

La Food and Drug Administration de Estados Unidos (FDA) recomienda rangos máximos (gramos / tonelada = partes por millón o ppm) para granos destinados a forraje de entre 5 y 50 para fumonisinas, 1 y 5 para deoxinivalenol y menos de 0,5 para zearalenona, dependiendo de la especie, la edad y el sexo del animal. Para mayor información sobre la guía de recomendaciones para cada especie, consultar en <http://www.fda.gov>.



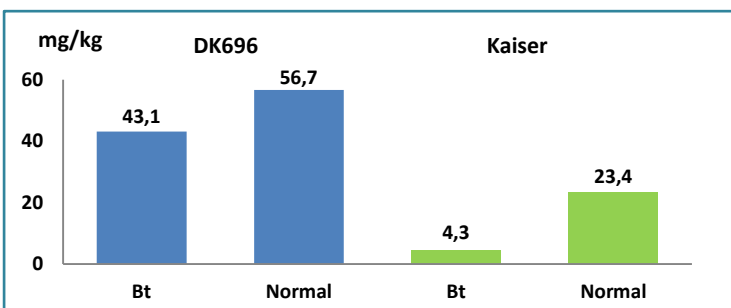
Espigas afectadas por *Fusarium graminearum* (A) y *Fusarium verticillioides* (B).



Espigas de híbridos con niveles variables de resistencia parcial (A y B) y susceptible (C), expresando distintos grados de infección, luego de la inoculación con *Fusarium verticillioides*.

CARACTERÍSTICAS DE LA RESISTENCIA A *FUSARIUM* IDENTIFICADA EN MAÍZ ARGENTINO

- La resistencia es de tipo parcial, todos los genotipos son afectados por el hongo, pero con niveles variables de severidad de síntomas y producción de micotoxinas.
- La resistencia es de naturaleza amplia y puede ser efectiva para las especies de *Fusarium* prevalentes en una región.
- Los híbridos Bt acumulan menos micotoxinas que sus contrapartes no Bt debido a la reducción del daño por insectos que es una vía de entrada a los hongos.



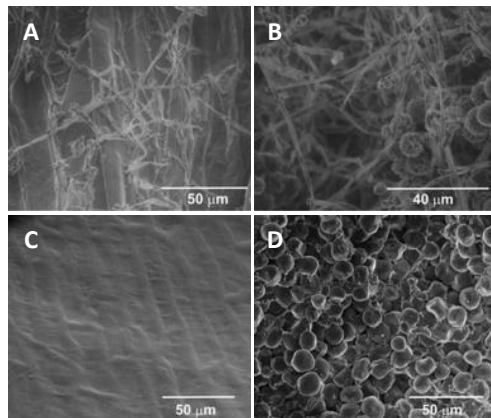
Concentración de fumonisinas en híbridos Bt y su contraparte no transgénica en condiciones de infección natural



Espiga de maíz infectada por *Fusarium verticillioides* en sectores dañados por barrenadores.

El daño de insectos es una de las vías de entrada del hongo a la espiga que puede ser contrarrestada mediante el uso de híbridos Bt o mediante tratamientos con insecticidas.

■ El maíz expresa diversos mecanismos de defensa incluyendo una alta tasa de senescencia de estigmas que disminuye la exposición de los mismos al hongo y la entrada al grano, la expresión de ciertos compuestos químicos en estigma y grano, el espesor y el contenido de compuestos fenólicos del pericarpio. La expresión de estos caracteres hacen que los cultivares disponibles presenten diferentes grados de reacción a la enfermedad.



Gentileza de V. Campos Bermudez (CEFOBI)

Hifas fúngicas creciendo en pericarpio (A) y endosperma (B) en un material susceptible, y ausencia de infección fúngica externa (C) e interna (D) en uno resistente.



Espigas de maíz al cuarto día de emisión de estigmas. L4637 (A); L4674 (B) y SPF05 (C).

Notese la mayor velocidad de senescencia y aborto de estigmas en SPF05 (C), reduciendo la posibilidad de ingreso de *Fusarium* al grano por esta vía.

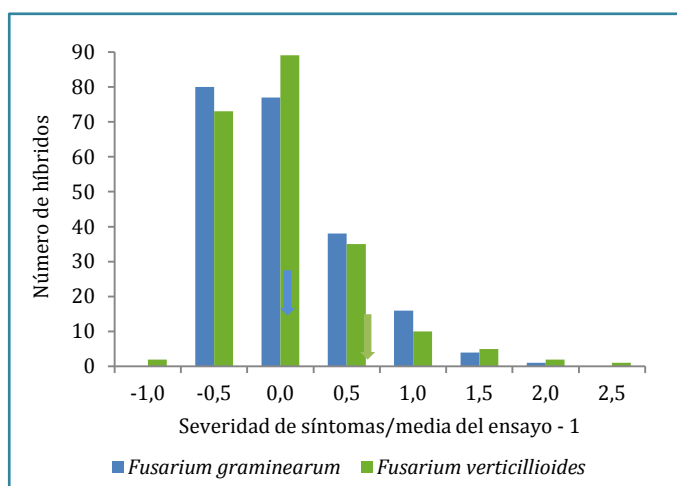
RESISTENCIA EN HÍBRIDOS COMERCIALES

De la evaluación de la resistencia a la enfermedad y la acumulación de micotoxinas en 195 híbridos comerciales desde 2007 a 2014, en experimentos inoculados con *F. graminearum* y *F. verticillioides*, se llegó a las siguientes conclusiones:

■ Entre los híbridos disponibles en el mercado existe un importante nivel de variabilidad para la resistencia a *Fusarium*. Para ambos patógenos, la distribución de frecuencias está sesgada hacia la resistencia, lo que denota el esfuerzo de los criaderos para el desarrollo de materiales mejorados por este carácter. Sin embargo, algunos híbridos expresaron severidades de síntomas iguales o mayores a la del testigo susceptible y son los materiales que presentan el mayor riesgo de contaminación y pérdidas en el rendimiento en condiciones de epifitía.

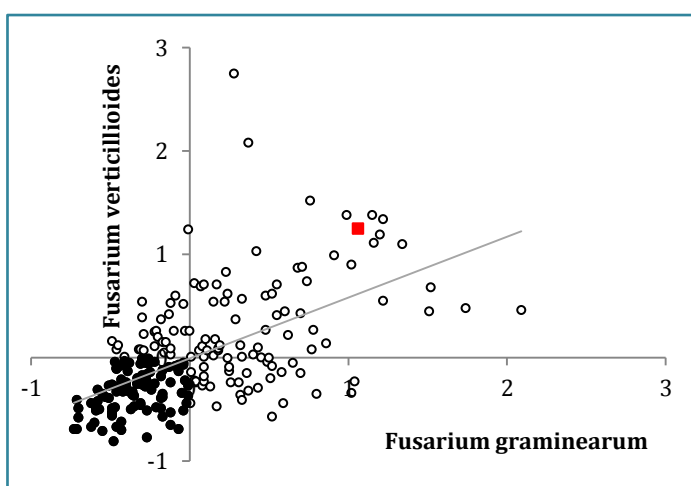
■ La resistencia a *F. graminearum* y *F. verticillioides* están altamente correlacionadas, por lo que es posible elegir híbridos resistentes a ambas enfermedades. Esto es importante ya que al momento de la siembra es difícil pronosticar la prevalencia de cada hongo durante los estadios de formación y llenado de granos en los que ocurren las infecciones y la contaminación con micotoxinas.

■ Los híbridos más resistentes acumularon menores niveles de micotoxinas. Algunos de ellos mantuvieron sus concentraciones por debajo de los límites considerados seguros, aún luego de la inoculación de las espigas con 2 millones de conidios de *Fusarium*.



Distribución de 195 híbridos de maíz de acuerdo a la severidad de síntomas de podredumbres de espiga luego de la inoculación con *Fusarium graminearum* y *Fusarium verticillioides*.

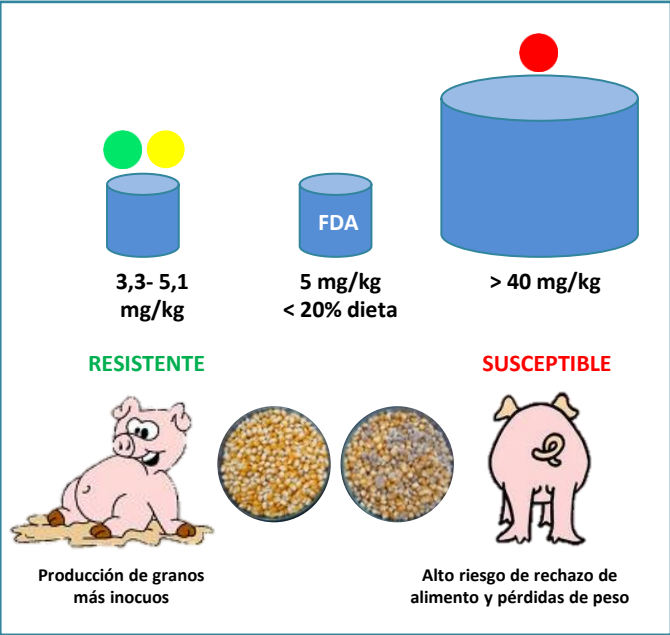
Los experimentos fueron conducidos en diferentes años, desde 2007 a 2014, y para hacerlos comparables, los valores de cada híbrido fueron ajustados de modo tal que el valor cero corresponde a la media del ensayo. Se observa un importante nivel de variabilidad pudiéndose elegir los híbridos más resistentes para reducir pérdidas en rendimiento y la contaminación con micotoxinas



Relación entre la severidad de síntomas de híbridos de maíz luego de la inoculación con *Fusarium graminearum* y *Fusarium verticillioides*.

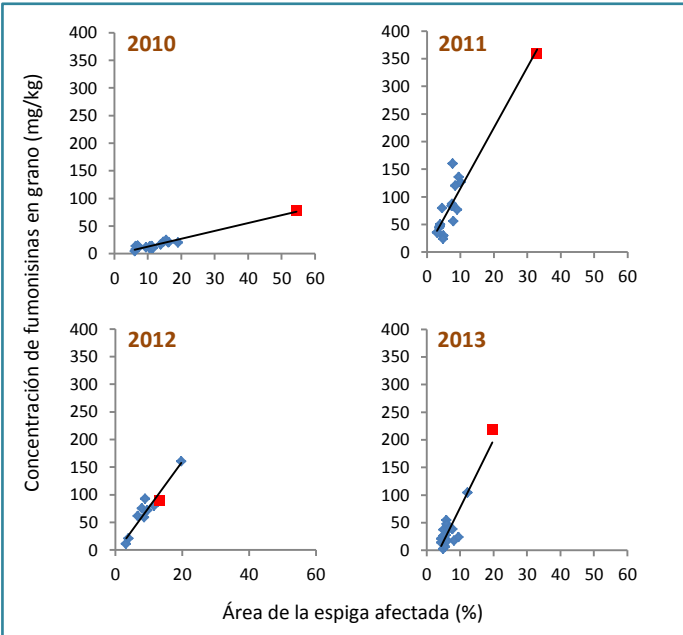
Los híbridos con valores negativos para ambos hongos (●) tuvieron niveles de podredumbre de espiga inferiores a la media del ensayo y presentan resistencia parcial para ambos patógenos. La mayoría de los materiales mostraron valores por debajo de los del testigo susceptible (■) evidenciando la labor del mejoramiento para lograr híbridos de buen comportamiento a *Fusarium*.

- Si bien pueden existir mecanismos específicos que afecten la acumulación de micotoxinas luego de la infección fúngica, la concentración de la toxina depende mayormente de la severidad de síntomas. Por lo tanto, la elección de híbridos resistentes a las podredumbres de espiga reducirá las pérdidas de producción y mejorará la inocuidad del grano.
- Las epifitias severas de *Fusarium* ocurren de manera esporádica. La inoculación simula estas condiciones a fin de facilitar la elección de híbridos que presenten menor riesgo de efectos negativos a causa de estas enfermedades.
- En esta publicación se presentan los resultados para la campaña 2013/2014, la información completa sobre la severidad de síntomas y la concentración de micotoxinas en los híbridos evaluados desde 2007 a 2015 puede ser consultada en www.inta.gob.ar/proyectos/pncy-1127023.



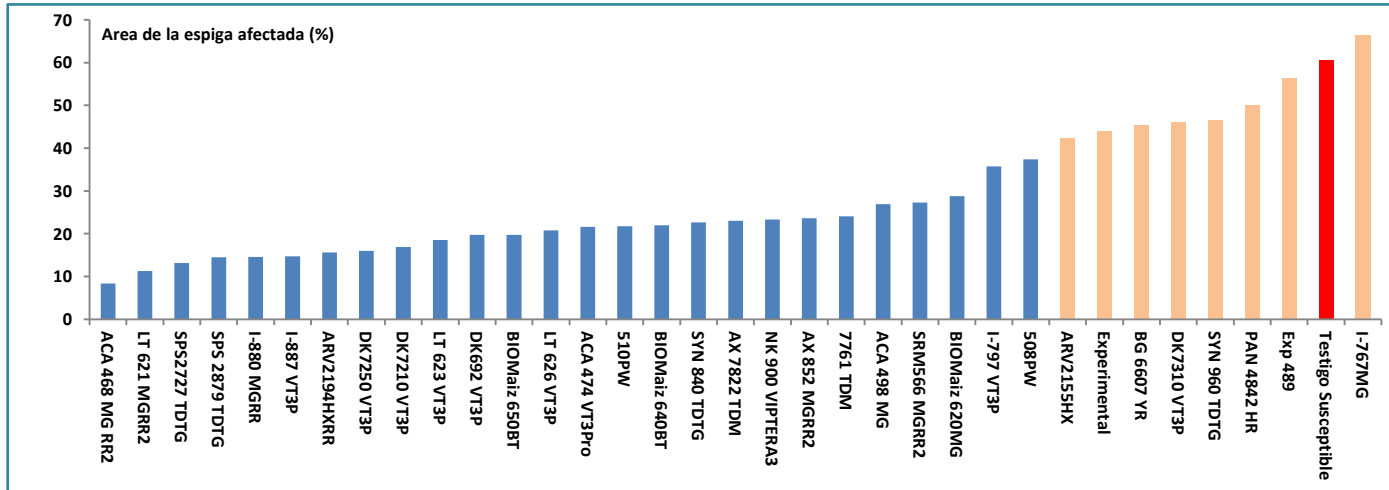
Concentración de deoxinivalenol en un híbrido resistente y otro susceptible luego de la inoculación con *Fusarium graminearum* durante dos años.

En el híbrido resistente los valores de concentración están por debajo o muy cercanos a los propuestos por la FDA, mientras que los del susceptible exceden ampliamente estos valores. Mientras que el material susceptible presenta un alto riesgo de producir, en años de epifitia severa, granos que afectarían la producción porcina, el resistente producirá granos poco contaminados que ayudarán a resolver el problema de micotoxinas en dichas situaciones.



Severidad de síntomas y concentración de fumonisinas en grano de cultivares y un testigo susceptible (■) inoculados con *Fusarium verticillioides*.

Se verificó una alta asociación entre ambas variables, indicando que la concentración de las micotoxinas dependen mayormente de la resistencia a la enfermedad. Para un mismo nivel de severidad de síntomas, la concentración de fumonisinas puede variar según el ambiente del año, pero los materiales resistentes siempre producen grano más inocuo que los susceptibles.



Promedio de severidad de síntomas de podredumbre en híbridos de maíz inoculados con *Fusarium graminearum* y *Fusarium verticillioides*. La barra roja indica la severidad de síntomas del testigo susceptible. Los híbridos representados con barras azules presentaron una severidad de síntomas significativamente menor ($P < 0,05$) a la del testigo susceptible y son recomendados para la producción de granos con bajos niveles de contaminación. Estos resultados fueron obtenidos luego de la inoculación del hongo en el canal de los estigmas, lo que simula una epifitia severa, y son válidos para estas condiciones que provocan los mayores riesgos de contaminación con micotoxinas y pérdidas de productividad. En condiciones de epifitia moderada, la diferencia entre híbridos podría no ser tan marcada pero es de esperar que los materiales más resistentes mantengan su buen comportamiento.