

CALIDAD SANITARIA DE GRANOS DE MAÍZ, FRIJOL Y GARBANZO

Brenda Ramírez-Tapia¹, Gabriela Sánchez-Hernández², Sergio Jiménez-Ambríz² y
María Cristina Julia Pérez-Reyes^{2*}

¹Licenciatura de Ingeniería en Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

UNAM., ²Unidad de Investigación en Granos y Semillas. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

*crisp28@yahoo.com.mx

Resumen

El maíz, frijol y garbanzo constituyen una fuente importante de nutrimentos para la alimentación mexicana, ricos en carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales; empleados como materia prima en la industria agroalimentaria. Durante su desarrollo en campo, almacenamiento y procesamiento, pueden ser contaminados con hongos y bacterias, causantes de deterioro. El objetivo de este trabajo fue analizar la microbiota presente en granos de maíz, frijol y garbanzo por el método de placa agar y determinación de aflatoxinas totales por columnas de anticuerpos monoclonales. El maíz se adquirió a granel, del frijol se obtuvieron dos muestras envasadas (marca 1 y marca 2) y del garbanzo una, procedentes de Ecatepec, Estado de México. Se sembraron 100 granos de cada muestra en placas de papa dextrosa agar (PDA) y malta sal agar (MSA). Para el análisis de aflatoxinas totales se siguió el método de inmunoafinidad con columnas de anticuerpos monoclonales (Aflatest®). Los resultados de la microbiota del maíz en PDA mostraron una alta incidencia de *Fusarium* spp. (21 UFC) y en MSA *Eurotium* spp. y *Fusarium* spp. (12.3 UFC para ambos géneros); en la marca 1 de frijol en PDA la incidencia mayor fue en *Alternaria* spp. (7 UFC) y para *Fusarium* (6 UFC), en MSA *Alternaria* spp. (15.7 UFC). Para la marca 2 se identificaron *Alternaria* spp. en PDA (7.7 UFC) y una alta incidencia de *Eurotium* spp. en MSA (18.7 UFC); en ambas muestras se aislaron, *Aspergillus flavus*, otros hongos de almacén y de deterioro avanzado con menor presencia. El grano de garbanzo mostró una alta incidencia de bacterias mesófilas en PDA (32 UFC) y MSA (48.3 UFC). En el análisis de las aflatoxinas totales se determinaron trazas de éstas. Las condiciones que prevalecen durante las buenas prácticas agrícolas

y manufactura son fundamentales para conservar la calidad y asegurar la inocuidad en la cadena agroalimentaria.

Palabras clave:

Cereales, leguminosas, micotoxinas, hongos, bacterias.

Introducción

El cultivo del maíz en México es un pilar económico importante, además, de un legado cultural, alimenticio y agrícola, para las comunidades y su producción a lo largo de la historia mexicana. Se caracteriza por ser uno de los cultivos de temporal y riego que tiene presencia en toda la república. A nivel mundial México, ocupó el séptimo lugar como productor de maíz, con más de 26.5 millones de toneladas en el 2022. Se han descrito 64 razas, 59 de ellas nativas, siendo centro de origen y con la mayor diversidad genética del grano. Su participación en la producción nacional de granos es del 88.2%, siendo Sinaloa el principal productor de maíz en México con más de 5 millones de toneladas anuales (SADER, 2024). El maíz es un cereal del que se obtienen diversos productos para la industria agroalimentaria como el jarabe, utilizado como endulzante, aceite comestible, harina nixtamalizada empleada para elaboración de tortillas, tostadas y tamales, entre otros, harina de fécula de maíz, para hacer atoles, dulces y sopas (SEMARNAT, 2023; SIAP, 2024;). Además, se usa en la industria cosmética, farmacéutica y la producción de bioetanol. El grano de maíz es una fuente importante de carbohidratos (65%), fibra dietética (9.8%), proteínas (8.8%), lípidos (3.8%) y minerales (1.3%) (Urango, 2018). El frijol común es una leguminosa originaria de América, su cultivo en Mesoamérica data desde hace ocho mil años y se integró a la alimentación básica de las culturas indígenas. Es un cultivo tradicional en México y se le encuentra en todas las regiones agrícolas del país, incluye diversas clases que han sido agrupadas de acuerdo con su color en negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. Forma parte importante de la gastronomía mexicana. Los frijoles son una fuente importante de carbohidratos complejos, vitaminas del complejo B, antioxidantes y minerales (SADER,

2022b). Las propiedades nutricionales del frijol están relacionadas con su alto contenido en proteína (14-33%), carbohidratos (52-76%), fibra (14-19%), lípidos (1.5-6.2%), vitaminas y minerales (Ulloa *et al.*, 2017). En año 2021 la producción nacional fue de 1 millón 200 mil toneladas, Zacatecas produce el 35% con más de 451 mil toneladas; México ocupó el noveno lugar en exportación a nivel mundial (SADER, 2022a). El garbanzo es una leguminosa originaria de Turquía y de ahí se extendió a otras regiones como Asia, Europa América Central y del Sur. En México se empezó a consumir tras la llegada de los españoles. Actualmente, la mayor parte se cultiva en la India, con aproximadamente más de 11 millones de toneladas anuales. A nivel mundial México, ocupa el octavo lugar con más de 171 mil toneladas en 2021, siendo los principales estados productores son Sinaloa, Sonora y Michoacán (SADER, 2023). El garbanzo es una fuente importante de proteínas (20.4%), carbohidratos (55%), lípidos (5%), fibra dietética total (15%) y otros minerales (Vargas y Cárdenas, 2021). Los granos durante su formación en campo, transporte y almacenamiento pueden estar expuestos a diversos microorganismos como hongos y bacterias, los cuales producen diferentes efectos: deterioro, pérdida de germinación y vigor en las semillas y plántulas, cambios bioquímicos, manchado, hedor, calentamiento, además, de la producción de micotoxinas en los granos, materias primas y productos procesados, las cuales pueden producir efectos nocivos a la salud humana y animal (Sanchis, 2021).

Objetivo

Analizar la microbiota presente en granos de maíz, frijol y garbanzo por el método de placa agar y determinación de aflatoxinas totales por columnas de anticuerpos monoclonales.

Materiales y métodos

Determinación de la microbiota en granos enteros

Las muestras de granos (maíz, frijol y garbanzo) se homogenizaron, tomando una submuestra de 300 granos para determinar la microbiota por el método directo de placa

agar en dos medios de cultivo: Papa Dextrosa Agar (PDA) y Malta Sal Agar (MSA), se realizaron 3 repeticiones de 100 granos para cada uno. Los granos se desinfectaron superficialmente con una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 3/1 v/v por un minuto. El exceso de NaOCl se eliminó con agua destilada estéril. La siembra de los granos se realizó bajo condiciones estériles en una campana de flujo laminar marca ESCO®. Se sembraron 100 granos repartidos en cuatro cajas de Petri para cada medio de cultivo. Las placas de agar fueron incubadas a 25 °C durante siete días. Posteriormente se cuantificaron e identificaron el número de colonias presentes. La identificación se realizó morfológicamente empleando claves especializadas para nivel de género (Warham *et al.*, 1996; Mathur y Kongsdal 2003;), para las especies de *Aspergillus* aisladas se siguieron las claves de Klich (2002).

Análisis de datos

La densidad relativa de aislamientos de las colonias de hongos se calculó de acuerdo con González *et al.*, (1997). Los resultados de la prueba de calidad sanitaria en PDA y MSA se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y a una comparación de medias de LSD ($p \leq 0.05$), utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) para Windows v 9.0.

Análisis de aflatoxinas

La determinación de aflatoxinas totales se realizó por el método de columnas de anticuerpos monoclonales de inmunofinidad Afla-test® marca Vicam® aprobado por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC) y el Servicio Federal de Inspección de Granos de Estados Unidos (FGIS). Para cada una de las muestras de granos se realizaron tres repeticiones.

Resultados

En los resultados de la microbiota de maíz se observó que en el medio de cultivo PDA el género *Fusarium* fue el que presentó un mayor número de aislados (21 UFC) con una densidad relativa del 83% (Tabla 1); en MSA *Eurotium* y *Fusarium* en ambos géneros se

aislaron 12.3 UFC, correspondiendo a una densidad relativa del 49.4 % (Tabla 2) y con una menor densidad relativa *Alternaria* de 1.2%. En la marca de frijol I en PDA la mayor incidencia fue *Alternaria* (7 UFC) con 41.2 % de densidad relativa, seguido de *Fusarium* (6 UFC) con una densidad relativa de 35.3 % y con menor presencia de otros hongos como *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Rhizopus*, además, de bacterias mesófilas (Tabla 1); en el medio de cultivo de MSA también se aisló *Alternaria* (15.7 UFC) mostrando una densidad relativa mayor que en PDA del 53.4%, seguido por *Eurotium*, *Cladosporium*, *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Aspergillus ochraceus* y *Rhizopus* (Tabla 2).

Tabla 1. Determinación de la microbiota y densidad relativa en granos de maíz, frijol y garbanzo en papa dextrosa agar (PDA).

Hongos	Género/ especie	Maíz		Frijol I		Frijol II		Garbanzo	
		UFC	ρ (%)*	UFC	ρ (%)	UFC	ρ (%)	UFC	ρ (%)
Campo	<i>Alternaria</i>	0.0	0.0	7.0	41.2	7.7	72.0	0	0.0
	<i>Cladosporium</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0
	<i>Fusarium</i>	21.0	83.0	6.0	35.3	0	0.0	0	0.0
	<i>Papulaspora</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0
Almacén	<i>A. flavus</i>	0.0	0.0	1.0	5.9	2.7	25.2	0.3	0.9
	<i>A. ochraceus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0
	<i>Eurotium</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0
	<i>Penicillium</i>	4.3	17.0	0.0	0.0	0.3	2.8	0	0.0
Deterioro	<i>A. niger</i>	0.0	0.0	1.0	5.9	0	0.0	0.3	0.9
	<i>Chaetomium</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0
	<i>Rhizopus</i>	0.0	0.0	1.0	5.9	0	0.0	0	0.0
Bacterias		0.0	0.0	1.0	5.9	0	0.0	32	98.2
	Total	25.3		17		10.7		32.6	

ρ^* = densidad relativa

Para la marca de frijol II del género *Alternaria* en PDA se obtuvieron 7.7 UFC, con una densidad relativa de 72 %, seguida de *A. flavus* y *Penicillium* (Tabla 1); en MSA hubo una alta incidencia de *Eurotium* (18.7 UFC) presentando una densidad relativa de 83.5%, seguido por *Alternaria*, *A. flavus*, *Penicillium* y *A. niger* (Tabla 2). En el grano de garbanzo se observó una alta presencia de bacterias mesófilas en PDA (32 UFC) con densidad

relativa de 98.2 % (Tabla 1), estos mismos resultados fueron en MSA (48.3 UFC) con una densidad relativa ligeramente mayor de 99.4 % y con baja presencia *Chaetomium* (Tabla 2).

Tabla 2. Determinación de la microbiota y densidad relativa en granos de maíz, frijol y garbanzo en malta sal agar (MSA).

Hongos	Género/especie	Maíz		Frijol I		Frijol II		Garbanzo	
		UFC	ρ (%)*	UFC	ρ (%)	UFC	ρ (%)	UFC	ρ (%)
Campo	<i>Alternaria</i>	0.3	1.2	15.7	53.4	2	8.9	0	0.0
	<i>Cladosporium</i>	0	0.0	1.7	5.8	0	0.0	0	0.0
	<i>Fusarium</i>	12.3	49.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	<i>Papulaspora</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Almacén	<i>A. flavus</i>	0	0.0	1	3.4	0.7	3.1	0	0.0
	<i>A. ochraceus</i>	0	0.0	1	3.4	0	0.0	0	0.0
	<i>Eurotium</i>	12.3	49.4	4	13.6	18.7	83.5	0	0.0
	<i>Penicillium</i>	0	0.0	0.7	2.4	0.7	3.1	0	0.0
Deterioro	<i>A. niger</i>	0	0.0	2	6.8	0.3	1.3	0	0.0
	<i>Chaetomium</i>	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0.3	0.6
	<i>Rhizopus</i>	0	0.0	0.3	1.0	0	0.0	0	0.0
Bacterias		0	0.0	3	10.2	0	0.0	48.3	99.4
	Total	24.9		29.4		22.4		48.6	

ρ^* = densidad relativa

El análisis de la microbiota total de hongos y bacterias en granos de maíz, frijol y garbanzo se encontró que para los hongos de campo no se observaron diferencia significativa entre el maíz y frijol I, los cuales presentaron 34 y 31 UFC respectivamente, seguidos por el frijol II con 14 UFC (Cuadro 3). Para el caso de los hongos de almacén el frijol II fue el que tuvo una mayor incidencia (23 UFC), seguido del maíz (17 UFC) en comparación con los otros granos. Con respecto a los hongos de deterioro avanzado su presencia fue baja para todos los granos analizados, siendo la muestra de frijol I el que tuvo mayor número de colonias aisladas (4 UFC). El grano de garbanzo mostró una alta incidencia de bacterias mesófilas (80 UFC) en comparación con los otros granos analizados.

Tabla 3. Microbiota de maíz, frijol y garbanzo (UFC).

Grano	Hongos campo	Hongos almacén	Hongos deterioro	Bacterias
Maíz	34 a*	17 ab	0 b	0 b
Garbanzo	0 c	0.3 b	1 b	80 a
Frijol I	31 a	8 ab	4 a	4 b
Frijol II	14 b	23 a	0.3 b	0b

*Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (LSD, $p < 0.05$).

En el análisis de las aflatoxinas totales en tres de los granos se determinaron trazas, para el maíz fueron $0.7 \mu\text{g kg}^{-1}$ en el garbanzo $0.1 \mu\text{g kg}^{-1}$ y en frijol II $0.4 \mu\text{g kg}^{-1}$, estando por debajo de los límites máximos permitidos de $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-188-SSA1-2002.

Discusión

Los hongos aislados e identificados en el grano de maíz corresponden a hongos de campo como *Fusarium*, *Alternaria* y de almacén principalmente especies de los géneros *Eurotium* (estado teleomorfo de *Aspergillus*) y *Penicillium*. Susca *et al.*, (2020) encontraron que *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium* son los géneros más frecuentes en maíz y algunas especies representan riesgo para la salud humana y animal por ser productoras de diversas micotoxinas como: fumonisinas, tricotecenos, zearalenona, aflatoxinas y ocratoxina A. La presencia de *Eurotium* y *Penicillium* nos indica que este grano no es de reciente cosecha. En el grano de frijol I se determinó a *Fusarium*, el cual se ha identificado en la producción de diversas enfermedades de importancia económica, afectando la calidad e inocuidad del grano ya que algunas especies son productoras de micotoxinas. En un trabajo realizado por Castillo *et al.*, (2004) reportaron especies del género *Fusarium* y sus micotoxinas asociadas en granos de frijol negro y de *Alternaria alternata* también productora de diversas micotoxinas, como el ácido tenuazónico (Logrieco *et al.*, 2003). En el frijol II, *Eurotium* fue el género con una mayor densidad relativa, el cual es un hongo de almacén que se desarrolla en contenidos de humedad de 14.0-15.0%, mostrando que este grano no es de recién cosecha. Las especies de este género provocan ennegrecimiento del embrión, pérdida de germinación y olores

desagradables (Moreno, 1988). El garbanzo presentó una alta densidad relativa de bacterias mesófilas y un aislado del género *Chaetomium*, microorganismos que requieren una alta actividad de agua para su desarrollo de 0.95-1.0, lo cual demuestra que se trata de un grano, en estado avanzado de deterioro.

Conclusión

El análisis de la microbiota en los granos, mostraron que algunos hongos identificados como *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* y especies de *Aspergillus* pueden causar deterioro y la producción potencial de otras micotoxinas que no fueron determinadas en este trabajo, por lo que se considera importante analizarlas. Las condiciones que prevalecen durante las buenas prácticas agrícolas y de manufactura son fundamentales para conservar la calidad y asegurar la inocuidad de estos granos en la cadena agroalimentaria.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de UNAM-DGAPA-PAPIME con el Proyecto PE-202323.

Referencias

- Castillo, M. D. González, H.H.L., Martínez, E.J., Pacin, A.M., Resnik, S. L. (2004). Mycoflora and potential for mycotoxin production of freshly harvested black bean from the Argentinean main production area. *Mycopathologia*, 158(1): 107-112.
- Klich, A.M. 2002. *Identification of Common Aspergillus Species*. American Society for Microbiology. Centraalbureau voor Schimmelcultures. The Netherlands. 116 p.
- Logrieco, A., Bottalico, A., Mule, G. Moretti, A. and Perrone, G. (2003). Epidemiology of toxigenic fungi and their associated micotoxins for some Mediterranean crops. *J. Plant Pathol.*, 109. 645-667.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente Y Recursos Naturales). (2023). *Día nacional del maíz 2023*. En: <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/dia-nacional-del-maiz-2023?idiom=es>

Mathur, S.B. & Kongsdal, O. (2003). *Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi*. International Seed Testing Association (ISTA). Kandrups Bogdrups Bogtrkkeri Publication, 415 p.

Moreno, M. (1988). *Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 109 p.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2022a). *Estima Agricultura crecimiento de 11.4% de la producción de frijol en 2021; mantiene tendencia al alza*. En: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/estima-agricultura-crecimiento-de-11-4-de-la-produccion-de-frijol-en-2021-mantiene-tendencia-al-alza#:~:text=La%20Secretar%C3%ADa%20de%20Agricultura%20y%20Desarrollo%20Rural%20inform%C3%B3%20que%20la,071%20toneladas%20cosechadas%20en%202020>

SADER (Agricultura y Desarrollo Rural). (2022b). *La importancia de la producción de frijol en México*. En: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-de-la-produccion-de-frijol-en-mexico#:~:text=En%202021%2C%20su%20cosecha%20en,producci%C3%B3n%20y%20Durango%20con%2010%25>.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2023). *¡Celebremos a las legumbres!* En: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/celebremos-a-las-legumbres?idiom=es#:~:text=Producci%C3%B3n%202021:%20+1%20mill%C3%B3n%20de,:%20Zacatecas%2C%20Sinaloa%20y%20Durango>.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2024). *Maíz, el corazón de la agricultura*. En: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/maiz-el-corazon-de-la-agricultura>

Sanchis, V. (2021). Cambio climático y micotoxinas ¿Sabemos lo suficiente? *ACTA/CL. Asociación de Científicos y Tecnólogos de Alimentos de Castilla y León*, 75, 10-15.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2024). Usos de maíz-SIAP. En: <http://infosiap.siap.gob.mx/siaprendes/contenidos/2/03-maiz/contexto-5.html>

Susca, A., Villani, A., Moretti, A. Stea, G., Logrieco, A. (2020). Identification of toxigenic fungal species associated with maize ear rot: Calmodulin as single informative gene. *International Journal of Food Microbiology*, 319:108491. 12.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108491>



Ulloa, J.A., Rosas, P., Ramírez, J.C., Ulloa, B.E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos.

En: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>

Urango, L.A. (2018). *Componentes del maíz en la nutrición humana*. Recuperado el 30 de agosto de 2024, de

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336208/20791740>

Vargas, B.D., Cárdenas, T.R.M. (2021). Chickpea cultivation, a possible solution to climate change. *Cultivos Tropicales*. 42(1): e09.

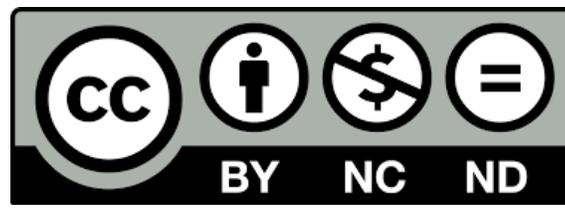
Warham, E.J., Butler, L.D., Sutton, R.C. 1996. *Ensayos para la Semilla de maíz y trigo. Manual de laboratorio*. CIMMYT. México.



D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Fecha de asignación de la licencia 2024-10-28, para un uso diferente consultar al responsable jurídico del repositorio por medio del correo electrónico unidadjuridicafesc@cuautitlan.unam.mx



ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

FORMA SUGERIDA DE CITAR:

Ramírez-Tapia, B., Sánchez-Hernández, G., Jiménez-Ambriz, S., y Pérez-Reyes, M. C. J. (2024). **CALIDAD SANITARIA DE GRANOS DE MAÍZ, FRIJOL Y GARBANZO**. MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC), Año 7, No. 7, septiembre 2024 - agosto 2025. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2024/Mem2024_Paper20.html