



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Santa Fe
Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros

Determinación del momento óptimo de cosecha en maíz tardío. Evolución del rendimiento, calidad e inocuidad de granos durante el secado a campo

Ferraguti Facundo¹, Julio Castellarín¹, Juan Carlos Papa¹, José Ma. Mendez², Diego Cristos³ y Ricardo Moschini⁴

¹ EEA INTA Oliveros, ² AER INTA Totoras, ³ Centro de Investigación de Agroindustria (CIA-INTA), ⁴ Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar.

Email: ferraguti.facundo@inta.gob.ar

Introducción

En los últimos años la superficie destinada a maíces de segunda y tardío se ha incrementado en el centro-sur de Santa Fe hasta igualar la superficie de maíz de primera o inclusive en algunos distritos, la superficie de maíces de fecha tardía supera ampliamente a la de maíz de primera.

La expansión de las siembras tardías se debe principalmente a que, aún con menor potencial de rendimiento que las siembras de primera, las siembras tardías tienen un mayor piso de rendimiento y mayor estabilidad (Ferraguti et al., 2016). Esto se debe a que las siembras tardías colocan el período crítico del cultivo en una época con mejores probabilidades de precipitaciones y menores chances de sufrir un golpe de calor en la definición del número de granos (Maddoni, 2012).

Como contraparte, las siembras de fecha tardía exponen al cultivo a mayor presión de plagas, sobre todo a barrenador (*Diatraea saccharalis*), cogollero (*Spodoptera frugiperda*) e isoca de la espiga (*Heliothis Zea*). La relevancia de estas plagas es tan significativa que la práctica de siembras tardías sólo fue posible cuando se introdujeron híbridos con eventos transgénicos para la protección del cultivo (Ferraguti., 2014). En los últimos años se observó un incremento en la frecuencia de ataques de insectos que afectan la espiga (Gamundi & Perotti, 2014) y si bien existen diferencias en el grado de protección que brindan los eventos transgénicos, en todos los casos el control de isoca de la espiga es parcial. Las mermas de rendimiento por daño directo son variables y en muchos casos no justifican una aplicación, sin embargo, las heridas causadas por las orugas son

una fuente de ingreso de humedad a la espiga y propicia la proliferación de hongos como *Fusarium spp.* (Munkvold et al., 1997).

Debido a que los maíces tardíos alcanzan la madurez fisiológica (MF) durante el otoño cuando las temperaturas medias descienden, la humedad relativa aumenta y son frecuentes los eventos de precipitaciones, el proceso de secado del grano hasta alcanzar la humedad de cosecha puede ser lento. Si se espera a que el grano alcance una humedad cercana a la de entrega (14,5%), el cultivo puede permanecer en pie hasta el mes de agosto inclusive. Durante el período que el cultivo permanece en el campo hasta ser cosechado, es posible que ocurran pérdidas de rendimiento por quebrado y vuelco de plantas, caída de espigas y por consumo por aves. A su vez, se presume que la calidad comercial se deteriora por una caída del peso hectolítrico, aumento de granos brotados y granos amohosados por ataques fúngicos.

Los hongos patógenos que afectan la espiga colonizan los granos y pueden deteriorar la calidad comercial. Adicionalmente, según qué hongo esté presente y las condiciones ambientales, se produce la contaminación de los granos con micotoxinas, compuestos de origen biológico que causan intoxicaciones agudas, subagudas o crónicas dependiendo del porcentaje en que participan en la dieta de humanos y animales. Las micotoxinas son específicas del patógeno, así es como *Fusarium verticillioides* es el principal responsable del contenido de fumonisinas, *Fusarium graminearum* produce deoxivalenol (DON) y zearalenonas y *Aspergillus flavus* junto con *Aspergillus parasiticus* son los responsables por el contenido de aflatoxinas. Martínez & Moschini, 2014 demostraron a través de un modelo predictivo de fumonisinas que las siembras tardías son más propensas a contenidos altos de fumonisinas (Fig. 1).

Adicionalmente, mientras el cultivo permanece en pie, aumenta la población de malezas de ciclo-otoño invernal por debajo del canopeo senescido, consumiendo agua y nutrientes. Esta demora en realizar un barbecho invernal implica que la aplicación de herbicidas se deba realizar posteriormente a la cosecha del maíz, una vez que las malezas han desarrollado una cobertura casi total y además se han rusticado por estar expuestas a sequía y frío (Papa, 2009; Papa et al., 2010a). Esta situación, con el agravante que al cosechar se esparce rastrojo sobre las malezas rusticadas y emergentes, conduce a que las aplicaciones primaverales tengan menor probabilidad de éxito y en muchos casos ocasionan el aumento de costos para el control de malezas.

Teniendo en cuenta el marco descrito, es necesario generar información científica sobre los procesos que determinan una merma en el rendimiento, el deterioro de la calidad comercial y la dinámica de la población de malezas durante el proceso de secado del grano a campo en maíces de siembra tardía. El momento óptimo económico se definiría como aquel que contemple el mayor margen bruto, teniendo en cuenta los beneficios de la práctica del secado a campo (reducción de gastos de secada) versus los posibles perjuicios (mermas de rendimiento, reducción de la calidad comercial e inocuidad).

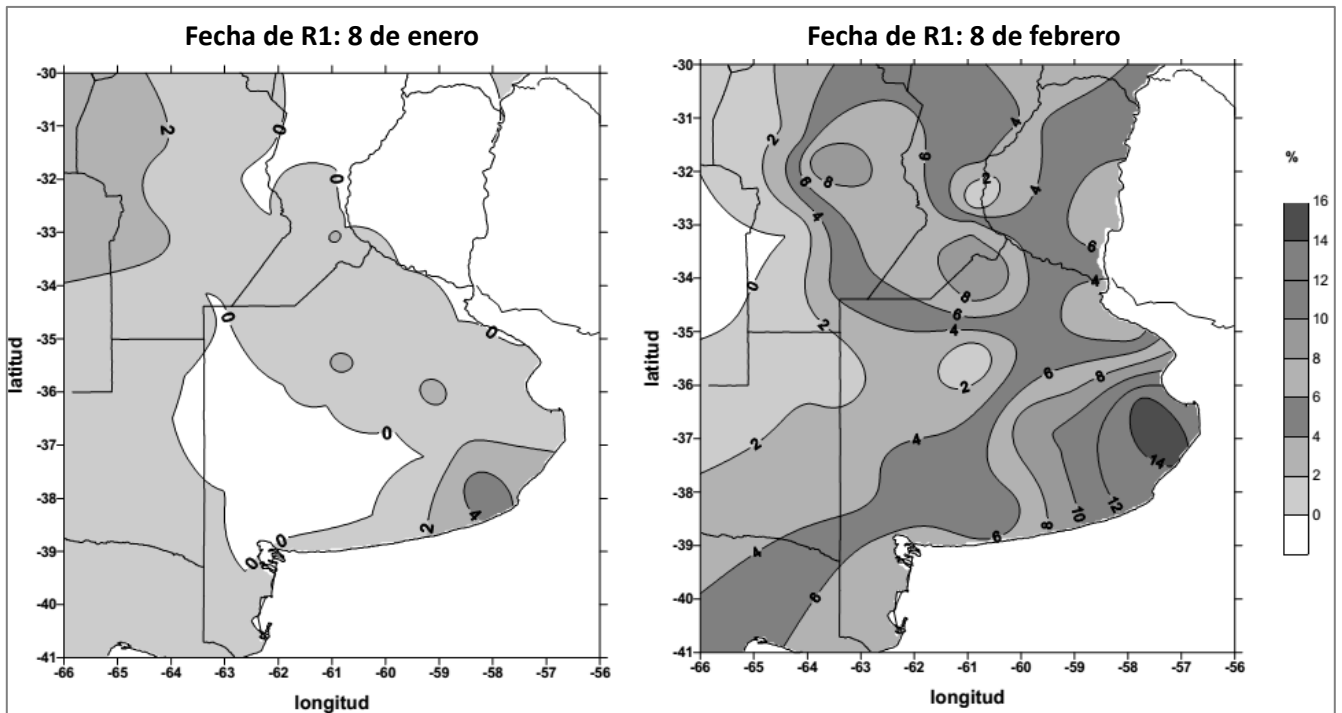


Figura 1. Distribución espacial del porcentaje de años con probabilidad de ocurrencia de un nivel severo de fumonisina FB1 en grano de maíz a cosecha. Estimado por modelo logístico de tres variables. Estaciones meteorológicas: 35. Serie: 1971-2010. Adaptado de Martínez & Moschini, 2014.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- Identificar y cuantificar las mermas de rendimiento ocurridas durante el secado de grano a campo
- Determinar el grado de disminución de la calidad comercial durante el secado de grano a campo
- Evaluar la presencia de micotoxina (DON) en grano desde MF a momento de cosecha
- Determinar la evolución de la población de malezas durante el período de secado del grano

Materiales y métodos

Durante la campaña 2014/15 se seleccionó un sector dentro de un cultivo de maíz tardío (híbrido Avalon PW) en la EEA INTA Oliveros con fecha de siembra 22/12/2014. Se marcaron 20 parcelas de 65m² en las cuales se monitorearon las variables de interés de forma aleatoria sin repetición. Se realizó un seguimiento del llenado de granos y una vez determinada MF como el fin de la acumulación de materia seca en grano comenzó el muestreo con una frecuencia semanal hasta que el grano alcance humedad de entrega (14,5%).

En cada muestreo se determinaron las siguientes variables:

- Rendimiento en grano (Kg/ha)
- Calidad comercial (Todos los rubros contemplados en la NORMA XII)
- Porcentaje de plantas sin espigas
- Porcentaje de plantas quebradas
- Porcentaje de plantas volcadas

- Daños por insectos de espiga (escala visual según Mihm, 1982)
- Incidencia y severidad de enfermedades de espiga (escala visual según Presello et al., 2007)
- Determinación de contenido de DON (por HPLC)
- Composición botánica y abundancia poblacional de malezas

Resultados

1. Condiciones meteorológicas

Las precipitaciones registradas desde MF hasta final de secado totalizaron 273,5 mm, con la particularidad que en un único evento el día 1 de mayo se registró una precipitación de 152 mm. La humedad relativa tuvo un valor promedio fue de 81% y se observó una tendencia creciente a medida que se retrasó la fecha de cosecha desde MF. El primer tercio del secado se realizó con un valor promedio de humedad relativa diaria 80,7% mientras que para el segundo y tercer tercio fue 78,9 y 85,2% respectivamente (**Fig. 1**). La temperatura media descendió al comenzar el período otoño invernal, registrándose para el primer tercio de secado una temperatura media de 20,9°C y para los dos tercios siguientes 18,7 y 13,8 % respectivamente.

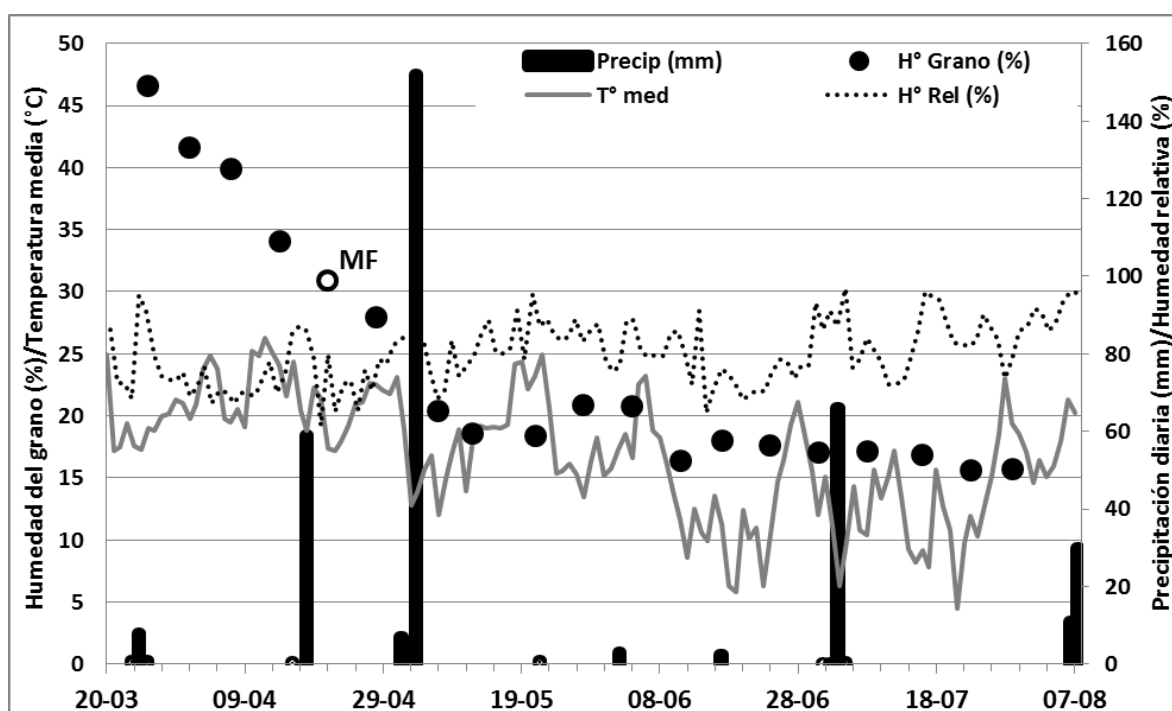


Figura 1. Condiciones meteorológicas (Precipitaciones, temperatura media y humedad relativa) durante el período evaluado en la campaña 2014-2015.

2. Secado de grano

La MF determinada como el momento en el cual se alcanzó el máximo peso seco de grano coincidió con un 30,9 % de humedad (**Fig. 2**), con fecha 21 de Abril. El progreso del secado de grano desde MF a humedad de entrega tuvo un patrón con dos pendientes diferentes. En un principio, la tasa de secado fue la misma que la

de finales del llenado de grano, mientras que a partir de los 30 días posteriores a MF, a fines de mayo, la tasa de secado disminuyó a un décimo de la tasa anterior (Fig.2).

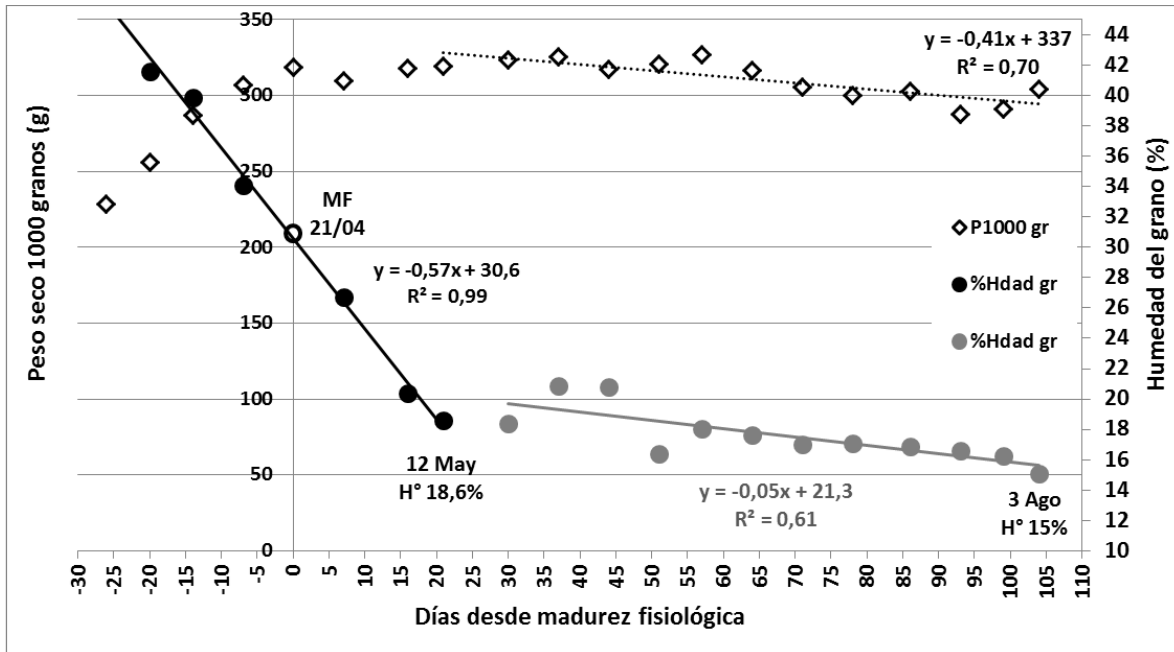


Figura 2. Evolución del peso seco y humedad de granos para el híbrido Avalon PW en la campaña 2014-15.

3. Rendimiento y componentes

Se evidenció una tendencia negativa en el rendimiento obtenido a medida que transcurrieron los días desde MF. Si bien se observó cierta variabilidad en los datos, los rendimientos del primer tercio del período de secado fueron superiores ($p > 0,07$) a los del tercer tercio. (Fig. 3). En línea con los resultados de rendimiento, el peso de los granos también disminuyó significativamente ($p > 0,0005$) a medida que progresó el secado del grano (Fig. 2).

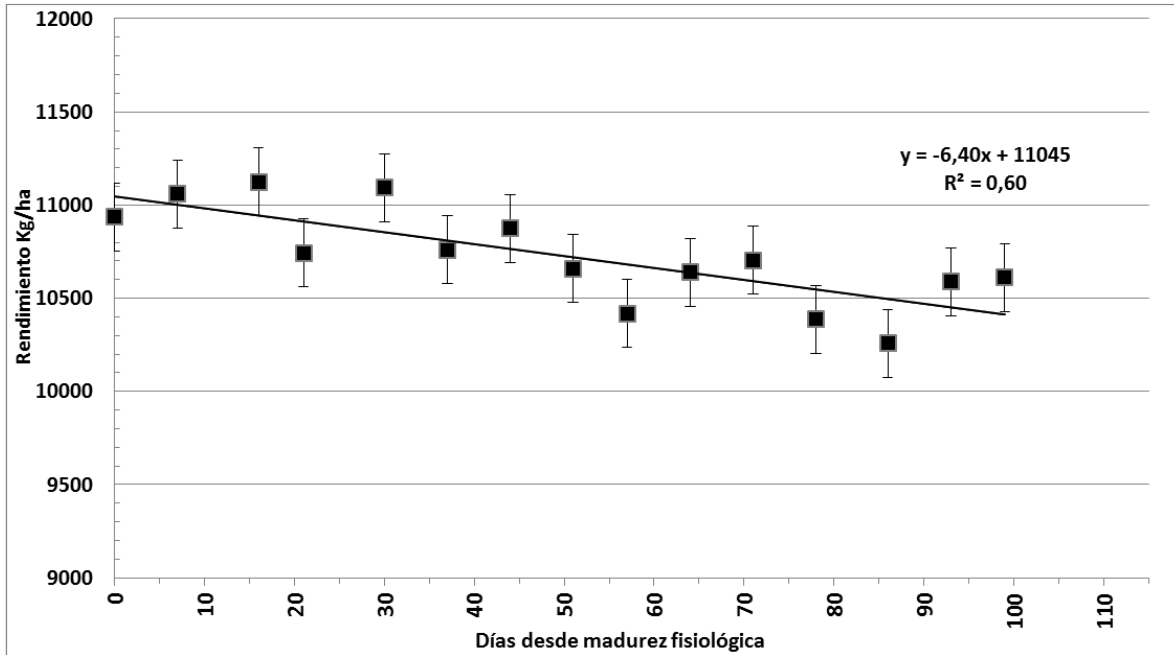


Figura 3. Evolución del rendimiento en grano desde MF para el híbrido Avalon PW durante la campaña 2014-15

El total de plantas quebradas y volcadas aumentó progresivamente durante el secado hasta alcanzar 26,3% cuando culminaron las evaluaciones. A su vez, se observaron pequeñas disminuciones en el número de espigas por planta que determinaron una tendencia negativa a medida que transcurrieron días desde MF (Fig. 4)

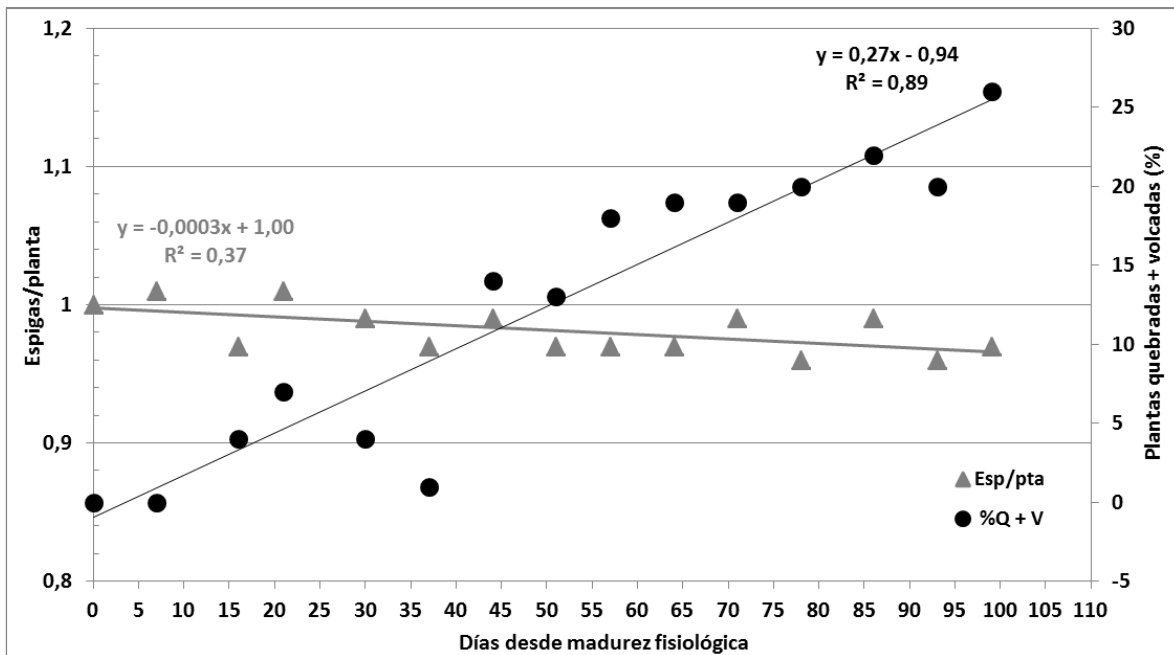


Figura 4. Evolución de espigas por planta y el total de plantas quebradas+volcadas para el híbrido Avalon PW durante la campaña 2014-15.

4. Daño y sanidad de espigas

A medida que transcurrió el período de secado se observó una tendencia a un progresivo aumento de la severidad promedio de hongos de espiga, principalmente de *Fusarium* spp., que alcanzó un valor máximo de 6,3% al finalizar el ensayo. El daño en espigas por isoca y el porcentaje de espigas con granos brotados permaneció sin cambios importantes a través de experimento (Fig. 5).

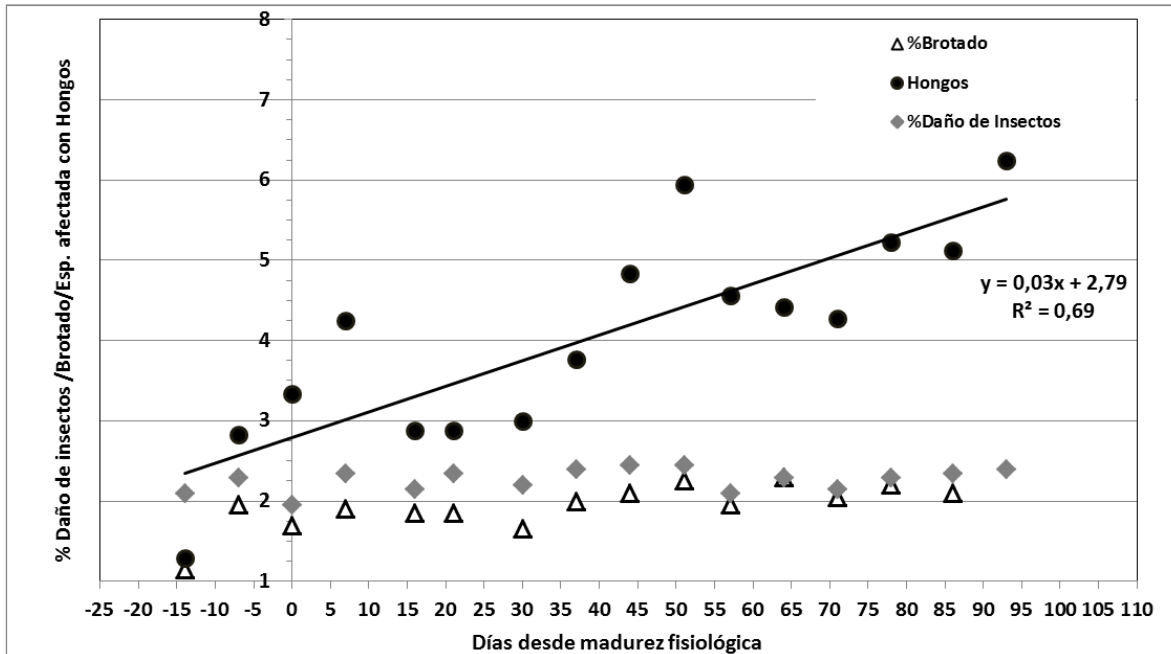


Figura 5. Daños en espiga para el híbrido evaluado (Avalon PW) durante la campaña 2014-15

5. Evolución de la población de malezas

Se identificaron 14 especies con diferente grado de relevancia agronómica y se determinó su abundancia. La distribución no fue equitativa ya que *Stellaria media* (Capiquí) fue la especie dominante y junto con otras 4 especies acompañantes (*Digitaria sanguinalis*, *Conyza bonariensis*, *Parietaria debilis* y *Gamochaeta spicata*) representaron el 98% de la biomasa acumulada en el período evaluado.

En las primeras evaluaciones la especie más abundante fue *Digitaria sanguinalis* con individuos adultos cercanos al fin de ciclo anual. En las semanas siguientes se observaron nacimientos de malezas de ciclo otoño-invernal entre las que se destacó *Stellaria media* que alcanzó un primer pico poblacional a principios de junio. Desde mediados de junio a mediados de julio aumentó lentamente la abundancia de *Conyza bonariensis*, *Parietaria debilis* y *Gamochaeta spicata* mientras que nuevamente la abundancia de *Stellaria media* aumentó a mayor tasa que las especies acompañantes. Hacia comienzo de agosto, al concluir las evaluaciones, se determinó un pico de máxima abundancia para todas las malezas otoño-invernales alcanzando una biomasa de ~1500 kgMS/ha.

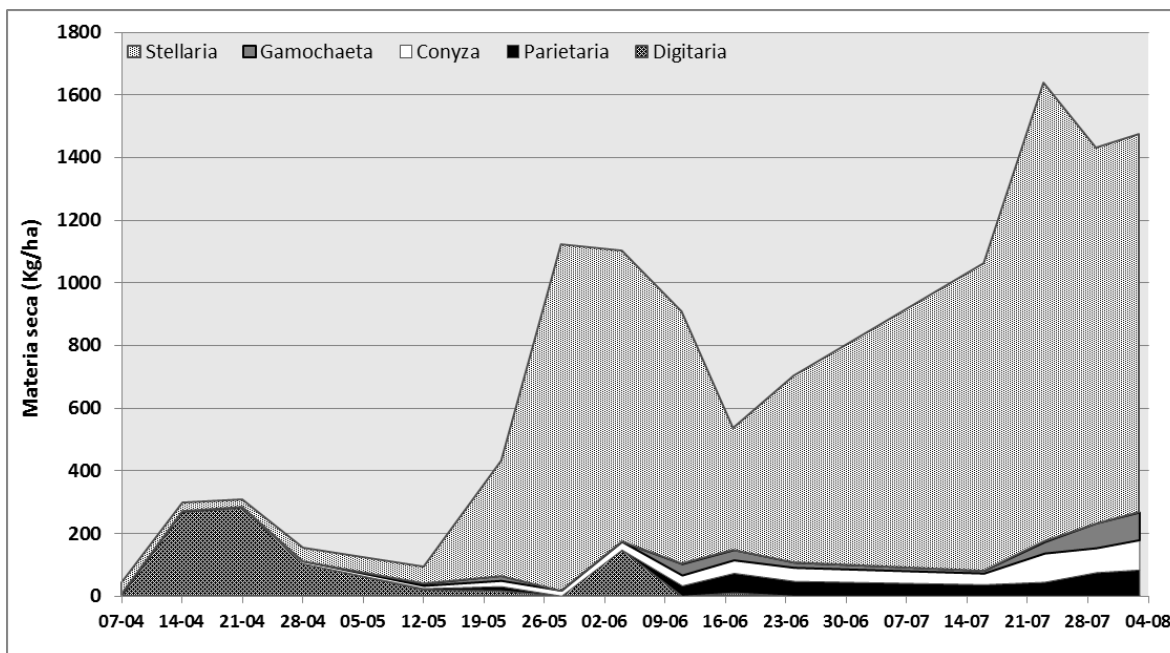


Figura 6. Evolución de la abundancia poblacional de las 5 especies más relevantes durante el ciclo otoño-invernal 2015

El control tardío de malezas de ciclo otoño invernal trae aparejado una disminución de la efectividad del control químico y la necesidad de recurrir a principios activos que, en general, tienen un costo superior a los que es posible utilizar a comienzos del otoño. Para cada momento de cosecha se eligió entre 4 recomendaciones de aplicación, con diferentes dosis y principios activos basadas en un manejo progresivamente tardío de las especies más relevantes desde el punto de vista del control: Conyza sp., Parietaria y Gamochaeta. Las recomendaciones finales incluyeron la técnica conocida como de “doble golpe” (Papa et al., 2010b).

6. Calidad comercial, acondicionamiento, margen bruto y gastos adicionales

Se observó una tendencia al deterioro de la mercadería: menor PH y mayor % granos dañados (principalmente por granos brotados y por podridos). Sin embargo los rubros determinantes de grado se mantuvieron dentro de la tolerancia de Grado 2, independientemente del momento de cosecha. Los únicos descuentos aplicados al precio de la mercadería se observaron en los últimos 6 muestreos por presencia de moho (0,5%).

Para cada momento de cosecha se calculó el margen bruto teniendo en cuenta las mermas físicas por humedad y volátil, los descuentos por paritarias y gastos de secado, un flete corto a 15 km, los gastos de comercialización y los costos directos. Posteriormente se descontaron al margen bruto los gastos adicionales atribuibles al momento de control de malezas según fecha de cosecha, a saber: costo de principios activos, dosis y número de aplicaciones (Fig. 7).

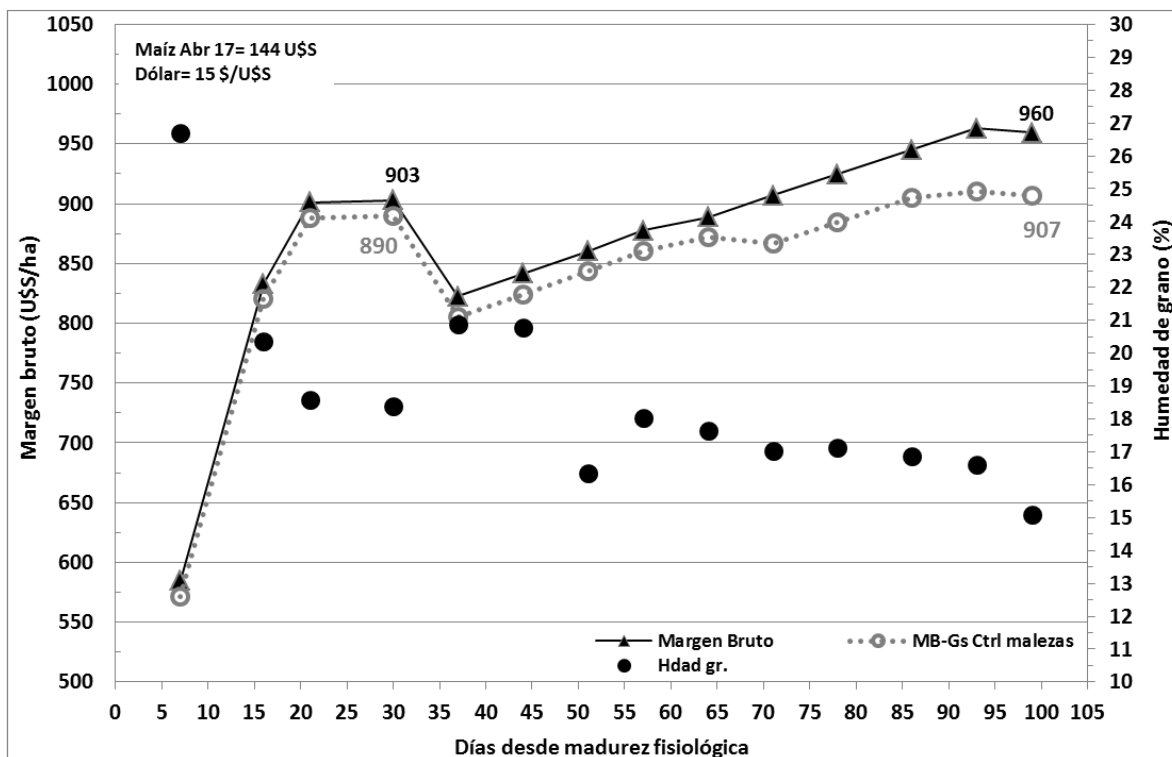


Figura 7. Evolución del margen bruto y el margen bruto contemplando el gasto adicional por control de malezas basado en los datos de calidad comercial y abundancia de malezas obtenidos en la campaña 2014/15.

Al comparar el margen bruto calculado con la metodología tradicional se observa que el mayor valor corresponde a las cosechas tardías, donde los gastos de secado y acondicionamiento son menores y el costo de flete tiene menor impacto. Para el híbrido en estudio, durante la campaña 2014/15, la brecha de margen bruto entre cosechar tempranamente con 18,5% de humedad de grano y esperar con el cultivo en pie a que descienda a 15% fue un 6,3% a favor de esperar. Cuando se contempla el costo del control de malezas la brecha de margen bruto cae a un 1,9% a favor de esperar la humedad de entrega.

7. Contaminación del grano con deoxinivalenol (DON)

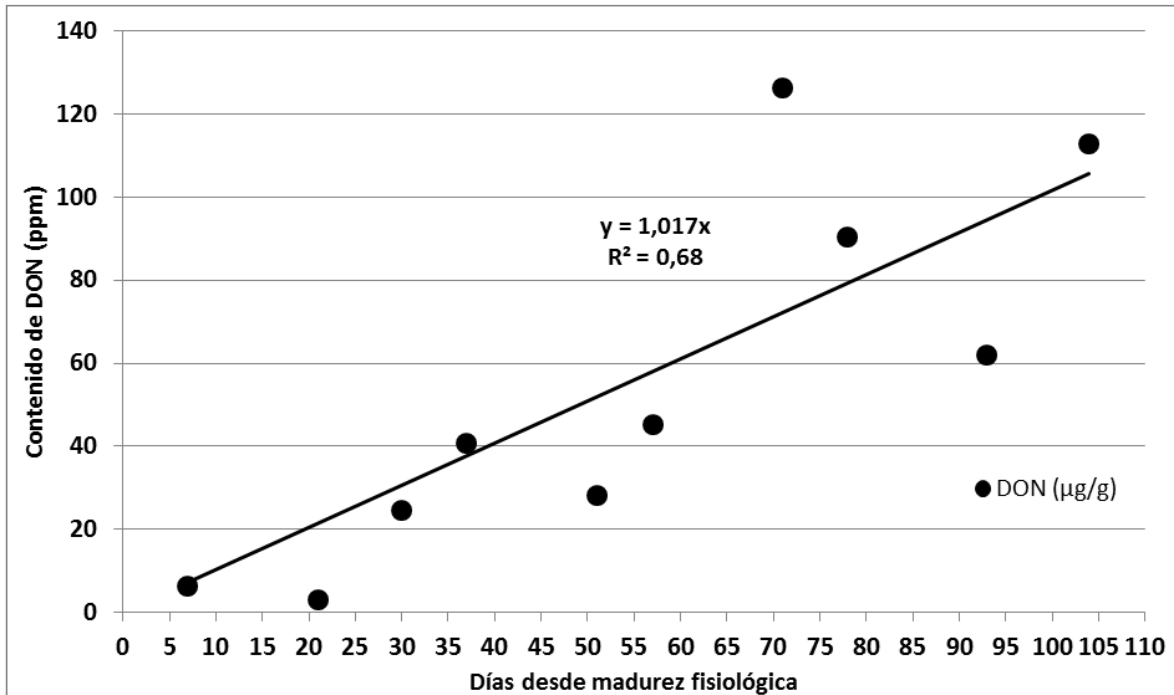


Figura 8. Evolución del contenido de deoxinivalenol para el híbrido Avalon PW durante el período de secado en la campaña 2014/15.

Según las recomendaciones de la FDA los granos que tienen como destino la alimentación de cerdos no deberían exceder las 5 ppm de la toxina DON, si el contenido es superior la participación de éstos granos en la dieta no debería representar más que el 20% del total. Para rumiantes de carne y aves el límite es 10 ppm DON y en caso de superarlo, la participación en la dieta no debería superar el 50% del total. La Comunidad Europea tiene regulaciones para niveles de DON que tienen un rango de menos de 0,2 ppm en alimentos para infantes y niños pequeños basados en cereal y menos de 1,75 ppm para cereal no procesado.

Se observó una relación lineal entre el contenido de DON y los días que el cultivo permaneció en campo desde MF. El contenido de DON se mantuvo cercano a las 5 ppm hasta 20 días posteriores a MF y desde los 30 días en adelante superó el límite de recomendación alcanzando niveles superiores a las 110 ppm en las muestras obtenidas a principios de agosto, a los 105 desde la MF.

Discusión

El presente trabajo brinda una descripción de la merma de rendimiento, disminución de la calidad comercial y contaminación con DON ocurrida durante el secado del híbrido Avalon PW en la campaña 2014-15 para una fecha de siembra habitual para maíz tardío. Durante el secado se identificaron dos períodos con tasas de secado muy diferentes. Desde MF a mediados de mayo la pérdida de humedad fue rápida y al instalarse las condiciones de baja temperatura y alta humedad ambiental se produjo un quiebre y la tasa disminuyó a una décima parte de la tasa inicial.

Se registró una tendencia negativa en los rendimientos obtenidos, acompañada por caída en el peso de granos, un perceptible aumento de plantas sin espigas y un aumento en el porcentaje de plantas quebradas y volcadas.

La severidad de hongos de espiga fue creciendo mientras el cultivo estaba en el campo y se vio reflejado en los descuentos comerciales (más granos dañados) y en el contenido de DON.

A pesar de las pérdidas de rendimiento y calidad comercial, al calcular el margen bruto la opción de dejar el cultivo en pie hasta alcanzar la humedad de cosecha fue la alternativa más rentable, sin embargo, cuando se contempla el costo extra por cambio de principios activos y una aplicación extra para controlar malezas, la brecha de margen bruto se reduce a un punto en el cual no se justifica el riesgo que el cultivo permanezca expuesto a posibles tormentas o vientos fuertes.

La contaminación con DON u otras micotoxinas no es actualmente objeto de descuentos por lo menos en el circuito comercial de commodities, por lo cual no influyó en el margen bruto. Si se considerara el uso del grano para alimentación animal el margen bruto cambiaría sensiblemente y la cosecha anticipada cuando cambia la tasa de secado, en este caso a mediados de mayo, sería la opción más conveniente desde todos los puntos de vista abordados en este trabajo.

Agradecimientos

A Federico Barberis de COTECNA San Lorenzo, por su colaboración en los análisis de calidad comercial.

Los autores desean agradecer a los Ing. Agrs. Estefanía Algido Coletti y Mauro Tamagnone y las estudiantes avanzadas de Ciencias Agrarias de la UNR Antonela Betinsolli y Eliana Perez por su esmerada colaboración en los muestreos y determinaciones realizadas para este trabajo.

Bibliografía

Ferraguti F., Malmantile A., Andriani J., Sanmarti N., Castellarín J., Almada G., Calcha J., Capurro J., Gencig G., Condorí A., De Emilio M., Dickie M. J., Gentili O., Gerster, G., Guerra S., Kern E., Martins L., Mendez J.M., Pagani R., Prieto G., Varisco I. & Vita E. 2016. Resultados obtenidos por la red de maíz de segunda centro-sur de Santa Fe. Campaña 2014/15. Para mejorar la producción Cultivos estivales 54:17-26. <http://inta.gob.ar/documentos/rendimiento-y-estabilidad-de-hibridos-de-maiz-analisis-de-los-resultados-de-la-red-de-maiz-de-primera-y-de-segunda-centro-sur-de-santa-fe-campana-2014-15>

Ferraguti F. 2014. Maíz en fechas tardías: una alternativa que llegó para quedarse. Jornada de Maíz tardío. 20 de mayo de 2014. INTA-EEA Oliveros. 2p. <http://inta.gob.ar/documentos/maiz-en-fechas-tardias-una-alternativa-quellego-para-quedarse-1/>

Gamundi JC y Perotti E. 2014. El Manejo Integrado de Plagas en siembras tardías de maíz. Jornada de actualización sobre Maíz Tardío. INTA Oliveros. <http://inta.gob.ar/documentos/el-manejo-integrado-de-plagas-en-siembras-tardias-de-maiz>

Maddonni, G. A. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina—a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology*, 107 3-4, 325-345.

Martinez M. y Moschini R. 2014. Riesgo climático de la región pampeana argentina con respecto a la contaminación con fumonisina en grano de maíz <http://inta.gob.ar/documentos/riesgo-climatico-de-la-region-pampeana-argentina-con-respecto-a-la-contaminacion-con-fumonisina-en-grano-de-maiz>

Mihm, J. A. (1982). Techniques for efficient mass rearing and infestation in screening for host plant resistance to corn earworm, *Heliothis zea*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El Batán, Mexico <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1834682>.

Munkvold GP, Hellmich RL, Showers WB. 1997. Reduced Fusarium ear rot and symptomless infection in kernels of maize genetically engineered for European corn borer resistance. *Phytopathology* 87:1071-1077.

Papa, J.C. 2009. Problemas de malezas en Argentina asociados al modelo productivo actual. Actas XVII Congreso de AAPRESID.

Papa J.C., Tuesca D. y L. Nisensohn. 2010. Control tardío de rama negra (*Conyza bonariensis*) sobre individuos sobrevivientes a un tratamiento previo con glifosato. Oliveros, Santa Fe (AR): INTA Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. Para mejorar la producción Soja 45:81-84.

Presello, D. A., Iglesias, J., Botta, G., & Eyhérbide, G. H. 2007. Severity of Fusarium ear rot and concentration of fumonisin in grain of Argentinian maize hybrids. *Crop protection*, 26(6), 852-855.

SAGyP .1994. Resolución N° 1075/94. Anexo XXII. <http://www.senasa.gov.ar/Archivos/File/File4230-ry-1075-94.pdf>