



Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ciencias Agrarias

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
(MODALIDAD TESINA)

**“Determinación de la micoflora presente en granos de
maíz destinados a la alimentación animal”**

Alumna: Sofia Antonella Dionisi

Directora: Ing. Agr. (Dra.) Pamela Maia Dirchwolf

**Lugar de trabajo: Cátedra de Fitopatología-Departamento de
Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE.**



Agradecimientos

A mis padres, quienes me apoyaron y acompañaron en estos años, en especial a mi mamá que fue incondicional, fue y es mi pilar.

A mi familia, que me acompañó en este camino.

A Facundo, que me acompañó en todo momento y siempre me ayudó a dar lo mejor de mí.

A mi asesora Pamela, por su paciencia y ayuda en el desarrollo de esta tesis, por sus enseñanzas y su apoyo incondicional, brindándome siempre palabras de aliento.

A los señores Miguel, Luis, Ester, Nene y Aníbal, que me brindaron las muestras de maíz.

A mis ángeles en la tierra, quienes estuvieron conmigo a lo largo de estos años, prendiendo una velita y rezando cada vez que iba a rendir.

A Evangelina, por ser una luz en mi camino cuando atravesé momentos difíciles.

A la cátedra de Fitopatología, por abrirme las puertas y permitirme realizar mi tesina.

A mi querida facultad de Ciencias Agrarias y a todos mis profesores, por darme la oportunidad de formarme y ser una profesional.

Dedicatoria

A mi Mamá...

Introducción

En Argentina, el cultivo de maíz ha ido en aumento, mostrando una tendencia creciente desde la campaña 2014/15, donde la superficie sembrada con este cultivo alcanzaba las 6 millones de hectáreas, a la campaña 2021/22, ascendió a 10.6 millones de hectáreas (Ministerio de Economía, 2022). Santiago del Estero es la principal provincia extrapampeana donde se desarrolla el cultivo de maíz, ya que 745 mil hectáreas son destinadas al cultivo, mientras que en la provincia de Chaco se destinan 228.000 hectáreas al cultivo de maíz (Campaña 2021/22) (Ministerio de Economía, 2022).

Junto con el aumento en la superficie destinada al cultivo, se ha registrado a nivel nacional un aumento en la presencia, desarrollo e importancia de enfermedades que atacan al maíz, dentro de las cuales se destacan el tizón común (causado por *Exserohilum turcicum*), la cercosporiosis (*Cercospora zeae-maydis*), pudriciones de raíz y base de tallo (*Fusarium graminearum*, *F. verticilloides*, *Stenocarpella macrospora*, *S. maydis*, *Colletotrichum graminicola*, *Macrophomina phaseolina*) y pudriciones de espiga (especies de los géneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Sternocarpella*) (De Rossi et al., 2017). Si bien la importancia de estas enfermedades varía año a año y de región a región, de acuerdo a las condiciones ambientales y de la susceptibilidad del material sembrado, los agentes causales de estas enfermedades se caracterizan por su elevada capacidad de sobrevivir tanto en semillas como en restos del cultivo (De Rossi et al., 2017). Se denominan hongos de campo a aquellos patógenos que pueden afectar el cultivo de maíz durante su ciclo, tales como especies de los géneros *Exserohilum*, *Fusarium*, etc.; y hongos de almacenamiento a aquellos que lo contaminan durante el tiempo en que los granos son almacenados, como por ejemplo especies del género *Rhizopus*. Existe un grupo intermedio de hongos que afecta a los granos de maíz cuando éstos aún están en la espiga, ocasionando podredumbres secundarias (se generan a partir del tejido previamente afectado por hongos patógenos), pero continúan ocasionando efectos deletéreos durante el almacenamiento. Dentro de este último grupo de hongos se encuentran especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. Asimismo, hay un grupo de hongos que se consideran como benéficos/micotoxigénicos, ya que poseen algunas especies que tienen la capacidad de actuar como biocontroladores de hongos patógenos, mientras que otras pueden producir

micotoxinas, como es el caso de los géneros de *Trichoderma* y *Chaetomium* (Carrillo, 2003).

Más allá del momento en el que entren en contacto con los granos de maíz, varios de estos géneros de hongos representan un potencial peligro para la salud animal, ya que son capaces de producir compuestos tóxicos con diversos efectos negativos, que incluso pueden provocar la muerte del organismo afectado. Estos compuestos son comúnmente conocidos como micotoxinas, y son metabolitos secundarios producidos por hongos que generan una respuesta tóxica cuando son introducidos en concentraciones bajas en animales por una ruta natural, ya sea por ingestión, inhalación o por el simple contacto con la piel. Dentro de las respuestas ocasionadas se encuentran efectos leves a moderados en la productividad, debido a la disminución o rechazo del consumo de alimento o la baja conversión de éste, la disminución del peso corporal, el aumento de la susceptibilidad a enfermedades, y la reducción en la capacidad reproductiva. Asimismo, los efectos pueden ser severos como diversos tipos de cáncer, abortos, e incluso la muerte del animal (Santillán Mendoza et al., 2017).

La determinación de la presencia de micotoxinas es complicada, ya que puede detectarse el hongo en los alimentos sin que necesariamente se haya producido la toxina; o, por el contrario, puede estar la toxina y no el hongo, ya que este puede ser eliminado por procesos químicos o alteraciones ambientales (Espíndola Figueroa, 2006). Respecto a los hongos de campo, no se conocen las condiciones exactas que predisponen la producción de micotoxinas, pero se comprobó que el estrés hídrico por falta de agua junto con temperaturas cálidas, seguido de períodos de alta humedad al final del crecimiento del cultivo, favorecen su producción (Richard, 2007). En cuanto a los hongos de almacenamiento, las condiciones que predisponen el desarrollo de los mismos y de sus micotoxinas son: alta humedad, temperaturas elevadas, ventilación inadecuada y la presencia de insectos o plagas durante el almacenamiento de los granos (Presello et al., 2015). Aun cuando la presencia de los hongos asociados a los granos no asegura la existencia de las micotoxinas, el análisis sanitario de éstos es un método simple y económico para inferir su presencia. Otra opción constituyen los análisis serológicos mediante la técnica ELISA o los análisis cromatográficos con cromatografía líquida o gaseosa, pero en estos casos, si bien específicos para la detección de cada micotoxina, se

debe contar con los anticuerpos o con las columnas de adsorción específicas para cada una de ellas, de modo que se requieren varios análisis para confirmar la presencia o ausencia de varias micotoxinas. Asimismo, al ser técnicas que incluso permiten cuantificar las toxinas, los costos son mucho más elevados (Mycotoxin site s.f.).

Por lo antes mencionado, el presente trabajo se centró en el análisis sanitario de granos de diversos híbridos de maíz de dos procedencias con el fin de determinar y cuantificar la presencia de géneros de hongos con potencial micotoxigénico.

Objetivo general

Conocer el estado sanitario de granos de maíz cultivados en las provincias de Chaco y Santiago del Estero, destinados a la alimentación animal.

Objetivos específicos

- Identificar los microorganismos asociados a granos de maíz.
- Determinar la incidencia de los microorganismos según el híbrido y la provincia en que fue desarrollado el cultivo.
- Detectar la presencia de hongos con potencial micotoxigénico.

Materiales y Métodos

Tabla 1: Se realizó el análisis sanitario de semillas de maíz de distinto genotipo y procedencia, detallados a continuación.

Muestra n°	Híbrido	Fecha de Siembra	Fecha de cosecha	Procedencia
1	Pioneer P2089 VYHR (P2089)	18/01/2022	20/07/2022	Santiago del Estero
2	Nidera 7822 (N7822)	10/01/2022	25/07/2022	
3	Nidera 7818 (N7818)	10/01/2022	25/07/2022	
4	Nord Acis PWV B1 (NordA)	11/01/2021	25/07/2022	
5	Brevant 510 PEW (BRV510-SE)	10/01/2022	22/07/2022	
6	Brevant 510 PEW (BRV510-CH)	15/01/2022	20/07/2022	Chaco
7	Next 22.6 PWU (Next)	15/01/2022	20/07/2022	

En los siguientes mapas se observan las ubicaciones de los lotes tomando como referencia la localidad de Gancedo (Chaco).

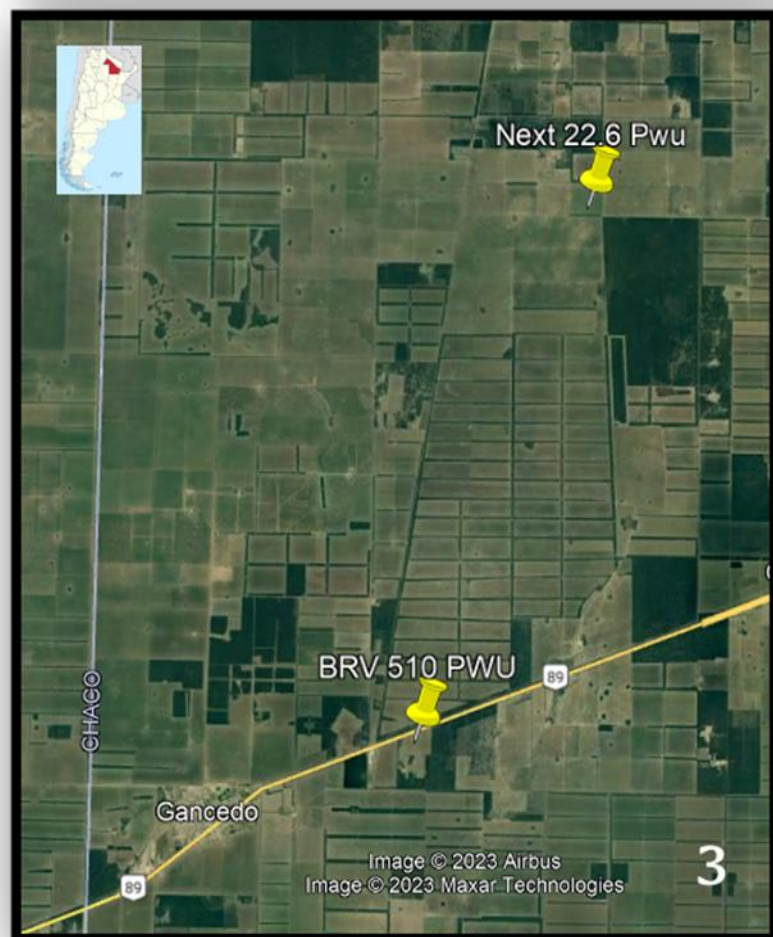
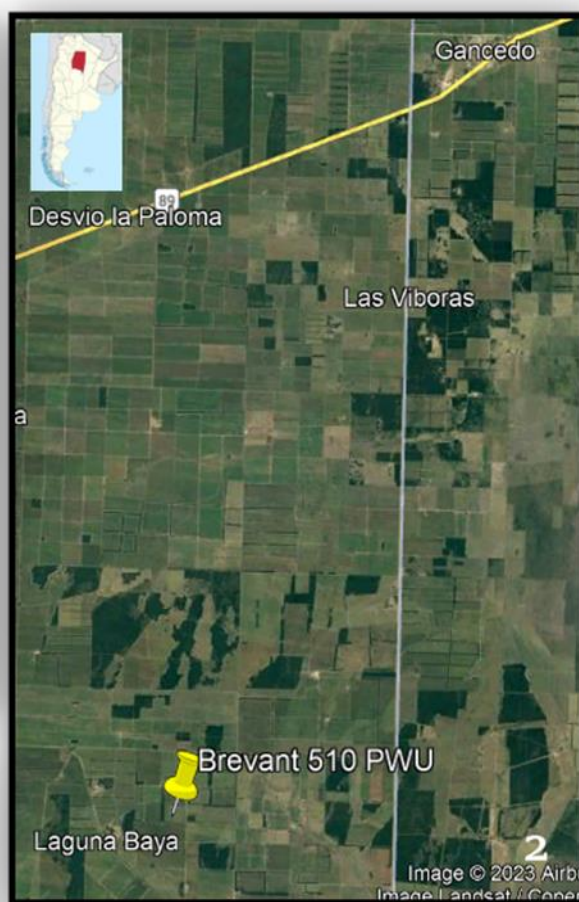
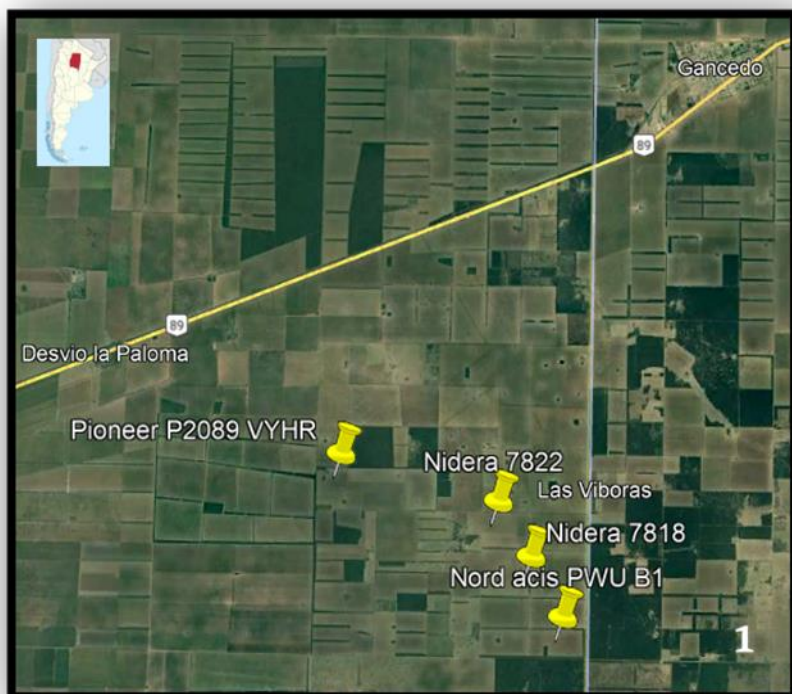


Fig. 1 y 2: Ubicación de lotes donde fueron recolectados los híbridos de maíz desarrollados en Santiago del Estero.
 Fig. 3: Lotes comerciales donde se recolectaron los híbridos de la provincia del Chaco.

Por cada muestra recolectada se sembraron 8 repeticiones de 25 granos utilizando el método del agar, sembrando los granos previamente desinfectados en agar papa glucosado al 1.5%. La desinfección de los granos se realizó con hipoclorito de Na al 3% durante cinco minutos y luego se procedió a realizar tres lavados con agua estéril. Finalmente, los granos se dejaron secar sobre papel estéril en la cabina de flujo laminar y una vez completamente secos se los sembró en cajas de Petri con el medio de cultivo antes mencionado. Se incubaron las cajas durante 7-10 días a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (French y Hebert, 1980).

Para la identificación morfológica se realizaron observaciones en microscopio estereoscópico o lupa binocular y preparados microscópicos utilizando el microscopio compuesto, determinando las estructuras vegetativas y reproductivas de cada uno de los microorganismos presentes. A tal fin, se utilizó la bibliografía correspondiente (Corio da Luz, 2011; Summerell et al., 2003; Watanabe, 2000; Warham et al., 1997; Pitt y Hocking, 2009).

Los resultados de incidencia por híbrido y procedencia se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y test de comparaciones de medias de Tukey ($p \leq 0,05$) empleando el Software estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2018).

Resultados

Los géneros de hongos registrados fueron: *Fusarium* (Fig. 4), *Stenocarpella* (Fig. 5), *Alternaria*, *Nigrospora* (Fig. 6), *Curvularia*, *Bipolaris* y *Trichothecium* (Fig. 7), *Aspergillus* (Fig. 8), *Penicillium* (Fig. 9), *Rhizopus*, *Chaetomium* y *Trichoderma* (Fig. 10).

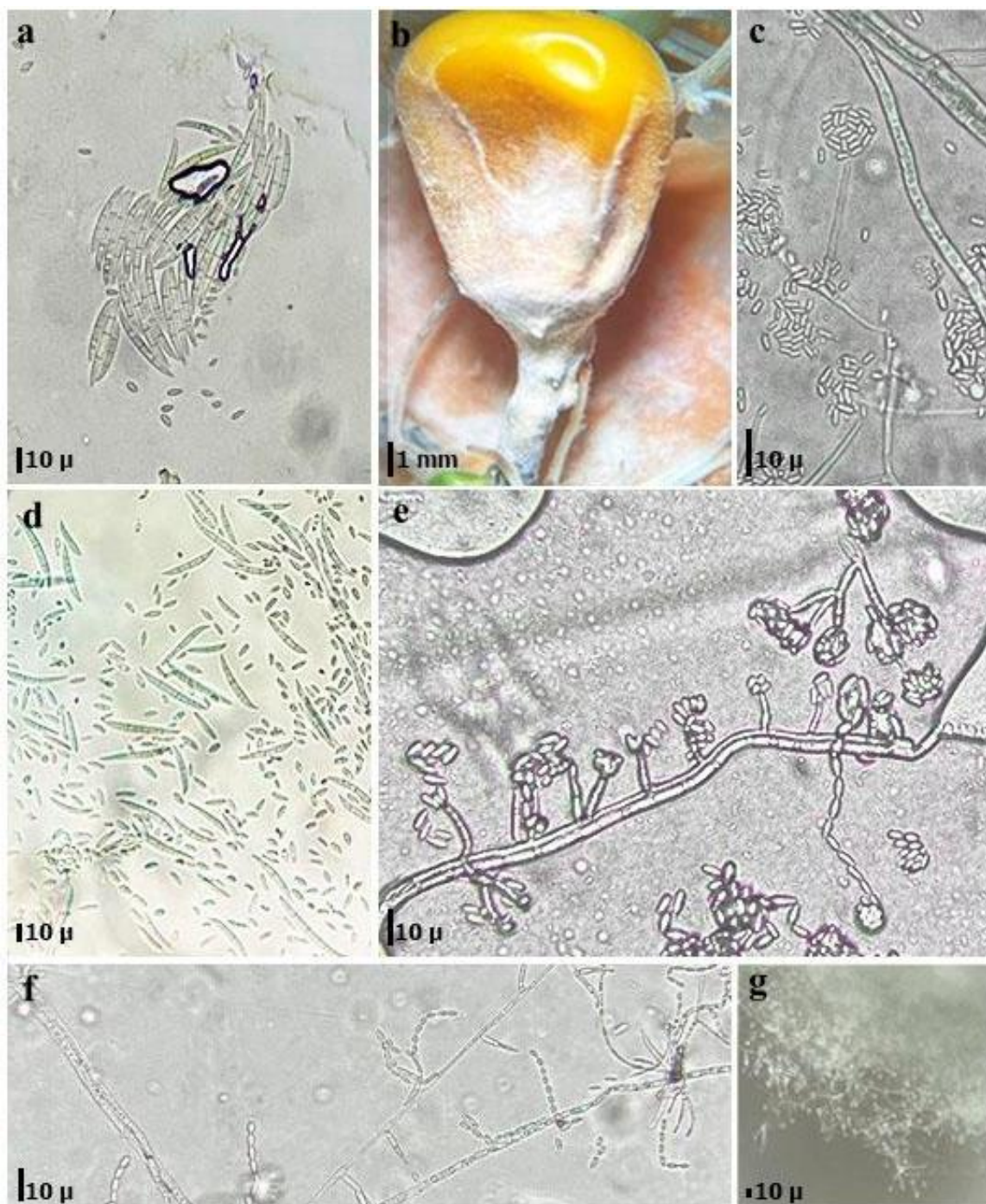


Figura 4. Vista en lupa de micelio de *Fusarium* spp. sobre granos de maíz de (b, g). Observaciones microscópicas de las diferentes estructuras de *Fusarium* spp.: macroconidios (a, d), microconidios en falsas cabezuelas (c, e), y microconidios en cadenas formados por fiálides simples (f).



Figura 5. Grano cubierto de micelio blanquecino con picnidios errumpentes y detalle de cirros vistas con lupa binocular de *Stenocarpella* spp. (a, b). Detalle del himenio (tejido fértil) del picnidio y conidios uniseptados de *Stenocarpella* spp. (c, d).



Figura 6. Conidios en cadena, de color pardo, con septos transversales y verticales sobre conidióforos alargados de *Alternaria* spp. (a, b). Granos de maíz afectados por *Nigrospora* spp. de micelio oscuro y con sus respectivos conidios de color negro, de forma ovoide o subglobosa sobre conidióforos cortos (c, d).

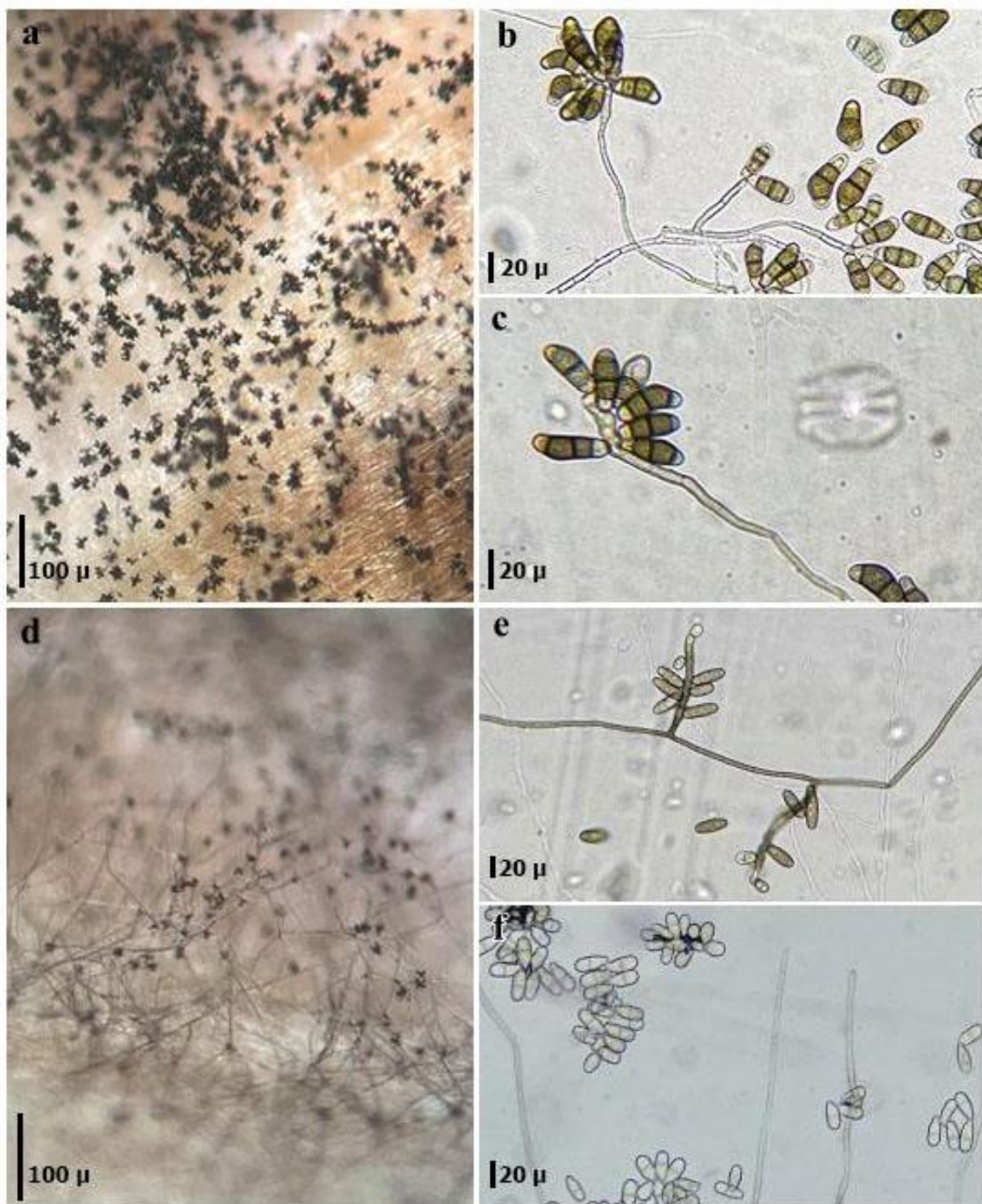


Figura 7. Conidios y conidióforos de *Curvularia* spp. observados en lupa, sus conidios y conidióforos de color café (a, b, c). Vista en lupa de conidios y conidióforos sobre grano y detalle de conidios y conidióforo de color café (d, e). Conidios hialinos de *Trichothecium* spp. (f).



Figura 8. Grano cubierto de micelio, conidióforos y conidios de *Aspergillus* spp., vistas en lupa b (a, b, e). Cabezas conidiales con vesícula globosa y conidios de color verde, conidióforo y conidios de *Aspergillus* spp. vistas en microscopio compuesto (c, d).

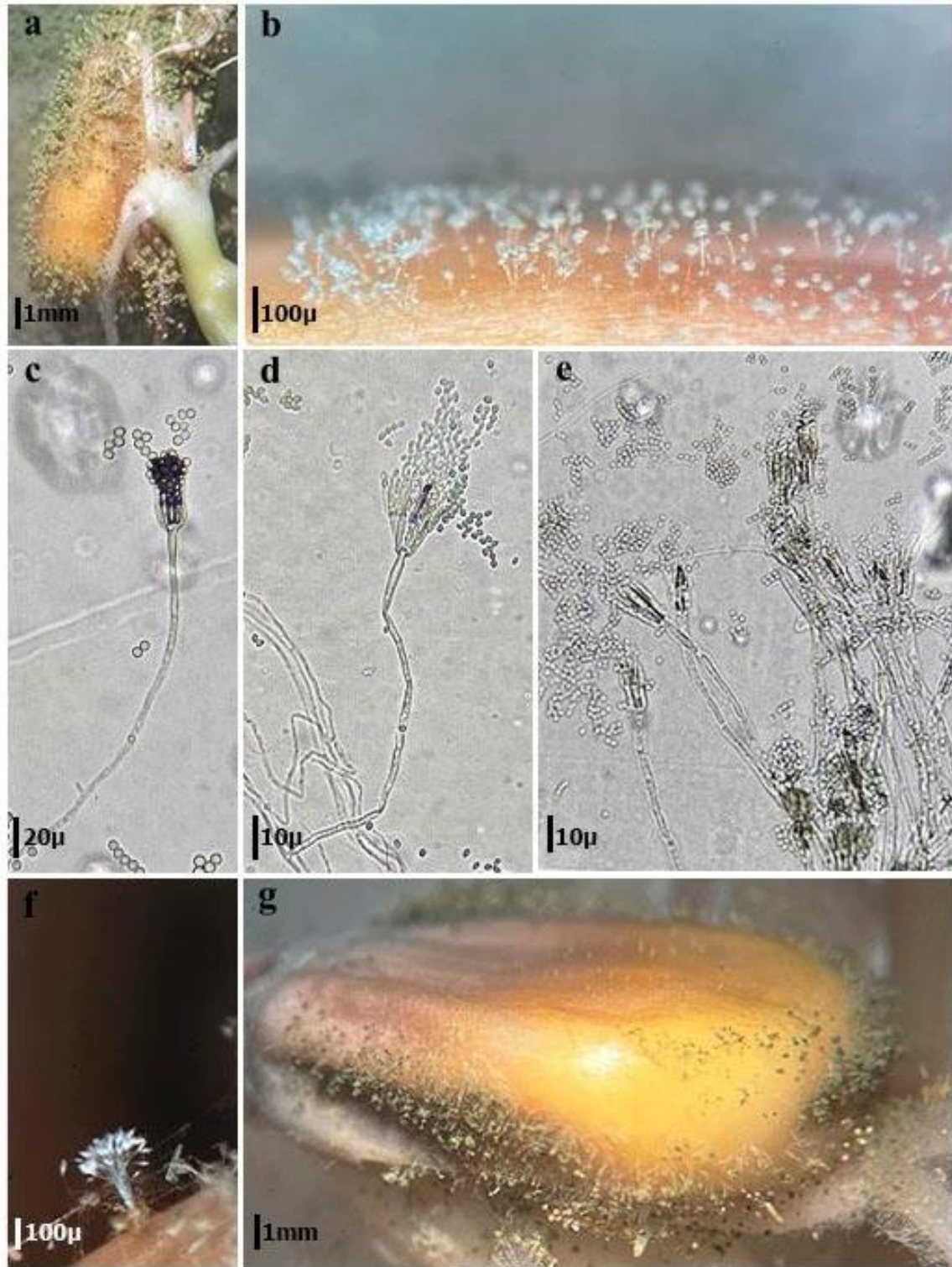


Figura 9. Vista en lupa de granos cubiertos de micelio de *Penicillium* spp., detalle de conidios y conidióforos (a, g, b, f). Cadenas de conidios sobre conidióforos individuales y agrupados de *Penicillium* spp. vistas en microscopio compuesto (c, d, e).

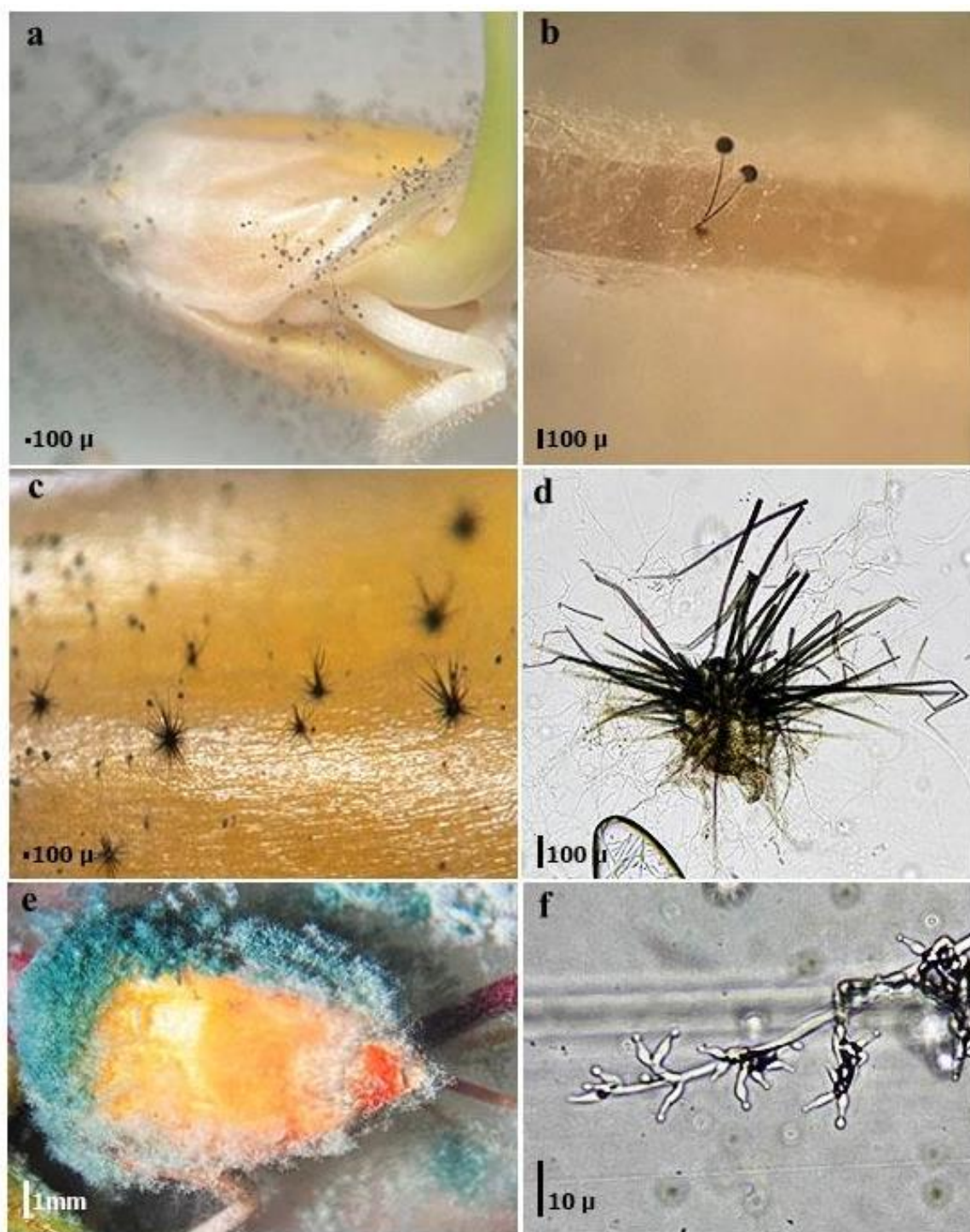


Figura 10. Crecimiento de *Rhizopus* spp. sobre grano de maíz y detalle del esporangióforos con los esporangios de color negro en el extremo (a, b). *Chaetomium* spp. creciendo sobre el grano y vista en microscopio del peritecio con sus tricomas (c, d). Grano cubierto por micelio de *Trichoderma* spp. y detalle del conidióforo y fiálides (e, f).

Respecto a la incidencia de los hongos de campo, el género predominante fue *Fusarium*, cuyas especies se determinaron en la totalidad de las muestras; si bien no fue factible diferenciar estadísticamente entre los promedios obtenidos según cada híbrido.

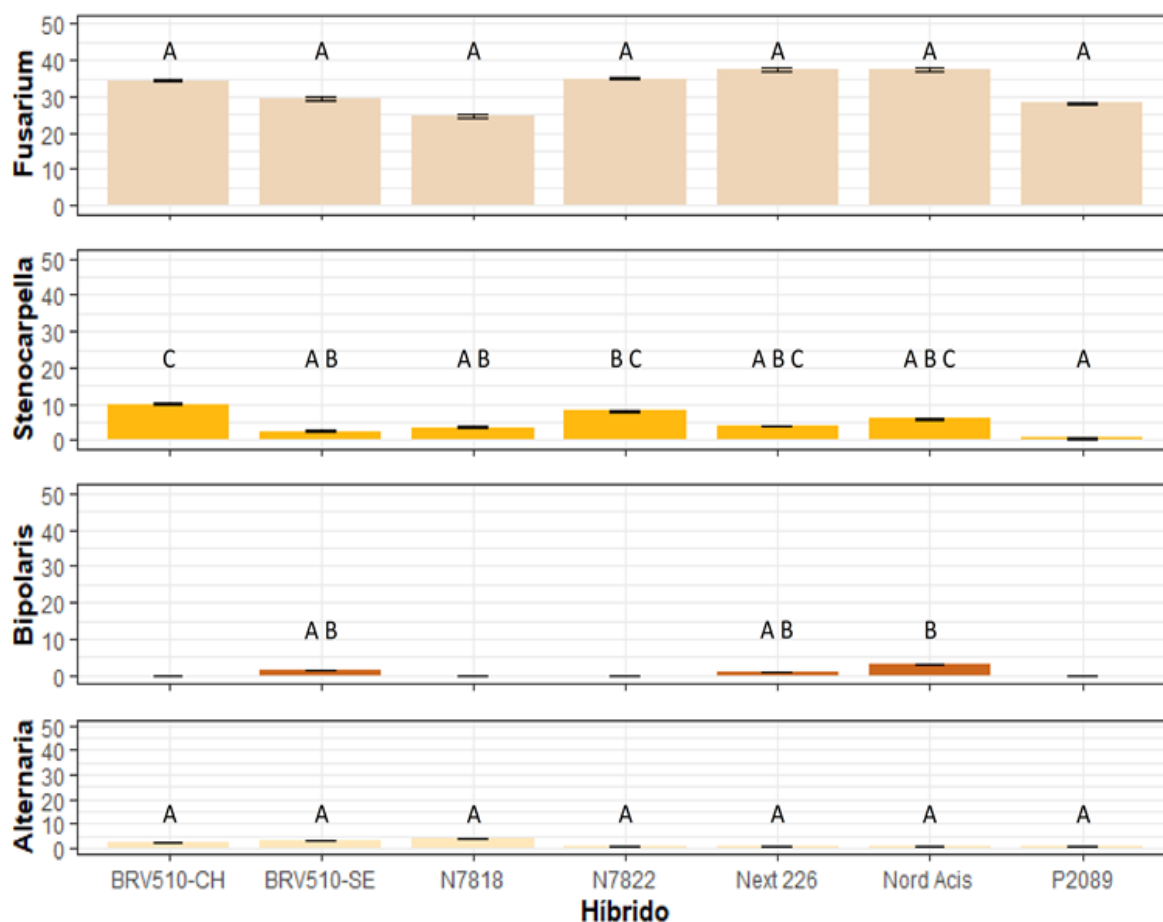


Figura 11: Valores promedios de frecuencia de aparición de hongos de campo registrados en cada híbrido. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Stenocarpella spp. tuvo mayor frecuencia de aparición en los híbridos BRV510-CH y N7822 respecto al híbrido P2089, mientras que los demás híbridos no se diferenciaron estadísticamente de estos extremos. El género *Bipolaris* presentó mayor incidencia en el híbrido NordAcis con respecto a N7822, P2089, N7818 y BRV510-CH, a partir de los cuales no se aisló ninguna especie del género antes mencionado. Y en cuanto a *Alternaria* spp. y *Nigrospora* spp., no se registraron diferencias estadísticas significativas entre las medias de los distintos híbridos.

También se observaron especies de los géneros *Curvularia* y *Trichothecium*, pero no fue posible analizar el comportamiento de las medias ya que en ambos casos el modelo obtenido a partir del análisis de varianza superó el nivel de significancia permitido.

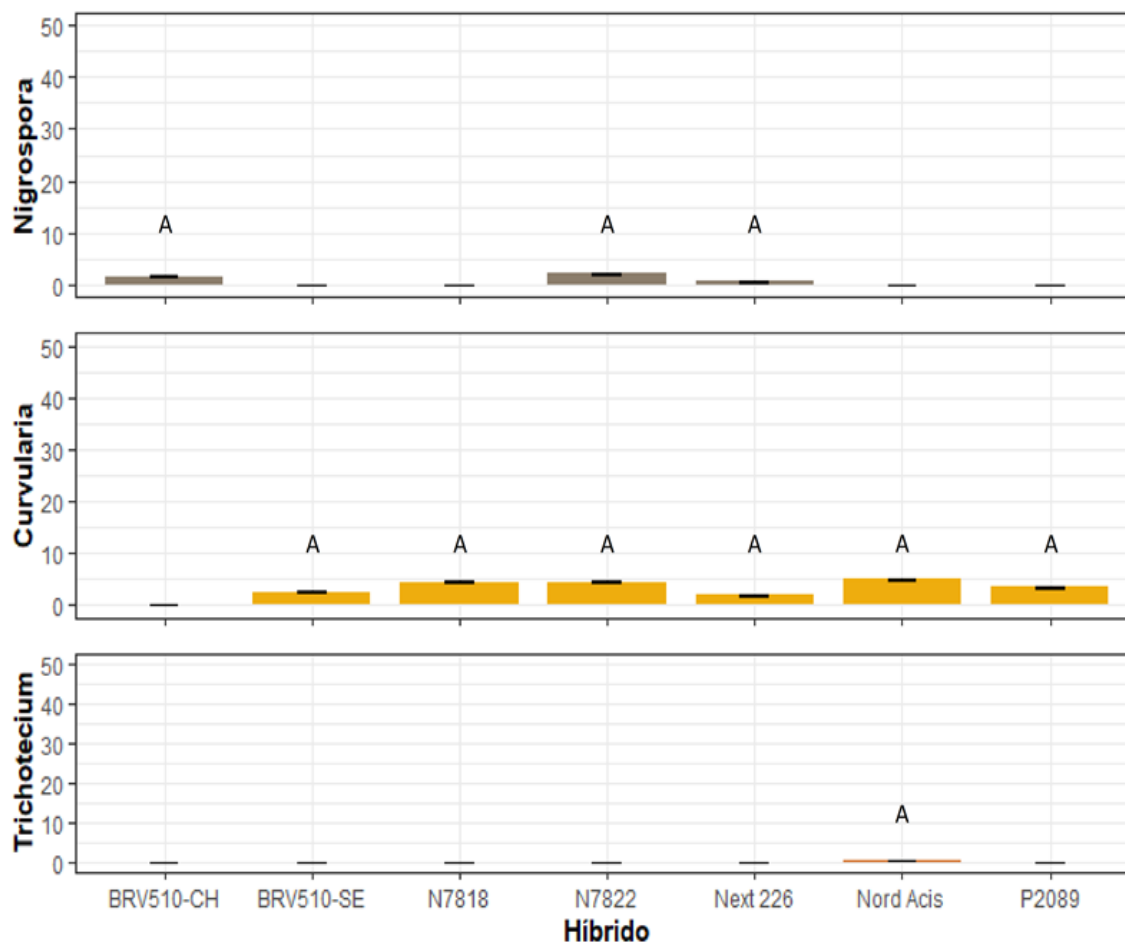


Figura 12. Valores promedios de frecuencia de aparición de hongos de campo observados en cada híbrido. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Con respecto a la incidencia de los hongos intermedios se registraron diversas especies del género *Aspergillus* siendo estadísticamente diferente y con mayor incidencia en el híbrido P2089 con respecto a los demás híbridos, mientras que *Penicillium* spp. se presentó con mayor frecuencia en el híbrido BRV510-CH con respecto a los híbridos P2089, N7818 y N7822, mientras que el resto de los híbridos presentó un comportamiento intermedio. En cuanto a *Rhizopus* spp., este género tuvo mayor frecuencia de aparición en los híbridos N7818 y N7822, siendo estadísticamente diferentes a BRV510-SE, mientras que los demás híbridos presentaron un comportamiento intermedio.

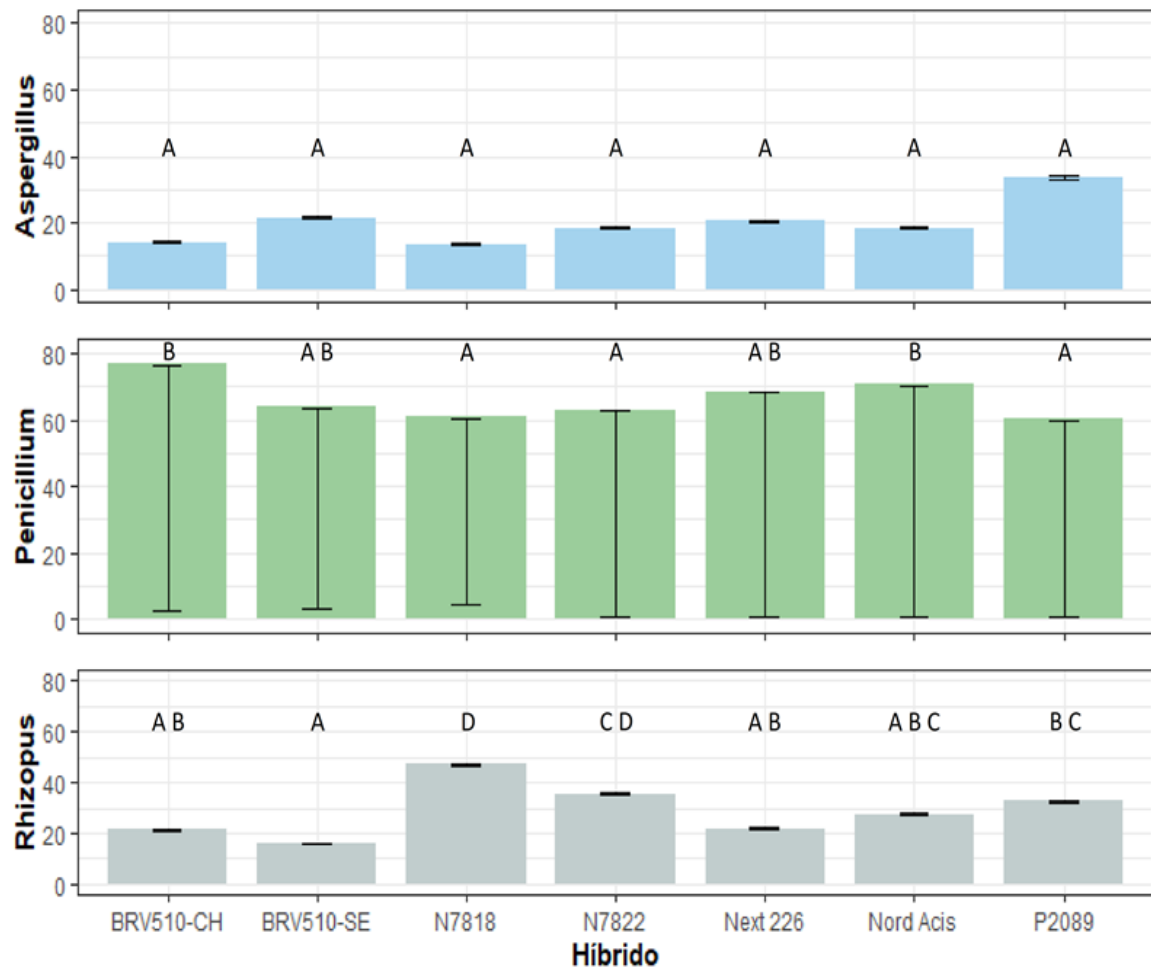


Figura 13. Valores promedios de frecuencia de aparición de hongos de almacenamiento registrados en cada híbrido. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Entre los géneros de hongos que pueden ser benéficos/micotoxigénicos se observaron especies del género *Trichoderma*, quienes se registraron con mayor frecuencia en el híbrido N7822, mientras que en NordAcis se obtuvo la menor cantidad de granos contaminados. Respecto al género *Chaetomium* spp., no fue posible analizar el comportamiento de las medias ya que el modelo obtenido a partir del análisis de varianza superó el nivel de significancia permitido.

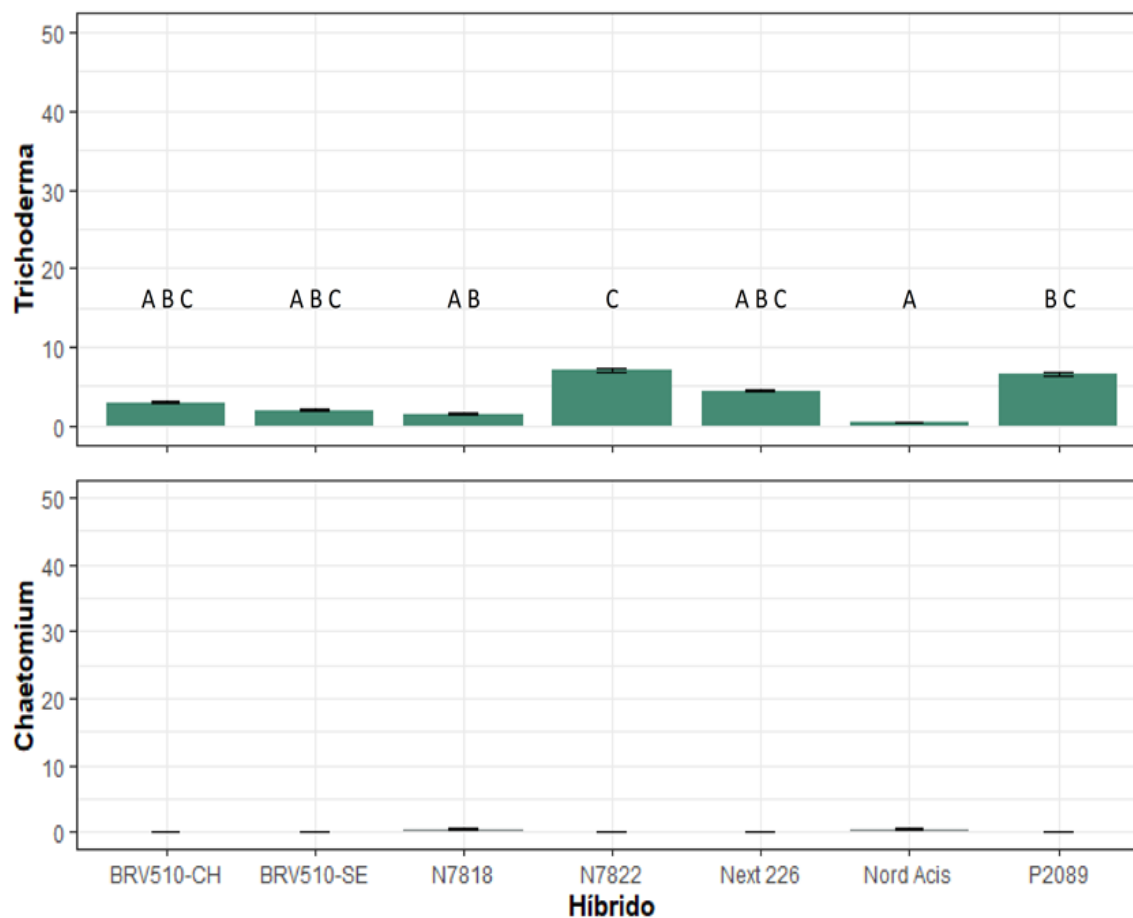


Figura 14. Valores promedios de frecuencia de aparición de hongos considerados de campo y de almacenamiento registrados en cada híbrido. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Teniendo en cuenta la procedencia se observó que, en los géneros de hongos de campo, *Stenocarpella* spp. presentó mayor frecuencia de aparición en los híbridos producidos en la provincia del Chaco con respecto a los híbridos de la provincia de Santiago del Estero (Figura 15). El género *Curvularia* presentó mayor frecuencia de aparición en los híbridos obtenidos de Santiago del Estero con respecto a los de Chaco (Figura 16). En cuanto a los géneros *Fusarium*, *Bipolaris*, *Alternaria*, *Nigrospora* y *Trichothecium* no fue posible analizar el comportamiento de las medias ya que el modelo obtenido a partir del análisis de varianza superó el nivel de significancia permitido.

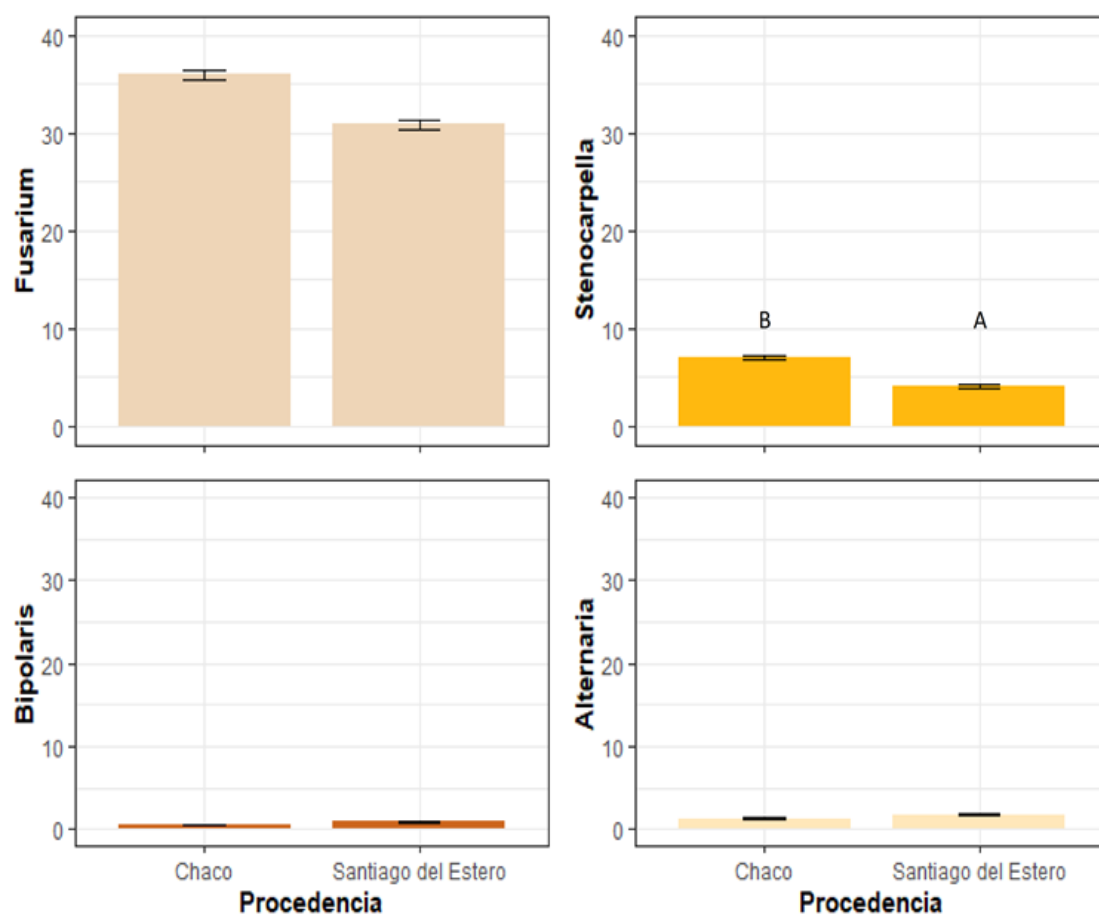


Figura 15. Valores promedios de frecuencia de aparición de géneros de hongos de campo según procedencia. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

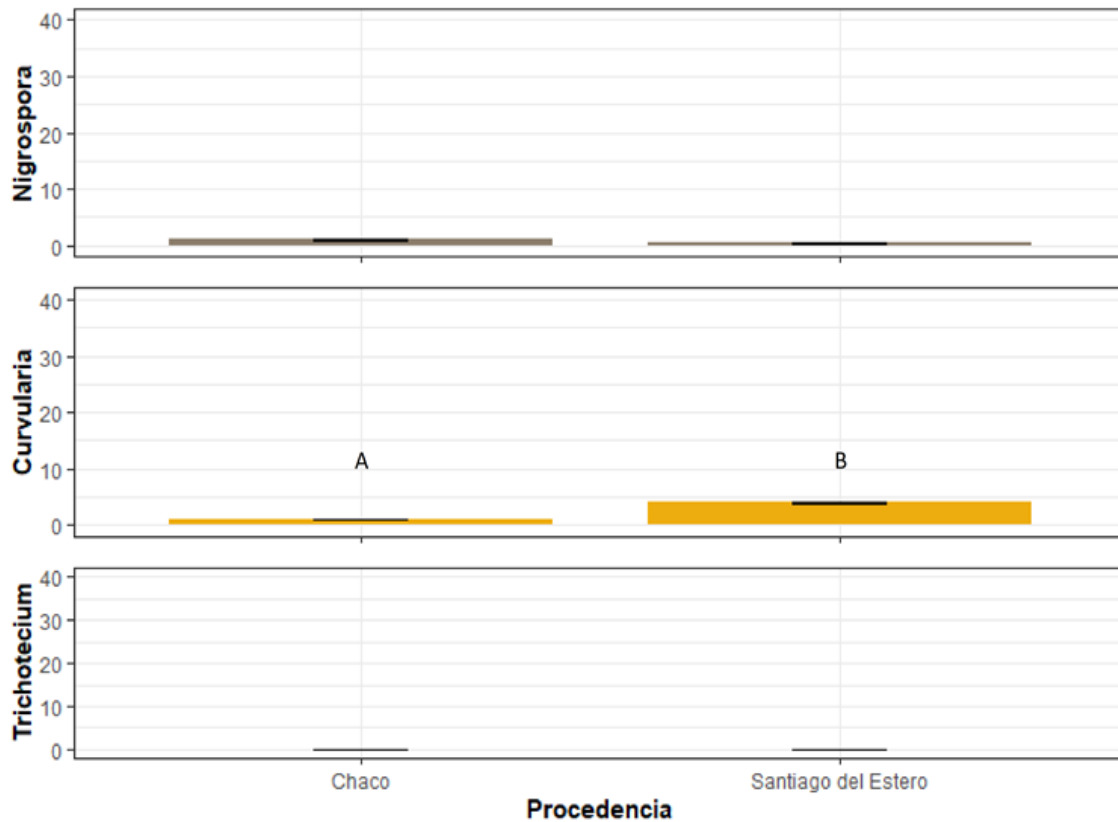


Figura 16. Valores promedios de frecuencia de aparición de géneros de hongos de campo según procedencia. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En los géneros de hongos intermedios, es decir de campo y almacenamiento, *Penicillium* presentó mayor incidencia de aparición en los híbridos desarrollados en Chaco con respecto a los híbridos de Santiago del Estero. En el caso de *Rhizopus* spp., se observó mayor frecuencia de aparición en los híbridos recolectados en Santiago del Estero con respecto a los de Chaco; mientras que no fue posible analizar el comportamiento de las medias de incidencia de *Aspergillus* spp. debido a que el modelo obtenido en el análisis de varianza superó el nivel de significancia permitido.

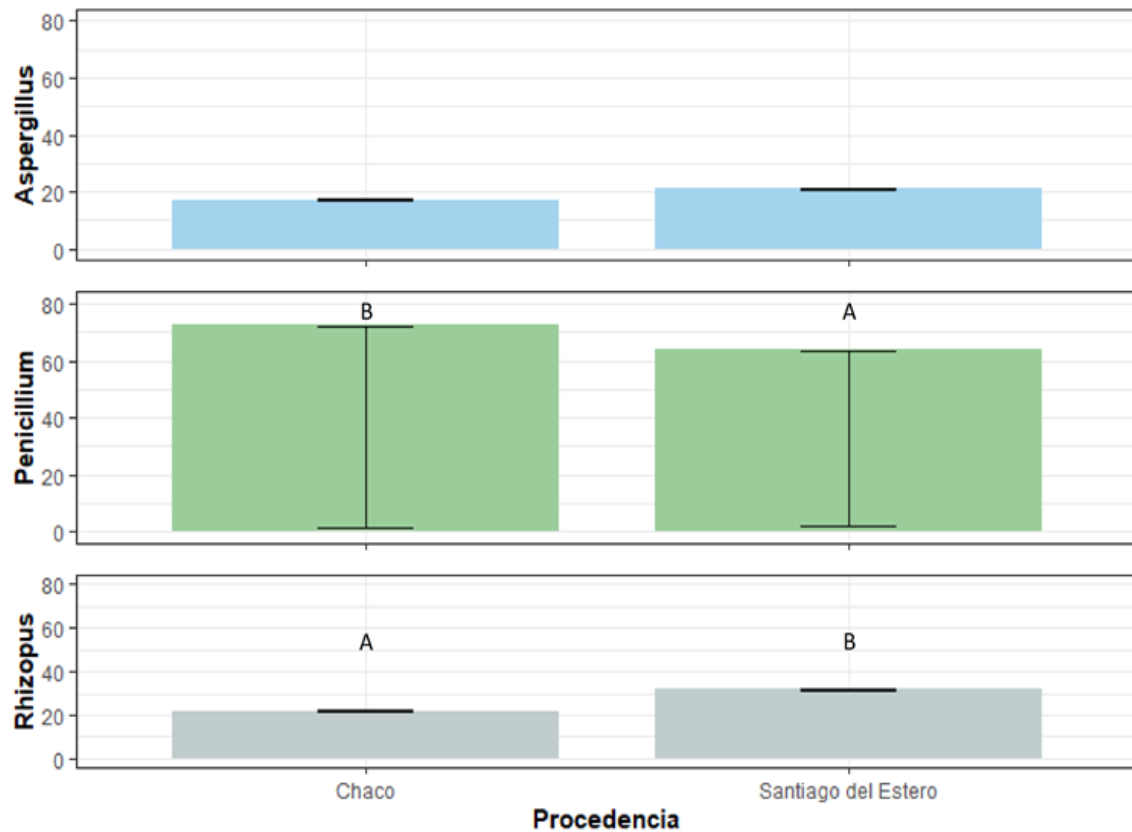


Figura 17. Valores promedios de frecuencia de aparición de géneros de hongos de almacenamiento según procedencia. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En los géneros de hongos considerados como benéficos/micotoxigénicos no fue posible analizar el comportamiento de las medias ya que el modelo obtenido del análisis de varianza superó el nivel de significancia permitido (Figura 18).

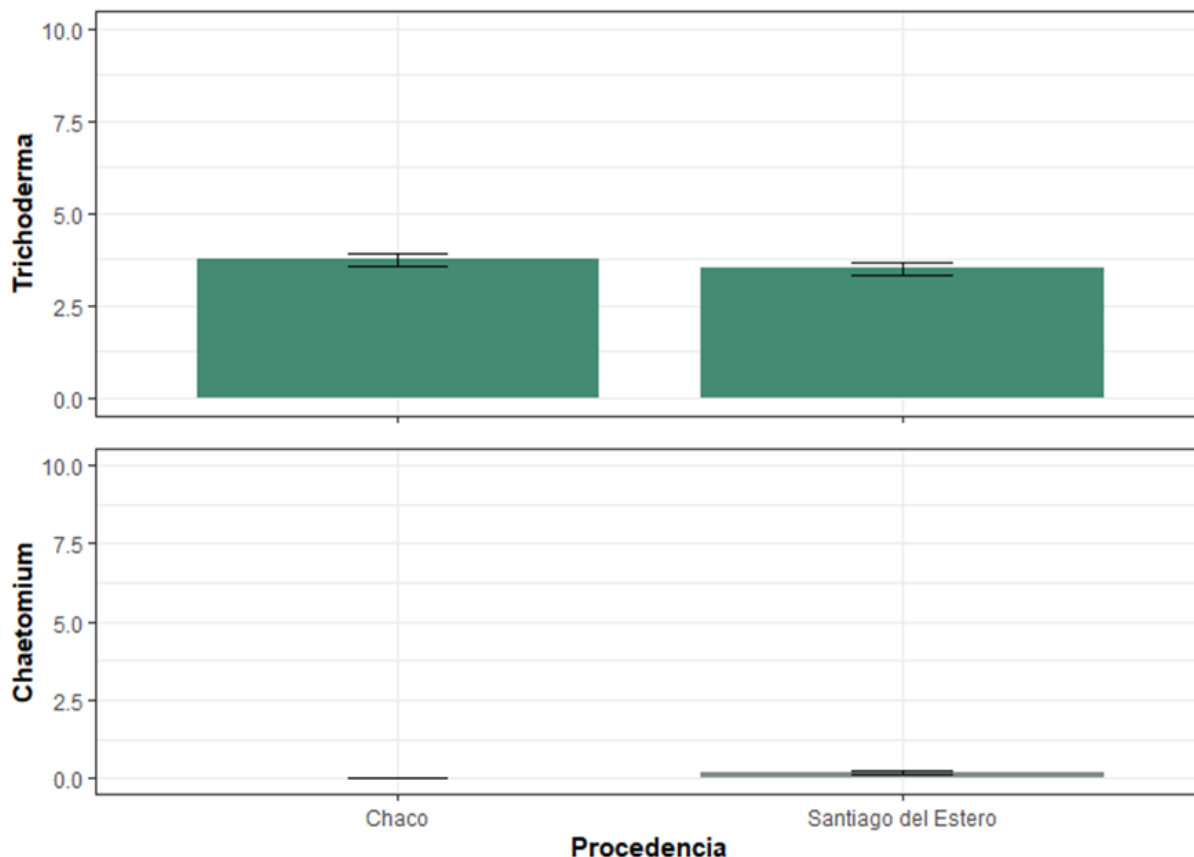


Figura 18. Valores promedios de frecuencia de aparición de hongos benéficos/micotoxigénicos. Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Discusión

Entre los géneros de hongos de campo que afectan al cultivo de maíz, se logró la identificación de varios géneros con potencial micotoxigénico con efectos deletéreos en la salud del ganado. Uno de estos géneros fue *Fusarium*, siendo uno de los más importantes grupos de hongos fitopatógenos y micotoxigénicos, ya que está ampliamente distribuido a nivel mundial y son comunes en los suelos, las partes subterráneas y aéreas de las plantas, rastrojos y otros sustratos orgánicos. Además, en maíz ocasiona pudriciones de espiga, raíces y base de tallos (De Rossi et al., 2017). Se conocen más 300 especies del género *Fusarium*; la mayoría de ellas factibles de ser reconocidas y/o diferenciadas sólo por métodos moleculares; y hay más de 50 de ellas que producen micotoxinas que contaminan granos de maíz (Giusiano y Piontelli, 2016).

Entre las toxinas más importantes generadas por *Fusarium* spp. que ocasionan micotoxicosis en bovinos, podemos mencionar a las fumonisinas, los tricotecenos y las

zearalenonas. Las fumonisinas ocasionan daño hepático, renal, cardiovascular e inmunosupresión. La cantidad de esta toxina requerida para producir estos efectos es mínima, a tal punto que la Unión Europea ha establecido que el límite máximo de fumonisinas para cereales no procesados es de 4 ppm. Los tricotecenos (T2, vomitoxina o deoxinivalenol (DON) y nivalenol) producen efectos agudos en el tracto digestivo, inducen apoptosis, inmunosupresión, reducción de peso, toxicidad reproductiva, diarreas y vómitos. El límite máximo de la toxina T2 es de 100 ppb. Las zearalenonas ocasionan infertilidad, disminución en la producción de leche y disminución de la ingesta de alimentos. El límite máximo de zearalenona establecido para maíz no procesado es de 0,035 ppm; realizando la conversión nos da un valor tan infimo como 35 mg/tn de maíz para ocasionar los efectos antes mencionados (Pérez Reyes et al., 2020; © Agrinews 2023).

Al igual que *Fusarium* spp., *Stenocarpella* spp. es un género de hongos fitopatógenos que afecta a la planta de maíz y causa la podredumbre de la espiga y de la base del tallo, con capacidad de permanecer viable en los restos vegetales del cultivo. El desarrollo de este patógeno se ve favorecido por condiciones secas al inicio de la campaña, seguida de temperaturas cálidas de entre 28 a 30°C y alta humedad ambiente cercanas a la floración. Tanto el material vegetal como los granos pueden estar contaminados con micotoxinas producidas por *Stenocarpella* spp. y producir una enfermedad llamada diplodiosis, causando intoxicaciones en bovinos y ovinos. Estas micotoxinas son diplodiatoxina, dipmatol, chaetoglobosinas y diplonina. Los síntomas de esta micotoxicosis son trastornos neuromusculares, ataxia, parálisis y muerte. En Argentina se ha diagnosticado esta micotoxicosis en vacas, vaquillonas y toros; también hay estudios que reportan que la diplodiatoxina causa abortos en bovinos y ovinos, y pesos inferiores en animales al nacer (Miranda et al., 2016; Poo et al., 2022).

El género de hongos *Bipolaris* se hace presente como patógeno de gramíneas silvestres y cultivadas produciendo manchas foliares, marchitamiento de hojas y plántulas, pudriciones de raíces, semillas y granos (Mena Portales, 2004). El maíz no es la excepción ya que se ve afectado por *Bipolaris turcica* (sinónimo *Exserohilum turcicum*), quien causa el tizón foliar. *Bipolaris* spp. y *Curvularia* spp. presentan morfologías similares por lo que se utiliza biología molecular para su identificación, tanto entre los géneros como así

también entre las especies dentro de cada género. El género *Bipolaris* contiene más de 50 especies, algunas de las cuales pueden producir la micotoxina esterigmatocistina, que es un precursor de la aflatoxina B1. La aflatoxina B1 es la principal toxina producida por el género *Aspergillus*, que a su vez es el principal género de hongos con mayor cantidad de especies con potencial micotoxigénico. Si bien la esterigmatocistina es menos tóxica que la aflatoxina B1, se produce en cantidades muy superiores a esta última y tiene asimismo efectos carcinogénicos, producción de toxicidad hepática, diarrea sanguinolenta y muerte (Giusiano y Piontelli, 2016; Awuchi et al., 2021; Holzapfel et al., 1996). El género *Curvularia* tiene un gran número de especies patógenas facultativas de plantas y suelo, puede causar diferentes daños en hojas, tallos, flores y semillas, que van desde manchas pequeñas hasta lesiones de mayor tamaño. Muchos de los cultivos de importancia económica son afectados por *Curvularia* spp., principalmente el arroz, donde causan el manchado del grano, y el maíz, donde causan otro tipo de mancha foliar (Estrada y Sandoval, 2004). A su vez también hay especies de *Curvularia* que producen micotoxinas que ocasionan efectos deletéreos en bovinos, como la zearalenona, que fue mencionada anteriormente (García Aguirre y Martínez Flores, 1991).

Los hongos de campo y de almacenamiento registrados constituyen cinco géneros de gran importancia en cuanto a producción de micotoxinas, debido no sólo a la cantidad de especies que presentan, sino también a los efectos adversos que ocasionan sus toxinas. *Alternaria* spp. presenta más de 250 especies, siendo muchas de ellas patógenos de cultivos como maíz, trigo y sorgo; asimismo se comporta como hongo de almacenamiento ya que puede causar daños en el almacenamiento de semillas y granos. Esto es importante debido a que el género además de producir enfermedades en los cultivos, se caracteriza por producir micotoxinas, donde las más importantes son alternariol y altertoxina, que produciendo efectos mutagénicos, carcinogénicos y citotóxicos en animales. Diversas especies de este género también producen tricotecenos, micotoxinas que fueron mencionadas anteriormente (Pérez Reyes et al., 2020; Perusia y Rodríguez, 2001).

También se identificó el género de hongos *Nigrospora* que pueden afectar tallos y semillas de monocotiledóneas, especialmente de maíz y trigo, causando manchas en tallos y afectando la germinación de semillas (Avelar Mejía, 2011). En cuanto a *Trichothecium*, este es un género de hongos que tiene especies que actúan como patógenos débiles,

generando enfermedades en el cultivo de maíz en lesiones previamente ocasionadas por otros fitopatógenos (©Ephytia, 2021). Estos dos géneros de hongos al igual que *Fusarium*, tienen la capacidad de producir tricotecenos (Perusia y Rodríguez, 2001).

Con respecto al género *Aspergillus*, éste presenta más de 330 especies, donde más de 40 de ellas han sido reportadas como micotoxigénicas (Giusiano y Piontelli, 2016). Algunas de las especies de *Aspergillus* tienen la capacidad de afectar al maíz tanto en condiciones de campo como de almacenamiento, produciendo la inhibición de la germinación de semillas y pudrición de granos (Martínez Padrón et al., 2013). Dentro de las micotoxinas factibles de ser producidas por *Aspergillus*, se encuentran las aflatoxinas, ocratoxinas, patulina y esterigmatocistina. Las aflatoxinas ocasionan efectos cancerígenos donde el principal órgano afectado es el hígado; como así también efectos mutagénicos e inmunosupresores. Entre las ocratoxinas, la ocratoxina A es la forma más tóxica y los animales más sensibles son rumiantes, cerdos y aves, en los que afecta a los riñones, reduce el consumo de alimento y el rendimiento. Cabe destacar que el consumo continuo de granos contaminados con esta micotoxina se acumula tanto en la sangre como en la leche de los animales expuestos a ellas. Se ha detectado también patulina, que tiene efectos neurotóxicos e inmunosupresores, como así también esterigmatocistina, mencionada anteriormente (Pérez Reyes et al., 2020; Micotoxine site, s.f.; Santillán Mendoza et al., 2017).

El género *Penicillium* es otro de los géneros más abundantes, se conocen más de 350 especies y para la correcta identificación entre ellas se utilizan métodos moleculares (Giusiano y Piontelli, 2016). Este género es considerado de comportamiento intermedio, es decir como un hongo de campo y de almacenamiento, debido a que afecta al cultivo, provocando la pudrición de las espigas de maíz, y en condiciones de almacenamiento provocando podredumbre de granos y semillas (Perusia y Rodríguez, 2001). Algunas especies de este género son capaces de producir varias micotoxinas con efectos negativos en los bovinos, como la ocratoxina A y patulina, descritas anteriormente; y toxinas termogénicas como penitrem A y roquefortines, con efectos específicos sobre el sistema nervioso central donde los signos de intoxicación incluyen disminución de la actividad, inmovilidad, seguido de hiperexcitabilidad, temblores musculares, ataxia y convulsiones (Delgado Castro et al., 2017).

Dentro de aquellos hongos que afectan los granos de maíz exclusivamente durante el tiempo en que éstos son almacenados, se identificó al género *Rhizopus*, donde varias de sus especies son causales de podredumbres de diversos materiales vegetales y particularmente de granos almacenados. Desde el punto de vista micotoxigénico no tienen importancia (Morales Valle, 2011; Pérez Reyes et al., 2020).

Entre los géneros de hongos identificados se registraron dos géneros donde algunas especies tienen potencial biocontrolador de hongos patógenos, mientras que otras tienen potencial micotoxigénico. Uno de estos géneros es *Chaetomium* que posee alrededor de 160 especies, donde nuevamente es requerida la utilización de métodos moleculares para poder identificar unas especies de otras, ya que estas son muy similares lo que dificulta su diferenciación morfológica y/o morfométrica (Guisiano y Piontelli, 2016). Respecto a las especies con potencial como biocontrolador de patógenos, se informó el caso de agentes biocontroladores de la mancha en red y la mancha borrosa, producidas por *Drechslera* spp. y *Bipolaris* spp. en el cultivo de cebada; mientras que otras especies de éste género son capaces de producir micotoxinas como chaetoglobosinas y esterigmatocistina, mencionadas anteriormente (Giusiano y Piontelli, 2016; Moya et al., 2016).

También se identificó a *Trichoderma* spp. que es un género de hongos saprófitos con capacidad de ser antagonistas de otros hongos patógenos, produciendo micoparasitismo, antibiosis, competencia por nutrientes y espacio, promoción del crecimiento vegetal y/o inducción de respuestas de defensa vegetal por la activación de diferentes mecanismos (Hernández Melchor et al., 2019). Este mismo género también incluye especies que producen micotoxinas como los tricotecenos, que fueron descritos anteriormente (Perusia y Rodríguez, 2001).

En cuanto a la presencia de los hongos según los híbridos de maíz analizados, se observó que 5 de ellos presentaron mayor frecuencia de géneros de hongos con potencial micotoxigénico: el BRV510-CH presentó mayor incidencia de *Stenocarpella* spp. y *Penicillium* spp., en P2089 se registró la mayor cantidad de *Aspergillus* con respecto a los demás híbridos; en el caso de NordA presentó el mayor registro de *Fusarium*, *Curvularia*, *Bipolaris* y *Trichothecium*, mientras bien en *Fusarium* spp., no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos. En lo que respecta a este último híbrido, llama la atención la susceptibilidad que registró al observarse la mayor cantidad de

registros de 4 géneros de hongos micotoxigénicos, por lo que sería importante hacer un seguimiento del híbrido para constatar si existe una mayor susceptibilidad, debido a que solo difirieron en un día en su fecha de siembra con los híbridos de Nidera, pero compartieron iguales prácticas de manejo e historial de lote dado que fueron desarrollados en lotes muy cercanos de un mismo productor. Cabe aclarar que en los híbridos de Nidera, se presentaron principalmente patógenos débiles con potencial micotoxigénico, pero en ambos casos además se registró la mayor presencia de géneros con especies biocontroladoras (benéficas) y/o micotoxigénicas, por lo que en estos últimos casos sería importante la identificación molecular de las especies involucradas. Es así que en el híbrido N7818 se registró la mayor frecuencia de *Alternaria* y *Chaetomium*, mientras que en el N7822 se registró mayor frecuencia de *Nigrospora* y *Trichoderma*, respectivamente.

Al considerar los resultados de procedencia se observó que en la provincia del Chaco hubo mayor incidencia de *Stenocarpella* spp. y *Penicillium* spp. con diferencias estadísticamente significativas con respecto a la provincia de Santiago del Estero. En esta última se presentó mayor frecuencia de aparición de *Curvularia* spp. y *Rhizopus* spp. con diferencias estadísticamente significativas con Chaco, pero en estos géneros la importancia micotoxigénica es escasa. En el resto de los géneros registrados no fue posible analizar el comportamiento de las medias ya que el modelo obtenido del análisis de varianza superó el nivel de significancia permitido.

Conclusiones

El método del análisis sanitario en agar es un método sencillo y de bajo costo con el que se logró la identificación de 12 géneros de hongos asociados a granos de maíz, de los cuales 11 presentan potencial micotoxigénico.

Se logró determinar la incidencia de los géneros identificados en cada híbrido y en el caso del análisis por procedencia se observó que dos de los géneros más importantes desde el punto de vista micotoxigénico (*Stenocarpella* y *Penicillium*) se registraron con mayor frecuencia en los cultivos de maíz desarrollados en la provincia del Chaco.

Sería muy interesante continuar los estudios correspondientes para la determinación de las especies involucradas, particularmente en aquellos géneros de hongos patógenos con elevado potencial micotoxigénico, como así también en el caso de

los géneros que presentan tanto especies micotoxigénicas como potenciales biocontroladores de fitopatógenos.

Bibliografía

Avelar Mejía, JdeJ., Galindo Oliva, M., Lara Herrera, A., Llamas Llamas, J., Luna Flores, J., Salas Luevano, M. A., Cabral Enciso, M. (2011). Hongos asociados con la enfermedad "miada de perro" en el cultivo de chile. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 2(1), 155-160.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000100012&lng=es&tlng=es.

Awuchi, C. G., Ondari, E. N., Ogbonna C. U., Upadhyay, A. K., Baran, K., Okpala, C. O. R., Korzenioowska, M., and Guiné R. P. F. (2021): Mycotoxins Affecting Animals, Foods, Humans, and Plants: Types, Occurrence, Toxicities, Action Mechanisms, Prevention, and Detoxification Strategies.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34205122/>

©Agrinews, 2023

(<https://issuu.com/grupoagrinews/docs/ficha-rumiantes?e=26014920/68268907>).

Bodega, J. L. (2010). Diplodiosis, enfermedad causada por micotoxinas en maíz. Hongos en los rastrojos de maíz, problemas en las vacas. Producir XXI, Bs.As. 18 (225), 2434

Carrillo, L. (2003). Los hongos de los alimentos y forrajes. Universidad Nacional de Salta. 130 p. ISBN 987-9381-19-X

Corio da Luz, W. (2011). Micología Avanzada. Taxonomía de Fungos Anamórficos- I Hifomicetos. Rev. Anual de Patología de Plantas. Passo Fundo, Brasil. 400 p.

De Rossi, R. L., Giménez Pecci, M. P., Guerra, F. A., Plaza, M. C., Brücher, E., Guerra, G. D., Torrico, A. K., Camiletti, B. X., Maurino, M. F., Barontini, J., Ferrer, M., Lucini, E., Laguna, I. G. (2017). Capítulo 9: Enfermedades del maíz de siembra tardía causadas por hongos. En: El mismo maíz, un nuevo desafío: Compendio primer congreso maíz tardío. Borrás, L. y Uhart, S. (Eds). 1a edición compendiada. San Isidro: Dow Agrosiences. Argentina. 250 p.

Delgado Castro, A., Sandoval, R., Choez Aguilera, K., Rodríguez, I.K., García Barjoveanu, C. y López Torres, B. (2017). “Micotoxicosis por toxinas termogénicas: un problema que puede presentarse en su establo”. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Micotoxicosis/93-toxinas_tremorgenicas.pdf

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2018). InfoStat. (C. d. Córdoba, Ed.) Córdoba, Argentina. Obtenido de <http://www.infostat.com.ar>

Espíndola Figueroa, S. (2006). Micotoxinas y micotoxicosis en el ganado bovino lechero. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, V (1), 89-94.

© Ephytia (2021).

<http://ephytia.inra.fr/es/C/6102/VID-Trichothecium-roseum>

Estrada, G. y Sandoval, I. (2004). Patogenicidad de especies de *Curvularia* en arroz. Fitosanidad, 8(4),23-26.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209117865004>

French, E. R. y Hebert, T. T. (1980). Métodos de Investigación Fitopatológica. https://books.google.com.ec/books?id=nR8PAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

García Aguirre, G. y Flores, R. M. (1991). Análisis micológico de granos de sorgo dulce. Scientia Fungorum, (7), 129-137.

<https://www.scientiafungorum.org.mx/index.php/micologia/article/download/779/962>

Giusiano, G. y Piontelli, E. (2016). Hongos oportunistas levaduriformes y filamentosos comunes en clínica: Manual de laboratorio.

Hernández Melchor, D. J., Ferrera Cerrato, R. y Alarcón, A. (2019). Trichoderma: Chilean journal of agricultural & animal sciences, 35(1), 98-112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>

Holzapel, C. W., Purchase, I. F., Steyn, P. S. y Gouws, L. (1966): The toxicity and chemical assay of sterigmatocystin, a carcinogenic mycotoxin, and its isolation from two new sources. Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria.

López Cardona, N., González, L. A. (2022). La pudrición de la mazorca del maíz (*Stenocarpella maydis* [Berk.] Sutton syn. *Diplodia maydis*): una enfermedad emergente

en los Llanos Orientales de Colombia. Agrosavia. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/361316994_La_pudricion_de_la_mazorca_del_maiz_Stenocarpella_maydis_Berk_Sutton_syn_Diplodia_maydis_Una_enfermedad_emergente_en_los_Llanos_Orientales_de_Colombia

Martínez Padrón, H. Y., Hernández Delgado, S., Reyes Méndez, C. A, y Vázquez Carrillo, G. (2013). El género *Aspergillus* y sus Micotoxinas en maíz en México: Problemática y Perspectivas. *Revista mexicana de fitopatología*, 31(2), 126-146. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200005&lng=es&tlng=es.

Mena Portales, J. (2004). Taxonomía del complejo *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera* y *Exserohilum* en Cuba. https://www.researchgate.net/publication/282328689_Taxonomia_del_complejo_Bipolaris_Curvularia_Drechslera_y_Exserohilum_en_Cuba

Micotoxine site (2023). Métodos de análisis para identificación de micotoxinas. <https://mycotoxinsite.com/metodos-de-analisis-para-identificar-micotoxinas/>

Micotoxine site (2023). ¿Qué son y qué tipos de Micotoxinas existen? <https://mycotoxinsite.com/micotoxinas-cuales-son-y-que-tipo-de-micotoxinas-existe/>

Ministerio de Economía. (2022). Estimaciones de cultivos. Disponible en: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/tableros/tablero-cultivos.php?accion=imp>

Miranda, A., Figueruelo, A., Comercio, R., Corró Molas, A., Ghironi, E., Bermejo, V. (2016). Presencia de *Stenocarpella maydis* (= *Diplodia maydis*) en planta de maíz en la provincia de la Pampa: Alerta ante posibles micotoxicosis en bovinos. EEA Anguil, INTA.

Morales Valle, H. (2011). Mohos productores de micotoxinas. Madrid Vicente Ediciones. ISBN: 978-8496709-70-6, 19-44
<https://core.ac.uk/download/pdf/185627955.pdf>

Moya, P., Pedemonte, D., Amengual, S., Franco, M. E. y Sisterna, M. N. (2016). «Potenciales Biocontroladores De Enfermedades Fúngicas Foliares De La Cebada». *Boletín De La Sociedad Argentina De Botánica* 51 (4):569-78.)

Odriozola, E., Odeón, A., Cantón, G., Clemente, G., Escande, A. (2005). Diploidia maydis: a cause of death of cattle in Argentina. *New Zealand Veterinary Journal* 53 (2), 160-161.

Pérez Reyes, M. C. J., Sánchez Hernández, G., Espinosa Rodríguez, J., Garza Rivera, J. L., Martínez Flores, R., y Fernández Gutiérrez, J. M. (2020). Mohos toxígenos de importancia agroalimentaria.

https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2020/verpdf/Extenso19_paper2020.pdf

Pérez Reyes M. C. J., Sánchez Hernández G., Martínez Flores R., Garza Rivera J. L., Espinosa Rodríguez J. (2020). “Mohos productores de micotoxinas”, es un sitio elaborado por los integrantes del proyecto PE206620, perteneciente a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - UNAM.

https://masam.cuautitlan.unam.mx/mohos_toxigenos_unigras/index.html

Perusia, O. R. y Rodríguez A. R. (2001). Micotoxosis. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12(2), 87-116. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172001000200013&lng=es&tlng=es.

Pitt, J. I., Hocking, A. D. (2009). Primary Keys and Miscellaneous Fungi. *Fungi and Food Spoilage*, 53–143. Doi: 10.1007/978-0-387-92207-2_5

Poo, J. I., Castellari C. C., Gerpe, M. (2022). “Nuevas micotoxinas en el maíz. ¿Tienen efecto en la salud animal y humana? Importancia del género *Stenocarpella*”

https://www.engormix.com/micotoxinas/control-micotoxinas-ganado/nuevas-micotoxinas-maiz-tienen_a49280/

Presello, D., Fernández, M., Oviedo, S. (2015). Micotoxinas en granos, un riesgo silencioso para la salud. Ediciones INTA.

Richard, J. L. (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicose - An overview. *International Journal of Food Microbiology*. 119(1-2), 3-10.

Santillán Mendoza, R., Rodríguez Alvarado, G., Fernández Pavía, S. P., Vázquez Marrufo, G., Montero Castro, J. C. y Benítez Malvido, J. (2017). Micotoxinas: ¿Qué son y cómo afectan a la salud pública? , *Revista Digital Universitaria (RDU)*, vol 18, núm. 6 julio-agosto. <http://revista.unam.mx/>.

Scandiani, M. M., Luque, A. G. (2009). Manual: Identificación de Patógenos en Semilla de Soja. Suplemento Especial N° 2. Análisis de Semillas. 148 pp. ISSN 1852-5024.

Summerell, B. A., Salleh, B., Leslie, F. (2003). A Utilitarian Approach to Fusarium Identification. *Plant Disease* 87(2):117-128.

Warham, E. J., Butler, L. D., Sutton, R. C. (1997). Ensayos para la semilla de maíz y de trigo: manual de laboratorio. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México.

Watanabe, T. 2000. Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species. 2nd ed. CRC Press LLC. 506 p.