

Artículo científico

Importancia, toxicogénesis y agresividad de especies pertenecientes a *Gibberella fujikuroi* en maíz en el Noroeste Argentino

Importance, Fumonisin production and aggressiveness of *Gibberella fujikuroi* complex recovered from maize in northwestern Argentina

C.G. Díaz^{1*}, A.M. Heredia¹, J. Iglesias², D.A. Presello², G.A. Lori³

¹ Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional Tucumán.

Florentino Ameghino s/n. Barrio Mercantil 4105. El Manantial, Tucumán, Argentina.

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), CC 31, B2700KXC Pergamino, Buenos Aires, Argentina.

³ Centro de Investigaciones de Fitopatología (CIDEFI-CIC), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Universidad Nacional de La Plata, CC31. Calles 60 y 119, (1900), La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

*Autor para correspondencia: cegdiaz@gmail.com

Resumen

Se estudió la composición, patogenicidad y toxicogénesis de aislamientos pertenecientes al complejo *Gibberella fujikuroi* en una de las regiones productoras de maíz de la región Noroeste de Argentina. Los resultados evidencian que el género *Fusarium* Sección *Liseola* está conformado por tres especies. La especie dominante fue la población tipo A (*F. verticillioides*), representada por un 53% seguida de la población tipo D (*F. proliferatum*) representando un 29%. Y por último la población E (*F. subglutinans*) en un 18%. Se detectó variabilidad entre aislamientos respecto a su agresividad hacia tres híbridos de maíz, con niveles de resistencia variable, sin que se haya observado un importante efecto de interacción híbrido × aislamiento. La producción de fumonisinas en los aislamientos de *F. verticillioides* varió de 4000 a 7457 ppb. Los correspondiente a la población de apareamiento tipo E (*F. subglutinans*) produjeron muy bajos niveles de fumonisinas variando de 0,1 a 0,54 a µg/kg (ppb). La información lograda en el presente trabajo representa un primer paso, para la región en estudio, hacia el conocimiento del patosistema *Fusarium*-maíz, a fin de determinar la importancia de esta enfermedad, y plantear las bases que conduzcan a delinear estrategias de manejo, dentro del marco de una agricultura sustentable.

Palabras clave: *Zea mays*, agresividad, complejo *Gibberella fujikuroi*, fumonisinas.

Abstract

Mating population, *in vitro* fumonisin production and aggressiveness of maize isolates belonging to the *Gibberella fujikuroi* complex were assessed in corn producing area of northwestern Argentina. Mating population A (*F. verticillioides*) was the most prevalent species (53%) coexisting with some isolates belonging to MAT-D (*F. proliferatum*) 29% and MAT-E (*F. subglutinans*) 18%. Fumonisin production varied from 4000 to 7457 µg/kg (ppb) for MAT-A and from 0,1 - 0,54 a µg/kg for MAT-E. The isolates belonging to MAT-D produced undetectable levels. All isolates caused more disease severity to the most susceptible hybrid in comparison to that of the two moderately resistant hybrids regardless of the fungal species, in most environments, but with no effect for the interaction hybrid x isolate. Results indicate that these three *Fusarium* spp. coexist in the region, with low environmental specialization to cause ear rots, with potential to contaminate the grain with fumonisins and that, broad resistance mechanisms effective across prevalent local fungal species might exist. The information obtained in the present work represents a first step for the region under study and it will help to determine the importance of this disease, and to delineate management strategies within the framework of sustainable agriculture.

Key words: *Zea mays*, *Fusarium*, aggressiveness, *Gibberella fujikuroi* complex, fumonisins.

Recibido: 02/11/2013. Aceptado: 13/12/2013. Publicado en línea: 20/12/2013.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales cultivos utilizadas en la alimentación humana y animal además contribuye a la sostenibilidad del sistema de producción de granos y al incremento de los rendimientos de los restantes cultivos, especialmente de la soja. Tiene una gran importancia para el área de producción de granos en Tucumán y otras provincias del NOA. La paulatina comprensión de los beneficios directos e indirectos que trae aparejada la siembra del maíz queda reflejada en el aumento de la superficie de aproximadamente 51% pasando de 39.000 hectáreas en la campaña 2008/2009 a 59.600 hectáreas en la campaña 2010/2011 (Gamboa, 2012). Esta dimensión torna al cereal objetivo de intensos estudios relacionados a factores de rendimiento y aquellos que puedan resultar limitantes como lo son las enfermedades.

Por las características ambientales de la región maicera argentina, la ocurrencia de podredumbres de espiga y la subsecuente contaminación con micotoxinas son de naturaleza endémica (Presello *et al.*, 2004). Entre las especies asociadas al grano de maíz se encuentran aquellas pertenecientes a la sección *Liseola*: *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *Fusarium proliferatum* (Matsushima) Nirenberg y *F. subglutinans* cuyo estado teleomórfico corresponde a la especie *Gibberella fujikuroi*.

Las micotoxinas poseen serio riesgo para la salud humana y animal razón por la cual se están realizando esfuerzos continuos a nivel mundial para prevenir o eliminar su presencia. Las principales toxinas producidas por especies de *Fusarium* de la sección *Liseola* en maíz son las fumonisinas.

La importancia de la podredumbre de mazorca por *Fusarium* ha sido reconocida por décadas, pero su epidemiología multifacética, requiere ser estudiada y analizada a fin de diseñar un sistema de manejo funcional que promueva un alto grado de control del patógeno, con menor impacto al medio ambiente (Munkvold, 2003).

Poco se conoce en la región NOA sobre la podredumbre de mazorca causada por el género *Fusarium*.

Generar información del patosistema: *Fusarium*-maíz es de gran importancia dado que la región del NOA considerada tradicionalmente una zona marginal para la producción del maíz, adquirió en las dos últimas décadas mayor importancia, por la aparición e introducción de variedades e híbridos de buena adaptación a condiciones tropicales. Siendo las enfermedades uno de los

criterios que más influyen en la toma de decisión del técnico o productor al momento de elegir aquel híbrido que más se adapte a su región.

Estudios que consideren los diferentes aspectos del patógeno como por ejemplo, conocer la variabilidad genética, expresada en variaciones en patogenicidad y producción de micotoxinas, de las poblaciones fúngica local de *Fusarium* es necesaria tanto en el desarrollo de estrategias de control de la enfermedad como la selección de híbridos resistentes contribuyendo a aumentar la competitividad de los productos argentinos, potenciando las posibilidades comerciales de exportación para los productos logrados en esta región donde año tras año amplía su frontera agrícola. Por consiguiente los objetivos del presente estudio fueron:

- Reconocer las especies que componen el complejo de *Gibberella fujikuroi*, afectando al cultivo de maíz en la región del Norte Argentino
- Caracterizar los aislamientos de *Fusarium* según agresividad y capacidad de producir fumonisinas.

Materiales y Métodos

Muestreo de mazorcas

Se muestrearon mazorcas ($n = 30$) de maíz presentando síntomas de podredumbre por infección natural en 40 lotes comerciales ubicados en la región maicera (al este) de la provincia de Tucumán, y zona de influencia. La zona de muestreo comprendió tres regiones agroecológicas; Llanura deprimida con un régimen anual de precipitaciones de 650-900 mm, la llanura Chaco- Pampeana: 750-1000 mm y el Pedemonte: 1000 mm (Tabla 1).

Aislamientos de *Fusarium*

Los aislamientos se obtuvieron a partir de mazorcas presentando estrías blanquecinas, en la región apical y / o basal de la espiga o en granos aislados.

Para lograr los aislamientos, previa desinfección, los granos de maíz fueron sembrados en APG (agar papa glucosado al 2 %) e incubados durante 7 días a 24 °C con fotoperíodo de 12 horas. A partir de cada colonia desarrollada desde los granos se obtuvieron aislamientos monospóricos pertenecientes a la Sección *Liseola*. El cepario, constituido por 40 aislamientos en total, fue mantenido usando CLA como medio de cultivo.

Tabla 1. Frecuencias absolutas de las diferentes poblaciones de *Giberella* según clasificación de regiones agroecológicas de Tucumán (Zucardi y Fadda 1985).

Región agroecológica	Departamentos	Características sobresalientes	Frecuencia absoluta de las poblaciones de apareamiento
Llanura depri- mida	Leales, Lules, Cruz Alta	650-900 mm de precipitación promedio anual	Población A: 11
		Altitud: 700	Población D: 11
		Temperatura promedio anual: 19°C	Población: E: 3
		Actividad: caña de azúcar, soja, maíz	
Llanura Chaco- pampeana	Burruyacu (Tucu- mán), Isca yacu y El Bobadal (San- tiago del Estero)	750-1000 mm precipitación promedio anual	Población A: 7
		Altitud: 846	Población D: 0
		Temperatura promedio anual: 20 °C	Población: E: 4
		Actividad: Soja-Maíz	
Pedemonte	La Cocha	1000 mm precipitación promedio anual	Población A: 2
		Altitud: 950	Población D: 0
		Temperatura promedio anual: 18 °C	Población: E: 0
		Actividades: tabaco, caña de azúcar, soja, maíz	

Determinación de los grupos de apareamiento (o especies biológicas)

Las poblaciones de apareamiento fueron determinadas siguiendo la técnica de Klittich and Leslie (1988). Los aislamientos monospóricos crecieron durante 7 días en APG, simultáneamente los testers estándar pertenecientes a las poblaciones A – F, crecieron en agar zanahoria. Al cabo de 7 días, se realizó la fertilización de los testers con la adición de 0.5 ml de una suspensión conidial de la cepa en estudio y fueron incubados durante 21 días aproximadamente a 24°C. Se realizaron observaciones cada siete días bajo lupa para constatar la presencia del peritecios correspondientes *Giberella fujikuroi* (resultado positivo).

Producción de fumonisinas in vitro

Para la cuantificación de fumonisinas in vitro, tres repeticiones de cada aislamiento fueron sembradas en medio (maíz-água) (75% Polenta+ 25 % de agua destilada) según Jardine y Leslie (1999). Incubados durante 25 días durante 25°C. La concentración de fumonisinas fue obtenida por ELISA (Ridascreen® Fast Fumonisin, R-Biopharm AG, Darmstadt, Germany) con cinco estándares de concentración conocida (0,000, 0,222, 0,667, 2,000 y 6,000 µg/g). La concentración de fumonisinas en los medios de cultivo

fue estimada sobre la base de la función logit- log entre la concentración de fumonisinas y la absorbancia de los cuatros estándares positivos (0,222, 0,667, 2,000 and 6,000 µg/g) en relación al standard cero (0,000 µg g-1).

Caracterización patogénica de los aislamientos

Los 40 aislamientos fueron inoculados en los híbridos Cargill 350, NK120 TDMAX y DK 834 MG siguiendo la vía natural de infección como es el canal del estigma (Presello, 2004), dado que los mecanismos de infección de *Fusarium* son varios: canal de estigma, forma directa en la base de la espiga, sistémicamente mediante micelio vía planta madre (White, 2000), además de las vías por heridas causadas por insectos lepidópteros y aves (Parson y Munkvold, 2010). Para ello, los aislamientos fueron cultivados en APG, incubados a 25° C 2 por 7 días, a partir de allí se prepararon suspensiones conidiales en agua destilada estéril cuyas concentraciones fueron ajustadas a 1×10^6 conidios por ml y las. Para la inoculación, se inyectaron mediante una jeringa automática 2 ml de suspensión conidial entre cuatro a seis días luego de emisión de estigmas. Los aislamientos e híbridos fueron aleatorizados en diseño factorial, 40 x 3 en bloques completamente al azar. La severidad de la enfermedad fue evaluada a madurez de cosecha mediante una escala diagramática de 7 niveles. (Reid *et al.*, 1996).

Ambientes

Los experimentos fueron conducidos en dos años agrícolas (2005/06 y 2006/07), cada combinación entre año agrícola y localidad fue considerada un ambiente diferente, conformándose un total de 4 ambientes:

AMBIENTE 1: El Manantial, Departamento Lules, año agrícola 2005/06 sembrado en 3 de enero

AMBIENTE 2: Ramada de Abajo, Departamento Burreyacu, año agrícola 2005/06 sembrado en 6 de enero

AMBIENTE 3: El Manantial, Departamento Lules, año agrícola 2006/07 sembrado en 28 de diciembre

AMBIENTE 4: Ramada de Abajo, Departamento Burreyacu, año agrícola 2006/07 sembrado en 4 de enero

Análisis de datos

Para caracterizar los aislamientos según agresividad, dentro de cada ambiente, se realizó un análisis de conglomerados (*cluster*), siendo una técnica multivariante que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos, según algún criterio de distancia, en este caso Euclídea. El algoritmo de agrupamiento jerárquico empleado fue el método de Ward o de mínima varianza, el cual toma el promedio de todos los objetos en un conglomerado (centroide). La información fue visualizada en un dendrograma.

Mediante un análisis multivariado discriminante, en función de la agresividad de los aislamientos, se pretendió discriminar híbridos en función de su susceptibilidad y poder clasificarlos dentro de alguna determinada combinación: híbrido y localidad, dado que las zonas agroecológicas estudiadas eran diferentes y presentaban diferentes niveles de susceptibilidad (Gómez, 2004 comunicación personal). El paquete estadístico usado para el análisis univariado y multivariado fue INFOSTAT, versión profesional 2011.

Resultados y Discusión

Se obtuvieron 40 aislamientos monospóricos de *Fusarium* Sección *Liseola*.

Poblaciones de apareamiento

El concepto de especie biológica basada en la compatibilidad sexual entre miembros de la mis-

ma especie es uno de los criterios utilizados en la clasificación de *Fusarium*.

Antes de 1996, la especie *F. moniliforme* englobaba otras referidas a varios anamorfos hoy conocidos como *F. proliferatum*, *F. subglutinans*, *F. verticillioides* y otras especies recientemente descritas bajo el concepto de especies biológicas y/o filogenética, confirmadas mediante el criterio biológico, que este grupo de especies pertenecen a los grupos de compatibilidad A al H (tipos de apareamiento A, B, C, D, E, F, G y H) del complejo *Gibberella fujikuroi*, también conocido como sección *Liseola* (Leslie y Summerell, 2006).

Varias especies biológicas fueron citadas como patógenos de maíz en Argentina incluyendo las poblaciones de apareamiento tipo A [*F. verticillioides* (Saccardo) Nirenberg (= *F. moniliforme* (Sheldon)], tipo D [*F. proliferatum* (Matsushima) Nirenberg, y tipo E (*F. subglutinans* (Wollenweber y Reinking)] (Chulze *et al.*, 1996, 2000; Peralta Sahueza *et al.*, 1996, Saubois *et al.*, 1996; Reynoso *et al.*, 2004, 2006; Gonzales *et al.*, 1995, Ramirez *et al.*, 1996; Sydenham *et al.*, 2004, Iglesias *et al.* 2010, Torres *et al.*, 2001).

Nuestros resultados muestran que en las zonas productoras de la región Noroeste de Argentina, la especie dominante fue *F. verticillioides*, representada por un 53% seguida de *F. proliferatum*, representando un 29% y *F. subglutinans* en un 18% (Figura 1). En muestreos previos, realizados en granos de maíz almacenado en el norte Argentino, Torres *et al.* (2001) habían informado la presencia de *F. subglutinans* y *F. verticillioides*, siendo la primera de ellas la especie prevalente, lo que da indicios de que la composición de la población fúngica perteneciente a la Sección *Liseola* podría ser afectada por el efecto de año.

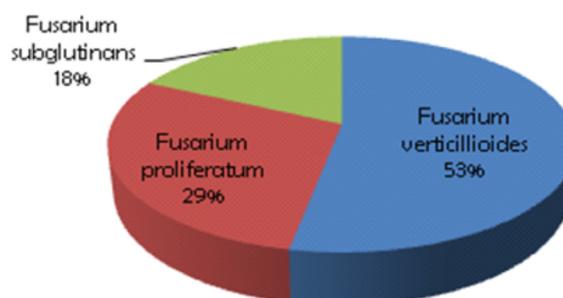


Figura 1: Composición de la población de *Fusarium* Sección *Liseola* en la región del Noroeste Argentino.

La dominancia de *F. verticillioides* sobre otras especies o géneros de hongos que afectan a granos de maíz, es mencionada por Leslie y Summerell (1998) indicando que si *F. verticillioides* se encuentra presente en el grano de maíz, dicho grano tendrá menor probabilidad de ser infectado

por *F. graminearum*, *F. subglutinans* y *Diplodia maydis*. Además se sugiere una asociación entre este hongo y el maíz de larga data y posiblemente de importancia evolutiva, al haber sido aislado del teosinte.

Otra de las razones por las cuales *F. verticilloides* es un patógeno exitoso en el maíz es debido a que puede degradar la sustancia antimicrobiana: 6-metoxi benzoxazinoides y 2-benzoxazolinona y 2-benzoxazolinona producida por el maíz (Glenn *et al.*, 2001). Además, este patógeno ocurre como un endófito en el maíz donde puede protegerlo contra la infección por otros hongos (Yates *et al.*, 1997).

Factores ambientales como la temperatura y la humedad influyen en la composición de la población de *Fusarium*. Como lo reportaron Marin *et al.*, 1998, *F. verticilloides* y *F. proliferatum* son dominantes sobre otras especies que comúnmente contaminan al maíz sobre un amplio rango de temperatura agua disponible.

Al considerar la diversidad de las poblaciones de apareamiento en las distintas regiones agroecológicas muestreadas, nuestros resultados, destacan la prevalencia de *F. verticilloides* y *F. proliferatum* en la llanura deprimida. Caracterizada

por tener mayor historial en producción de maíz y menor régimen pluviométrico en relación a las otras regiones muestreadas (Tabla 1).

Como lo indica la bibliografía, la podredumbre de mazorca por *Fusarium* es favorecido por ambientes más cálidos y secos durante el llenado de granos (Marasas *et al.*, 2000). Existen evidencias de que el stress por sequía está asociado con elevados niveles de infección de granos de maíz por *F. verticilloides* y acumulación de fumonisinas (Miller, 2001).

Capacidad patogénica

Agresividad, definida como la cantidad de enfermedad inducida por un aislamiento de un patógeno sobre hospedantes susceptible. En especies de *Fusarium* spp causante de la podredumbre de mazorca de maíz depende de las especies (Reid *et al.*, 1999) y la resistencia de un genotipo determinado.

En función de la capacidad de producir enfermedad de los 40 aislamientos en estudio, se pudieron establecer cuatro conglomerados como se muestra en el dendrograma (Figura 2). En un diagrama de cajas se representan los aislamientos

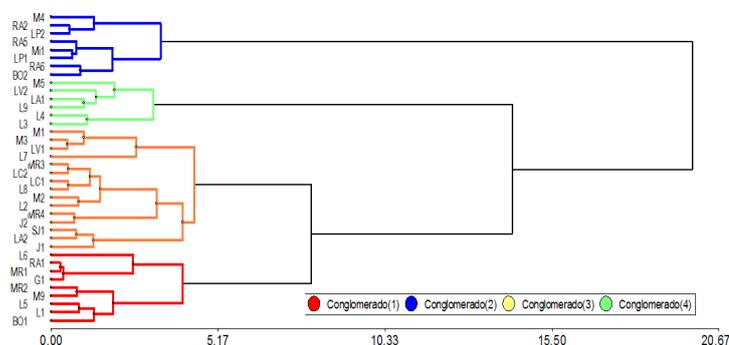


Figura 2: Dendrograma de los 40 aislamientos de la población de *Gibberella fujikuroi* en el Noroeste Argentino.

que quedaron incluidos en cada conglomerado (Figura 3).

Se destacan los conglomerados dos y cuatro. El primero reúne a aquellos aislamientos de menor agresividad (rango de severidad promedio: 7,28-10,51%) y el cuarto a aquellos con mayor capacidad de producir enfermedad (rango de severidad promedio: 18,2-21,2). Los conglomerados 1 y 3 agruparon a aquellos aislamientos cuyos valores de severidad promedio, variaron entre 11, 4 a 17,3%. Cabe destacar que en el grupo 4 quedó todo representado por aislamientos pertenecientes a *F. verticilloides*, en cambio en el grupo 2 quedaron agrupadas en un 75% los pertenecientes a *F. subglutinans* con iguales porcentajes en las poblaciones A y D (12, 5%).

Como se aprecia en la Tabla 2, el híbrido Cargil 350 presentó mayor susceptibilidad frente a los aislamientos de *Fusarium* sección *Liseola* en relación a: Dk 834 MG y Nk 120 TD MAX.

Tabla 2. Promedios de severidad (%) de *Fusarium* según ambientes.

Ambiente	Cargil 350	DK 834 MG	NK 120 TD Max
1	14,4	7,1	8,5
2	19,7	10,3	10,6
3	29,5	13,02	9,6
4	16,1	7,6	10,3

El análisis discriminante permitió corroborar esta mayor susceptibilidad ante todos los ais-

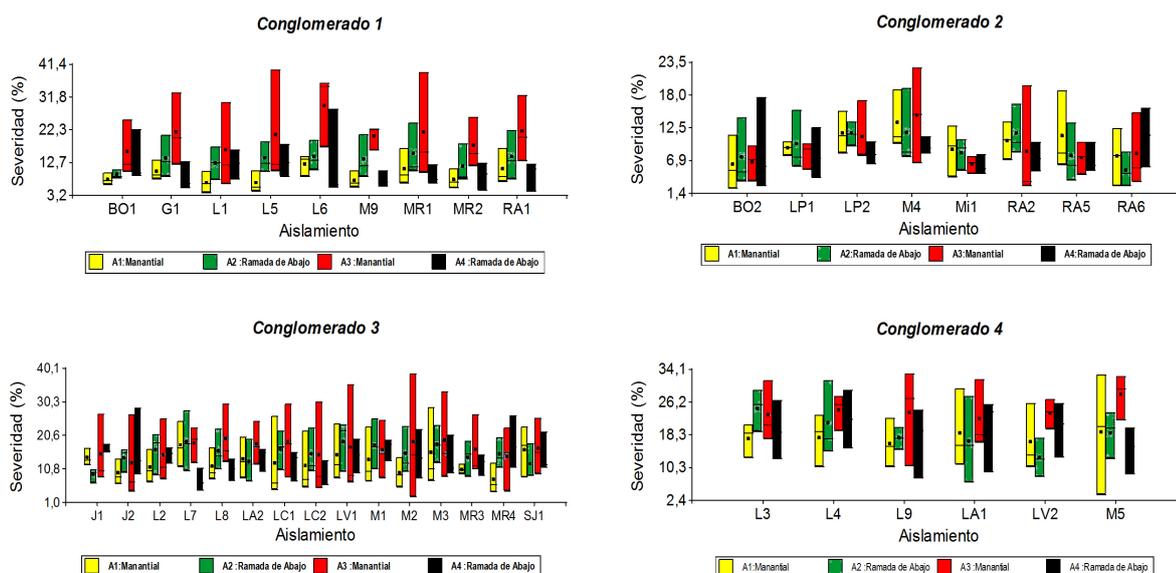


Figura 3: Boxplot de los aislamientos agrupados en cada conglomerado, según ambientes. Ref. Ambiente 1 (barras amarillas); Ambiente 2 (barras verdes); Ambiente 3 (barras rojas); Ambiente 4 (barras negras).

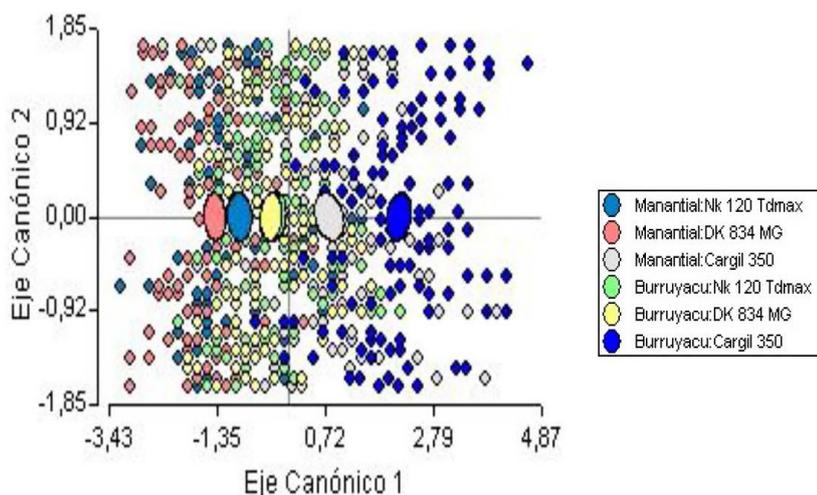


Figura 4. Representación de los aislamientos de *Fusarium* en los tres híbridos en dos localidades distintas y los elipses de confianza (región de confianza para el centroide de cada combinación de nubes de unidades muestrales)

lamientos de *F. verticillioides* sección *Liseola*, como lo indica la posición del centroide correspondiente al Cargil 350 en las dos localidades analizadas ubicándose claramente del lado derecho en relación a los demás híbridos estudiados (Figura 4).

El solapamiento de centroides correspondiente a los híbridos Dk 834 MG y Nk 120 TD MAX para la localidad Burruyacu indicó que la similitud en cuanto a susceptibilidad ante todos los aislamientos de *Fusarium* sección *Liseola*. Según Carter *et al.* 2002, la variabilidad en producir enfermedad, está regida por la variabilidad genética en la población de este patógeno, mencionando, dicho autor, que éste es un factor poco explorado.

Habilidad de producir fumonisinas

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. verticillioides* y *F. proliferatum*. Algunos autores establecieron una relación entre diferentes niveles de severidad y capacidad de producir fumonisinas, (Presello, 2007) De acuerdo a Desjardins *et al.* (1995), la virulencia de aislamientos de *F. verticillioides* se co-segregaron con la producción de fumonisinas. En contraste, existen razas

Tabla 3. Medidas descriptivas de la concentración de fumonisinas (Fb1+Fb2+Fb3) de los 38 aislamientos según región agroecológica.

Región agroecológica	Número de aislamientos	Rango de los valores promedio ($\mu\text{g}/\text{kg}$),	Desviación estándar
Llanura deprimida	25	302-7457	20,51-797
Chaco pampeana	12	159-7033	57,28-633
Pedemonte	2	6226-6628	214,96-718,27

de *F. verticillioides* que no producen fumonisinas debido a una mutación natural o por la interrupción de algún gen de biosíntesis tiene la misma capacidad de infectar el grano de maíz. (Desjardins *et al.*, 2002).

Los valores en ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de fumonisinas de los 38 aislamientos del presente trabajo variaron desde 159-7457, como se presenta en la Tabla 3. De los 40 aislamientos, en 28 los valores de fumonisinas fueron a 4000 ppb hasta 7457 indicando su alto potencial toxicogénico. Dichos valores, muy por encima del nivel máximo recomendado por la FDA para productos de consumo humano que corresponden a 4000 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

La primera cita sobre contaminación de granos de maíz almacenados en el Norte Argentino se encuentra en el 2001 (Torres *et al.*), cuyo rango de fumonisinas varió entre 603 a 1888 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Los aislamientos de *Fusarium* que corresponden al tipo E (*F. subglutinans*) produjeron muy bajos niveles de fumonisinas variando de 0,1 a 0,54 a $\mu\text{g}/\text{kg}$. Se cita para esta especie como una productora baja de fumonisinas menores a 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Reynoso *et al.* 2004 encontraron razas de *Fusarium subglutinans* (población de apareamiento E de *Gibberella fujikuroi*) productoras de bajos niveles de fumonisinas a partir de granos de maíz en Argentina y otras micotoxinas con niveles más constante como fusaproliferina y beauvericina.

En contraste, Nelson *et al.*, 1992, evaluando varias razas de *Fusarium* en la capacidad de producir Fumonisinas B1 *in vitro*, encontraron que ninguna de los cultivos de *Fusarium subglutinans* produjeron dicha micotoxina en medio de cultivo.

Dilkin *et al.*, 2002, destaca que factores como: razas de la especie de *Fusarium*, temperatura, humedad y edad del cultivo del hongo todos ellos pueden afectar la cantidad de fumonisinas producida en condiciones de laboratorio, pudiendo llegar hasta 10000 $\mu\text{g}/\text{g}$ en medios de cultivo de 13 semanas de *F. verticillioides*.

Estos aislamientos bajo productores merecen estudios posteriores a fin de determinar si los valores de fumonisinas encontrados se encuentran en el mismo rango o no cuando inoculados en

granos bajo condiciones de campo. Una razón que sustenta esta mayor atención es por el hecho que estos aislamientos provienen de una región (departamento Burruyacu) donde está concentrada la producción del maíz en Tucumán y zonas de influencia.

Conclusiones

La población de *Fusarium* sección *Liseola* asociada a la podredumbre de mazorca en las principales regiones productoras de maíz del Noroeste Argentino, se encuentra representada por *F. verticilloides* (Población de apareamiento tipo A), *Fusarium proliferatum* (Población de apareamiento tipo D) y *F. subglutinans* (Población de apareamiento tipo E); siendo la primera dominante.

Las tres especies producen idéntica sintomatología, correspondiente a estrías blanquecinas, en varias regiones de la espiga o en granos aislados. Además, la espiga, puede ser colonizada por un micelio algodonoso cuya coloración puede variar de blanco a rosa intenso. Conocer los niveles de agresividad de los aislamientos de *Fusarium* sección *Liseola* para la región Norte del país auxiliaría en la selección de híbridos resistentes a las cepas de *Fusarium* sección *Liseola* locales logrando materiales con mayor adaptación a las condiciones de la región.

Otro aporte que emerge de los resultados del presente trabajo es que todos los aislamientos colectados por las zonas productoras de maíz de Tucumán y zonas de influencia son productores de Fumonisinas, desde bajos a altos niveles llegando a superar holgadamente los máximos tolerados por la FDA.

Futuros esfuerzos deberán estar dirigidos a entender la epidemiología de esta enfermedad analizando la participación de factores como, vías de infección, fuente de inóculo, factores que influyan en la cantidad de enfermedad según año, localidad, híbrido en el ciclo de patogenia. Se suma la importancia del monitoreo en particular de las plagas que se están sumando a establecer año a año la epidemia por *Fusarium* sección *Liseola*. Asimismo, es importante contar con variables meteorológicas que puedan detectar eventos

infectivos y su consecuente contaminación de granos por Fumonisin. Ya que en general las condiciones favorables para la colonización del patógeno son favorables para la producción de fumonisin (Munkvold, 1999).

La información lograda en el presente trabajo representa un primer paso, para la región en estudio, hacia el conocimiento del patosistema *Fusarium*-maíz, a fin de determinar la importancia de esta enfermedad, causante de importantes pérdidas del rendimientos y disminución de la calidad del grano. Y aportará bases que conduzcan a delinear estrategias de manejo, dentro del marco de una agricultura sustentable.

Financiamiento: Agencia SECYT.

Referencias bibliográficas

- Bakan B., Melcion D., Richard-Molard D., Cahagnier B. (2000). Fungal growth and *Fusarium* mycotoxin content in isogenic traditional maize and genetically modified maize grown in France and Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 250: 728–731.
- Carter J.P., Rezanoor H.N., Holden D., Desjardins A.E., Plattner R.D., Nicholson P. (2002). Variation in pathogenicity associated with the genetic diversity of *Fusarium graminearum*. *European Journal of Plant Pathology* 108: 573–583.
- Chulze S., Ramirez M.L., Farnochi M., Pascale M, Visconti A., March G. (1996). *Fusarium* and fumonisin occurrence in Argentinean maize at different ear maturity stages. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 44: 2797-2801.
- Chulze S., 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.
- Chulze, S.N, Ramirez M.L., Torres A., Leslie J F. (2000). Genetic variation in *Fusarium* section *Liseola* from no-till maize in Argentina. *Applied and environmental microbiology* 66: 5312-5315.
- 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.
- Desjardins A.E., Munkvold G.P., Plattner R.D., Proctor R.H. (2002). *FUM1* – a gene required for fumonisin biosynthesis but not for maize ear rot and ear infection by *Gibberella moniliformis* in field tests. *Molecular Plant–Microbe Interactions* 15: 1157-1164.
- Dilkin P., Mallmann C.A., de Almeida C.A.A., Stefanon E.B., Fontana F.Z., Milbradt E.L. (2002). Production of fumonisin by strains of *Fusarium moniliforme* according to temperatura, moisture and growth period. *Brazilian Journal of Microbiology* 33:111-118.
- Food and Drug Administration. 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, 2001. <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/fumonbg1.html/>, accessed February 10, 2009.
- Gary P. Munkvold, (2003). Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. *European Journal of Plant Pathology* 109: 705–713
- Gamboa, D. 2012. El cultivo del maíz en el NOA consideraciones sobre su manejo. Recomendaciones. 4º Congreso de cultivos de verano. Octubre 2012. Tucumán, 56 páginas. Publicación on line, <http://www.eeaoc.org.ar>. Julio 2013
- Glenn A.E, Hinton D.M, Yates I.E., Bacon C.W. (2001). Detoxification of corn antimicrobial compounds as the basis for isolating *Fusarium verticillioides* and some other *Fusarium* species from corn. *Applied Environmental Microbiology* 67(7): 2973-2981.
- Gong H.Z., Ji R., Li Y.X., Zhang H.Y., Li B., Zhao Y., Sun L., Yu F., Yang J. (2009). Occurrence of fumonisin in corn from the main corn - Producing areas of China. *Mycopathologia* 167: 31–36.
- Hennigen M.R., Valente Soares L.M., Sanchez S., Di Benedetto N.M., Longhi A., Eyherabide G., Torroba J., Zanelli M. (2000). Fumonisin in corn hybrids grown in Argentina for 2 consecutive seasons. In *Proceedings of the 10th International IUPAC Symposium on Mycotoxins and Phytotoxins*, Guarujá, Brazil, 21-25 May 2000.
- Juárez J.H., Díaz C.G. (2011). Contaminación de maíz por Fumonisin producidas por *Fusarium verticillioides* en Tucumán. XXVIII Jornadas Científicas. Asociación de Biología de Tucumán. Tañi del Valle. Octubre 2011. Libro de actas, página 19. ISBN 978-987-27528-0-4.
- Leslie J F, Summerell B.A. The *Fusarium* laboratory manual. Sydney Blackwel . 2006. 388 p.
- Marin S., Companys E., Sanchis V., Ramos A.J. (1998). Effect of water activity and temperatura on competing abilities of common maize fungi. *Mycological Research* 120: 959-964.
- Marasas W.F.O., Miller J.D., Visconti A. (2000). Fumonisin B1. *Environmental Health Criteria* 219: 1–150.
- Miller J.D. (2001). Factors that affect the occurrence of fumonisin. *Environmental Health Perspectives* 109 (Suppl 2): 321–324.
- Munkvold G.P. (2003). Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. *European Journal of Plant Pathology* 109: 705-713.
- Munkvold G.P., Hellmich R.L., Rice L.G. (1999). Comparison of Fumonisin Concentrations in Kernels of Transgenic Bt Maize Hybrids and non-transgenic hybrids. *Plant Disease* 83(2): 130-138.
- Nelson P.E., Plattner, R.D., Schackelford D., Desjardins A.E. (1992). Fumonisin B1 production by *Fusarium* species other than *F. moniliforme* in section

- Liseola and by some related species. *Applied Environmental Microbiology* 58(3): 984-989.
- Parson M.W., Munkvolg G.P. (2010). Associations of planting date, drought stress, and insects with *Fusarium* ear rot and fumonisin B1 contamination in California maize. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 27(5): 591-607.
- Presello D.A., Reid L.M., Mather D.E. (2004). Resistance of Argentine maize germoplasm to *Gibberella* and *Fusarium* ear rot. *Maydica* 49: 83-91.
- 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.
- Ramirez M.L., Pascale M., Chulze S., Reynoso G., March, Visconti A (2009). Natural occurrence of fumonisins and their correlation to *Fusarium* contamination in commercial corn hybrids grown in Argentina. *Mycopathologia* 135(1): 29-34.
- Reid L.M., Hamilton R.I., Mather D.E. (1996). Screening maize for resistance to *Gibberella* ear rot. *Agric. Agri-Food Canada. Technical Bulletin Publication* 5E.
- Reynoso, M.M., Torres A.M., Chulze S.N. (2004). Fusaproliferin, beauvericin and fumonisin production by different mating populations among the *Gibberella fujikuroi* complex isolated from maize. *Mycological Research* 108: 154-160.
- Saubois A., Nepote M.C., Piontelli E. (1996). Regional distribution of *Fusarium* strains in maize from the Province of Santa Fe, Argentina. *Boletín Micológico* 11: 75-80.
- 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). Fumonisins in Argentinian field-trial corn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41: 891-895.
- 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.
- White D.G. (1999). *Compendium of Corn Diseases*. 3rd Ed. 78 pp. St. Paul, USA. American Phytopathological Society Press.
- Yates I.E., Bacon C.W, Hinton D.M. (1997). Effects of Endophytic Infection by *Fusarium moniliforme* on Corn Growth and Cellular Morphology. *Plant Disease* 81(7): 723-728.
- Zucardi R., Fadda G. (1985). Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. *Miscelánea número* 86. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán.