

Artículo científico

Relación entre incidencia de *Fusarium verticillioides* y variables de calidad de grano bajo condiciones de almacenamiento de maíz en Tucumán, Argentina

C.G. Díaz^{1*}; R. Rodríguez²; C. Aguaysol¹; J. Juárez¹, P. Saleme² y L.D. Ploper¹

¹ Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Florentino Ameghino S/N. El Manantial, (4105) Tucumán, Argentina.

² EEA INTA Famaillá, Tucumán, Argentina.

* Autor de correspondencia: cegdiaz@gmail.com

Resumen

Las oportunidades de comercializar con éxito los granos de maíz dependen de factores que interfieren durante el manejo de pre y poscosecha. Es importante conocer la incidencia de patógenos con potencial toxigeno y los niveles de concentración de micotoxinas que tienen las partidas comerciales almacenadas en silo-bolsas. Por ende, se propusieron los siguientes objetivos: evaluar la incidencia de *Fusarium* spp. sección *Liseola* con potencial toxigénico en granos almacenados; establecer la relación entre niveles de incidencia y variables de calidad comercial; y cuantificar los niveles de contaminación de fumonisinas de los diferentes silos. Los resultados mostraron que la especie *Fusarium verticillioides* predominó en condiciones de almacenamiento. Su incidencia promedio, entre 15 y 17 %, varió según el silo. Dos de las seis variables regresoras: grano quebrado y humedad, fueron importantes para explicar la variabilidad de la incidencia de *Fusarium verticillioides* en los granos almacenados. Los valores promedio de fumonisinas en los silo-bolsas variaron entre 0,01 y 7,37 ppm. Se rescató, además, que existe una relación lineal entre incidencia de *F. verticillioides* y los valores de fumonisinas, a pesar de un ajuste no tan alto ($R^2=0,57$). Este trabajo aportó información para nuestra región sobre la predominancia de una especie de *Fusarium* de la sección *Liseola*, con alto potencial en producir fumonisinas, como es *Fusarium verticillioides* en los granos almacenados. También se informa sobre el nivel de contaminación de los granos almacenados y sobre la importancia de la ruptura de la integridad del grano en la colonización de dicho patógeno.

Palabras clave: fumonisinas, *Fusarium verticillioides*, granos de maíz almacenado, regresión múltiple stepwise, *Zea mays*.

Abstract

Successful marketing chances of corn kernels depend on interfering factors during the handle of pre and post harvesting. The knowledge of the incidence of pathogens with toxigenic potential, as well as mycotoxin levels, in the commercial consignments stored in plastic bags is important. The objectives of this research were: to evaluate the incidence of *Fusarium* spp. section *Liseola* with toxigenic potential in stored grains; to establish the relation between levels of incidence and commercial quality variables; and quantify levels of pollution of fumonisin in different silos. Results showed that *Fusarium verticillioides* prevailed in storage conditions. Its average incidence was between 15 and 17 %, varying between silos. Two out of six regression variables: broken grain and humidity, were important in explaining the variability of *Fusarium verticillioides* incidence on the stored grains. The average values of fumonisins in plastic bags varied between 0,01 and 7,37 ppm. Also, there was a linear relation between incidence of *F. verticillioides* and levels of fumonisins, in spite of an adjustment not so high ($R^2=0,57$). This work provides information for our region on the prevailing of *Fusarium* spp. section *Liseola* in stored grains with high potential to produce fumonisins, as in the case of *Fusarium verticillioides*. It is also reported the level of pollution of stored grains and the importance of the breaking of grains to be colonized by this pathogen.

Keywords: *Zea mays*, *Fusarium verticillioides*, Fumonisin, Stored corn kernel, stepwise multiple regression.

Introducción

Las enfermedades de postcosecha son aquellas que se desarrollan durante la cosecha y durante la selección, almacenamiento, empaque y transporte; es decir, durante las distintas operaciones que se requieren para llevar la cosecha del productor al consumidor (Agrios, 1991). La colonización por parte de patógenos causantes de estas

enfermedades dependerá del manejo cultural, de la pérdida de integridad del producto cosechado, y de factores como la temperatura y humedad en las condiciones de almacenamiento. En el caso de los cultivos de granos, la mayor importancia de estos patógenos radica en la producción de micotoxinas y consecuente contaminación de los granos cosechados.

Muchas de las enfermedades de postcosecha de

granos de maíz (*Zea mays* L.) son el resultado de infecciones incipientes de las plantas por patógenos que se encuentran ya en el campo. Los síntomas de dichas infecciones de campo pueden ser tan inconspicuos que pasan inadvertidos durante la cosecha. Entre las especies de hongos productores de podredumbre de la mazorca en campo se encuentran: *Stenocarpella maydis* (*Diplodia maydis*), *Stenocarpella macrospora* (*Diplodia macrospora*), *Fusarium verticillioides* (*F. moniliforme*), *F. subglutinans*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* y *Gibberella zeae*. Ocasionalmente, en condiciones de campo se presentan *Penicillium oxalicum*, *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*. Los síntomas y signos más comunes en granos infectados en almacenaje incluyen la decoloración del embrión, el oscurecimiento de los granos y el olor a enmohecido.

Existen factores bióticos y abióticos que contribuyen a aumentar la incidencia y severidad de las infecciones por hongos en el campo y en condiciones de almacenamiento, que alteran la integridad física del grano. Entre los factores bióticos se puede mencionar las plagas insectiles y las aves. La presencia de plagas expone al grano a la colonización fúngica de *Aspergillus* y *Penicillium*. Por su parte, los factores abióticos que más contribuyen al aumento en la incidencia de la flora fúngica y su composición son la temperatura y la humedad. La ocurrencia de estrés térmico, posterior a la polinización, induce la aparición de fenómenos como “silk-cut” y “popped kernel”, que exponen el embrión y/o endosperma a la colonización de especies de los géneros *Fusarium*, *Aspergillus*, y *Penicillium*. Asimismo, durante el proceso de cosecha los daños mecánicos producidos por las máquinas favorecen la colonización de hongos tanto en el campo como en el almacenamiento.

Los hongos toxigénicos son muy adaptables y se desarrollan en cualquier planta en crecimiento o en alimentos almacenados. Crecen sobre maíz, trigo, soja, sorgo, maní, ensilados, heno y otros alimentos en diversas condiciones. Por lo tanto, la contaminación de alimentos con micotoxinas está considerada un proceso aditivo, que comienza en el campo y que continúa durante la cosecha, el secado de granos y el almacenamiento de los productos del agro (Council for Agricultural Science and Technology, 2003).

Los daños ocasionados por las enfermedades de postcosecha en granos producen pérdidas directas en calidad y cantidad, además de la contaminación de los granos por sustancias tóxicas. Dichas pérdidas ocurren principalmente en los grandes depósitos, lo cual se refleja en los precios y en los descuentos sobre el valor de la mercade-

ría recibida por los acopiadores. La disminución de su cantidad y calidad afecta directamente la disponibilidad de alimentos, así como la posibilidad de contar con excedentes comercializables que permitan el ingreso de recursos económicos al productor y al país. Es así como los productores de nuestra región destinan enormes esfuerzos y aplican tecnologías de punta para lograr altos niveles de rendimiento; sin embargo, a la hora de comercializar los granos, la presencia de enfermedades de postcosecha se presenta como uno de los principales riesgos que enfrentan y que puede comprometer la rentabilidad de sus emprendimientos. En este sentido, evaluar la presencia de especies de *Fusarium* sección Liseola sobre un producto comercial con alto valor agregado, representa un aspecto sumamente relevante. Asimismo, conocer los niveles de contaminación de los silos e identificar la relación que existe entre variables de calidad de grano e incidencia de patógenos toxigénicos, representa un aspecto necesario a evaluar para minimizar las pérdidas ocasionadas por estos patógenos.

Por ende, los objetivos del presente trabajo fueron determinar la incidencia de *Fusarium* spp. sección Liseola con potencial toxigénico en granos de maíz provenientes de silo-bolsas; establecer la relación entre niveles de incidencia y variables de calidad comercial que contribuyan a la infección de los granos; y cuantificar los niveles de contaminación de fumonisinas a partir de las muestras mencionadas.

Materiales y métodos

Muestreo de las silo-bolsas: las muestras de granos de maíz se recolectaron durante la cosecha 2009-2010 (Tucumán, Argentina), a partir de seis bolsas de polietileno (silo-bolsas), de las cuáles se extrajeron seis muestras por bolsa. Para la extracción de las mismas se utilizó un calador de 1,70 m de longitud introducido de manera diagonal de arriba hacia abajo, desinfectando el interior del mismo con alcohol 60° entre cada recolección. El peso de cada muestra fue de aproximadamente 800 a 1000 g. Las muestras tuvieron como destino el análisis comercial, por parte de la empresa acopiadora y receptora de los maíces de la región NOA en la provincia de Tucumán, donde se evaluaron variables de calidad del grano al inicio (17-09-2010) y al final del ensayo (19-01-2011).

Evaluación de variables de calidad de grano: dentro de las normas de calidad para la comercialización del maíz (Norma XII), se estipulan las variables a analizar para determinar la calidad del grano. Este proceso se realiza generalmente en el

laboratorio de calidad de granos de la empresa acopiadora, y en este caso, se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de grano dañado, porcentaje de grano quebrado, materia extraña y humedad de almacenaje.

Los datos de las variables de calidad de granos: grano dañado (%); grano quebrado (%); materia extraña y humedad de almacenaje que extienden los laboratorios se usaron para explicar la variabilidad de la incidencia de *F. verticillioides*. Para ello se realizó una matriz de gráficos de dispersión bivariado entre la variable respuesta (incidencia de *F. verticillioides*) y las relacionadas a calidad de granos (variables regresoras).

Identificación y cuantificación de granos colonizados por *Fusarium verticilloides* y otras especies de la sección Liseola: esta etapa se desarrolló en el Laboratorio de Fitopatología de la Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía y Zootecnia, UNT, situado en Finca El Manantial, Tucumán. A partir de las muestras de maíz colectadas en los silos (800-1000 g), se determinó el porcentaje de semillas colonizadas con *Fusarium* spp. (sección Liseola) mediante la prueba de patología de semillas. Para esto se desinfectaron los granos mediante inmersión en hipoclorito de sodio (2%) por cinco minutos. Los granos fueron luego lavados dos veces en agua destilada estéril y posteriormente colocados en cajas tipo *gerbox* conteniendo papel de filtro humedecido con agar-agar (5%) (300 semillas por repetición y por muestra, a razón de 25 por caja). El diseño experimental fue completamente al azar con 3 repeticiones. Las cajas *gerbox* fueron mantenidas por 24 horas en *freezer* a una temperatura de -5°C para evitar la germinación de las semillas. Posteriormente, las mismas fueron llevadas a cámara de incubación ajustada a temperatura de 24°C y fotoperíodo de 12 horas. Luego de 12 días se procedió a la identificación de los patógenos. La determinación de las especies de *Fusarium* sección Liseola, fue realizada mediante claves de identificación de Leslie (2006).

Niveles de contaminación de granos por Fumonisin: a partir de cada punto de muestreo se obtuvo una fracción de granos de maíz molido y se determinó la concentración de fumonisin mediante el método de ELISA (Ridascreen® FastFumonisin, R-Biopharm AG, Darmstadt, Germany).

Análisis de los datos

Los valores de incidencia de especies de *Fusarium* se correlacionaron con los de las variables de calidad del grano: grano dañado (%); grano quebrado (%); materia extraña y humedad de almacenaje, a través de una regresión lineal múltiple de tipo *Stepwise forward*, con la incidencia como variable dependiente y las otras como variables predictoras o independientes. Con este método, las variables independientes son retenidas en el modelo de acuerdo a su contribución estadística en explicar la varianza en la variable dependiente.

Resultados y discusión

Especies de Fusarium en granos de maíz almacenados

Entre las especies de *Fusarium* sección Liseola presentes en los silo-bolsas analizados, predominó *F. verticillioides* (90%). Esto concuerda con los resultados de Díaz *et al.* (2012) sobre la composición de la población de *Fusarium* sección Liseola en las zonas productoras de maíz de la región Noroeste de Argentina. Como lo reportaron Marin *et al.* (1998), en el cinturón maicero de Estados Unidos, *F. verticillioides* y *F. proliferatum* son dominantes sobre otras especies, como *F. subglutinans* y *F. graminearum* que comúnmente contaminan al maíz en el campo, sobre un amplio rango de temperatura y agua disponible. Estos patógenos ingresan y colonizan el grano de maíz durante la fase de polinización y períodos posteriores. En el Norte Argentino, Torres *et al.*, realizaron en 2001 una caracterización de las especies de *Fusarium* (sección Liseola) asociadas a granos de maíz almacenado, encontrando que la especie más prevalente correspondía a *F. subglutinans*, seguida por *F. verticillioides*. También Aguaysol *et al.* (2012) encontraron que *Fusarium verticillioides* fue el patógeno prevalente en 5 de las 6 localidades para diferentes híbridos en la campaña 2011-2012.

Incidencia de F. verticillioides en silo-bolsas

Los valores promedio de incidencia de *F. verticillioides*, variaron entre 9,7% y 16,7 %. Los bolsos n° 21 y 42 presentaron los mayores porcentajes de incidencia con 17 y 15%, respectivamente; hecho que se observa en la Figura 1. Considerando que los niveles de incidencia dependen de la procedencia del lote, de la característica del híbrido, del genotipo, de la presión de plagas y aves, de la temperatura y humedad, y que no existía trazabilidad de estos silos analizados, no es posible sacar mayores conclusiones sobre las diferencias en los niveles de infección encontrados.

Relación entre la incidencia de Fusarium y variables de calidad de grano

En la Figura 2 se muestran las relaciones entre las variables de calidad del grano y la incidencia del patógeno. Las variables grano quebrado y hu-

medad resultaron ser las que registraron una mayor correlación con la incidencia. Los resultados de la regresión lineal múltiple de tipo *Stepwise* se muestran en la Tabla 1. De las 5 variables incluidas originalmente, solo 2 resultaron significativas como variables predictoras de la incidencia de *F. verticillioides* dentro del modelo, y por lo tanto, quedaron retenidas; estas fueron: grano quebrado y humedad. Esto queda demostrado por los altos valores de CpMallows que indican la importancia de estas regresoras en explicar la variabilidad de la incidencia de *Fusarium*.

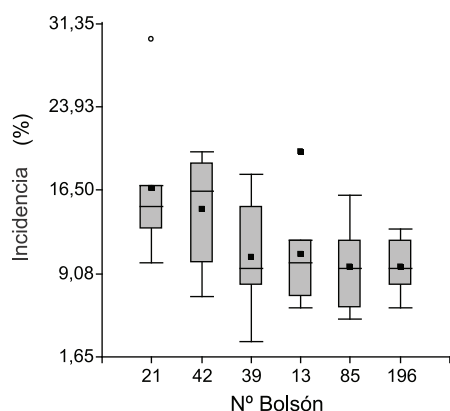


Fig. 1. Diagrama de cajas de Incidencia (%) de *Fusarium verticillioides* en los seis silo-bolsas (o bolsón).

Como lo indican los resultados de varias investigaciones (Díaz, 2012; Juárez y Díaz, 2011), cualquier daño físico que altere la integridad del grano, bajo condiciones de campo, tiene una marcada influencia sobre el establecimiento del patógeno en estudio. Por ejemplo, Juárez y Díaz (2011) establecieron una relación positiva significativa entre daño por insectos lepidópteros y/o aves y la severidad de *F. verticillioides* ($R^2 = 0,59$) en el NOA. Generalmente, estos hongos no invaden los granos a través del pericarpio no dañado, pero sí cuando ocurren daños físicos o heridas a través de las chalas (Reis *et al.* 2004). Asimismo, Sampietro *et al.* (2009 y 2012), estudiando los mecanismos de defensa del grano de maíz, observaron que las ceras epicuticulares y fenilpropanoides pericarpelares juegan un rol importante en los mecanismos de defensa, y que aquellos granos que presentan algún daño mecánico en el pericarpio de la semilla ven disminuidos los mecanismos de defensa, lo cual se evidencia en un aumento considerable de los niveles de fumonisinas.

La humedad fue la otra variable retenida dentro del modelo y formó parte del conjunto de factores que favoreció el establecimiento de patógenos de almacenamiento. La humedad de grano y la humedad relativa del aire en la masa de granos afectan la estructura de la comunidad de patóge-

nos en postcosecha, como ocurre con los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Reis *et al.*, 2004). Esto indica que el tenor de humedad de los granos determinará el grupo de hongos a desarrollarse; por ejemplo, los hongos de almacenamiento crecen mejor con humedad de grano por debajo del 18% (Reis *et al.*, 2004).

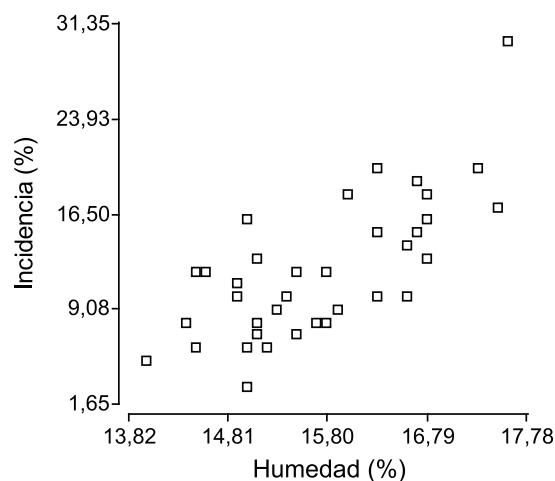
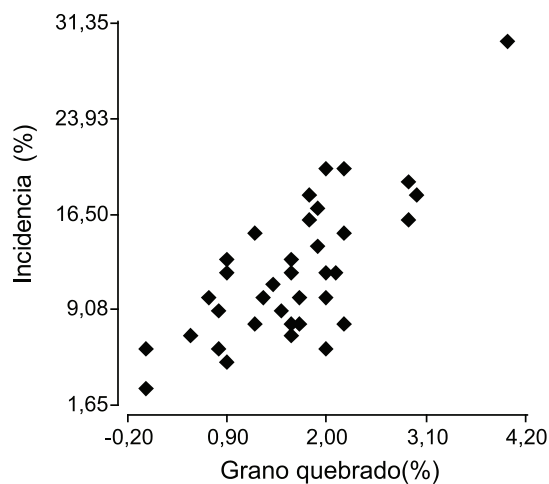


Fig. 2. Diagrama de dispersión de Incidencia de *Fusarium verticillioides* y variables de calidad de grano. Relación entre incidencia y grano quebrado (puntos llenos). Relación entre incidencia y humedad (puntos vacíos).

Tabla 1. Coeficientes de regresión lineal múltiple, Selección *Stepwise* para la variable incidencia de *Fusarium*.

Coficientes	Estimación	E.E	T	p-valor	CpMallows
constante	-38,32	8,32	-4,61	<0,0001	
Grano quebrado	3,58	0,63	4,87	<0,0001	33,22
Humedad	2,83	0,55	3,95	<0,0001	27,43

Error cuadrático medio: 7,6856.

Contaminación con micotoxinas: Fumonisinias

Los valores promedio de fumonisinas en los silo-bolsas variaron entre 1,39 y 3,63 ppm (Tabla 2). La contaminación con micotoxinas puede ocurrir en el campo, donde hay niveles favorables de humedad ambiental y de la espiga y/o el grano, los cuales favorecen el desarrollo de *Fusarium* spp. o durante el almacenamiento o procesamiento de los granos, donde se favorece mayormente el desarrollo de *Aspergillus* y/o *Penicillium* spp. Asimismo, los niveles de contaminación con micotoxinas dependen de la localidad de siembra, del genotipo sembrado, de las condiciones de manejo en pre y poscosecha, de las condiciones ambientales de la campaña y de la población del patógeno (Iglesias 2009). El rol ecológico de las micotoxinas ha sido objeto de mucha especulación, en particular su posible rol en la patogénesis del hospedante (Desjardins y Hohn 1997). Algunas evidencias apuntan hacia el rol de las fumonisinas en los procesos de infección de *F. verticilloides* y *F. proliferatum*. Algunos autores establecieron una relación entre diferentes niveles de severidad y la capacidad de producir fumonisinas (Presello 2007). De acuerdo a Desjardins *et al.* (1995), la virulencia de aislamientos de *F. verticilloides* se co-segregaron con la producción de fumonisinas.

Tabla 2. Intervalo de confianza, con nivel de significación de 0,05, del promedio de ppm de fumonisinas según n° de bolsas.

N° Silo-Bolsa o bolsón	Promedio (ppm)	E.E	LI (95%)	LS (95%)
13	2,75	0,84	0,60	4,91
21	3,63	1,22	0,49	6,77
39	2,10	0,86	-0,11	4,30
42	2,38	0,55	0,96	3,79
85	2,75	0,71	0,94	4,57
196	1,39	0,37	0,45	2,33

EE: Error estándar. LI: Límite Inferior, LS: Límite superior. Nivel de confianza: 95%.

El maíz de Argentina puede estar contaminado con micotoxinas de *Fusarium* spp. (fumonisinas, DON y ZEA) y en menor proporción con aflatoxinas y ocratoxina A (OTA) de *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. Numerosos estudios encontraron (por métodos convencionales) niveles no detectables de DON, ZEA, aflatoxinas y OTA. Sin embargo, las fumonisinas fueron los principales contaminantes del maíz, con valores de concentración por encima de 1 ppm (Ramirez *et al.*, 1996; Sydenham *et al.*, 1993; Solovey *et al.*, 1999; Chulze *et al.*, 1996 y 1998; Visconti *et al.*, 1996). La primera cita sobre contaminación de granos de maíz almacenados en el Norte Argentino se hizo en 2001 (Torres *et al.* 2001), mencionándose un rango de fumonisinas entre

603 y 1888 ppb ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) (equivalentes a 0,6 y 1,9 ppm).

Los resultados obtenidos en este trabajo están por encima de los valores reportados por Torres *et al.* (2001), indicando que los niveles de contaminación son elevados. Si a esto se suma el hecho que las especies fúngicas están presentes, y que es posible que se presenten condiciones favorables por mal acondicionamiento de los silos para el desarrollo del patógeno, la comercialización o utilización directa de los granos puede verse aún más comprometida.

Si se considera que la *Food and Drug Administration* (FDA) de EE.UU. recomienda niveles de tolerancia en maíz para consumo humano entre 2 y 4 ppm para fumonisinas, es posible decir que estos niveles se encuentran todavía por debajo de los exigidos. Sin embargo, no debe menospreciarse que estos valores pueden verse incrementados, por lo que se recomienda un monitoreo permanente. En este sentido, Iglesias (2009) resalta que en la actualidad no se conocen con exactitud los niveles de concentración de micotoxinas que tienen nuestras partidas comerciales, debido a la falta de implementación de un monitoreo sistemático de las mismas. Tampoco existen manuales de buenas prácticas agrícolas y de manufactura que orienten la producción de maíz libre de toxinas. Es así como actualmente el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) se encuentra trabajando en un proyecto conjunto que agrupa a la actividad pública y privada con el fin de generar información sobre estos aspectos.

Por último, este estudio evidenció una relación lineal positiva y significativa entre la incidencia de *Fusarium* y los valores de fumonisinas (Figura 3 y Tabla 3), aun cuando el ajuste no fue alto ($R^2 = 0,57$).

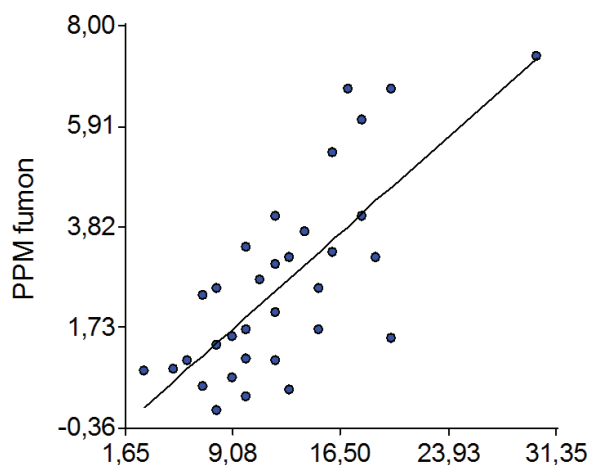


Fig. 3. Relación entre Incidencia (%) de *Fusarium verticillioides* y cantidad de Fumonisinias (PPM) en bolsas de polietileno (silo-bolsas), Tucumán, 2010.

Tabla 3. Análisis de la varianza de la regresión lineal entre la cantidad de fumonisinas (variable dependiente) e incidencia (variable regresora).

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	75,30	1	75,30	44,41	<0,0001
Incidencia	75,30	1	75,30	44,41	<0,0001
error	57,65	34	1,70		
total	132,95	35			

Conclusiones

Estudios como el presente, aportan valiosa información sobre:

- La predominancia de una especie de *Fusarium* de la sección Liseola con alto potencial en producir fumonisinas, como es el caso de *Fusarium verticillioides*.

- El alto nivel de contaminación de los granos almacenados nos pone en alerta, dado que pueden variar en función de los niveles de infección de *F. verticillioides* obtenidos en condiciones de campo, según el híbrido de maíz, año, variables climáticas y presencia de plagas.

- La importancia de la ruptura de la integridad del grano en favorecer la colonización de *F. verticillioides*, aumentando el riesgo de contaminación de los granos por fumonisinas.

- La importancia de conocer estos aspectos para el diseño de estrategias que minimicen el impacto de estos patógenos y su consecuente contaminación por micotoxinas.

- La importancia de recordar que el 85 % de las micotoxinas se originan en el campo, por lo que muchas de las soluciones se deben brindar allí.

Referencias bibliográficas

- Agrios G.N. (1991). Fitopatología. 2nd ed. Editorial Limusa, México, 838 pp.
- Aguaysol N.C., González V., De Lisi V., Reznikov S., Stegmayer C.A., Henríquez D., Ploper L.D. (2012). Incidencia de *Fusarium verticillioides* y *Fusarium graminearum* en granos de híbridos comerciales de maíz cosechados en la campaña 2011/2012 en seis localidades de las provincias de Tucumán y Salta. En: El Maíz en el NOA. Campaña 2011/2012. Publicación Especial de la Estación Experimental Agro-Industrial "O. Colombres". (ISSN: 0328-7300). (En prensa).
- Council for Agricultural Science and Technology (2003). The Science source of food, Agricultural and Environmental Issues. <http://www.cast-science.org>, consulta: octubre 2008.
- Chulze S., Ramirez M.L., Farnochi M., Pascale M., Visconti A., March G. (1996). *Fusarium* and fumonisins occurrence in Argentinean maize at different ear maturity stages. Journal of Agricultural Food Chemistry 44: 2797-2801.
- Chulze S.N., Ramirez M.L., Pascale M., Visconti A. (1998). Fumonisin production by and mating populations of *Fusarium* section Liseola isolates from maize in Argentina. Mycological Research 102: 141-144.
- Díaz C.G., Heredia A.M., Iglesias J., Presello D.A., Lori G. A. (2012). Caracterización patogénica de especies de *Gibberella fujikuroi*, habilidad en producir fumonisinas y su correlación con daño del grano de maíz en la región del Noroeste Argentino. Tropical Plant Pathology, Sociedade Brasileira de Fitopatología. (En prensa).
- Desjardins A.E., Plattner R.D., Nelsen T., Leslie J. (1995). Genetic analysis of fumonisin production and virulence of *Gibberella fujikuroi* mating population A (*Fusarium moniliforme*) on maize (*Zea mays*) seedlings. Applied and Environmental Microbiology 61: 79-86.
- Desjardins A.E., Hohn T.M. (1997). Mycotoxins in plant pathogenesis. MPMI. The American Phytopathological Society 10(2): 147-152.
- Food and Drug Administration (2001). Background paper in support of fumonisin levels in corn and corn products intended for human consumption. US Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition: Silver Spring, Maryland, USA. <http://vm.cfsan.fda.gov>. Consulta: octubre 2009.
- Iglesias J., Presello D.A., Fauguel C.M., Botta G.L. (2009). Micotoxinas: ¿debemos preocuparnos?. En <http://pergamino.inta.gov.ar>. Consulta: noviembre 2010.
- Juarez J.H., Díaz C.G. (2011). Contaminación de maíz por Fumonisinas producidas por *Fusarium verticillioides*. XXVIII Jornadas Científicas Tucumán. 26-28 de octubre. Tafi del Valle, Tucumán, Argentina. pp. 19.
- Leslie J.F., Summerell B.A. (2006). The *Fusarium* laboratory manual. Sydney Blackwell. 388 p.
- Marin S., Companys E., Sanchis V., Ramos A.J. (1998). Effect of water activity and temperature on competing abilities of common maize fungi. Mycological Research 120: 959-964.
- Presello D.A., Iglesias J., Botta G., Eyherabide G.H. (2007). Severity of *Fusarium* ear rot and concentration of fumonisin in grain of Argentinian maize hybrids. Crop Protection 26: 852-855.
- Ramírez M.L., Pascale M., Chulze S.N., Reynoso M.M., March G., Visconti A. (1996). Natural occurrence of fumonisins and their correlation to *Fusarium* contamination in commercial corn hybrids grown in Argentina. Mycopathologia 135: 29-34.
- Reis M.E., Casa Trezzi R., Reis Bresolin A.C. (2004). Manual de diagnose e controle de doenças do milho. 2nd ed. Editora lages Ltda., Brasil. 144 pp.
- Sampietro D.A., Vattuone M.A., Presello D.A., Fauguel C.M., Catalán C.A.N. (2012). Phenylpropanoids from maize pericarp: resistance factors to kernel infection and fumonisin accumulation by *Fusarium verticillioides*. European Journal of Plant Pathology. (En prensa).
- Sampietro D.A., Vattuone M.A., Presello D.A., Fauguel C.M., Catalán C.A.N. (2009). The pericarp and its surface wax layer in maize kernels as resistance factors to fumonisin accumulation by *Fusarium verticillioides*. Crop Protection 28: 196-200.

- Sydenham E.W., Shephard G.S., Thiel P.G., Marasas W.F.O., Rheeder J.P., Peralta Sanhueza C.E., González H.H.L., Resnik S.L. (1993). Fumonisin in Argentinian field-trial corn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41: 891-895.
- Solovey M. M, Somoza C., Cano G., Resnik S. (1999). A survey of fumonisins, deoxynivalenol, zearalenone and aflatoxins contamination in corn-based food products in Argentina. *Food Additives and Contaminants* 16(8): 325-329.
- Torres A.M., Reynoso M.M., Rojo F.G., Ramirez M.L., Chulze S.N. (2001). *Fusarium species* (section Liseola) and its mycotoxins in maize harvested in northern Argentina. *Food Additives and Contaminants* 18: 836-843.