



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS

EVALUACIÓN DE LA MICROFLORA PRODUCTORA DE AFLATOXINAS Y  
OTRAS MICOTOXINAS EN ALIMENTOS ELABORADOS A BASE DE MAIZ

Génesis Ayrin José García Khan y María Alejandra Ramírez Caraballo

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOANÁLISIS

Cumaná, 2024

EVALUACIÓN DE LA MICROFLORA PRODUCTORA DE AFLATOXINAS Y  
OTRAS MICOTOXINAS EN ALIMENTOS ELABORADOS A BASE DE MAIZ

APROBADO POR:

Profesora Luz Salazar  
Asesora

  
Profesora Daxi Caraballo  
Coasesora  
Profesora Uslany Lozada  
Jurado Principal  
Profesora Josefa Díaz  
Jurado Principal

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	V
LISTA DE TABLAS .....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
METODOLOGÍA .....	6
Muestras.....	6
Procesamiento de las muestras .....	6
Aislamiento de los hongos filamentosos .....	7
Identificación de los hongos aislados .....	7
Análisis de datos .....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	9
CONCLUSIONES .....	23
RECOMENDACIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA .....	25
HOJAS DE METADATOS .....	29

## **DEDICATORIA**

A

Dios por cuidarme, bendecirme y guiarme durante este recorrido.

Mis padres, María Caraballo y Luis Ramírez por ser mi mayor inspiración y apoyo incondicional. Mis hermanos, especialmente a Andreina Ramírez por sus consejos y compañía.

Mi compañero de vida, por su cariño, apoyo y paciencia.

Mis ángeles que cuidan cada uno de mis pasos.

*María Alejandra Ramírez*

## DEDICATORIA

A

Dios, porque de él, por él y para él son todas las cosas.

Mamá, por tu amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por dar tu corazón y fomentar valores en mí. Todos mis logros te los debo a ti.

Hermana, por ser mi compañera día a día y motivarme a continuar. Todos mis logros se basan en el objetivo de ser el mejor ejemplo para ti.

Todas las personas que han influenciado en mi vida, dándome los mejores consejos, guía y siendo también red de apoyo que motiva: familia, en especial a mis abuelos y tíos.

A mi compañero de vida gracias mi amor, porque todas las veces que quise rendirme tu estuviste siempre allí, incondicional y amoroso, dispuesto a apoyarme en todo.

A mis estrellas en el cielo, espero que donde estén se sientan orgullosos de mí, abuelitos: Ronald, Lucia y Elia.

*Génesis García*

## **AGRADECIMIENTOS**

A

Nuestra asesora, Luz Salazar por hacerle justicia a su nombre y ser luz cuando veíamos pura oscuridad. A las Licenciadas, Katiana y Rosmerlys en conjunto con el personal del INIA Sucre por acogernos en sus instalaciones y poder llevar a cabo este proyecto de investigación.

Todos los profesores de la Licenciatura en Bioanálisis, por ser portadores de sus conocimientos y ser testigos de mi crecimiento personal y profesional. A la Universidad de Oriente, por ser mi segunda casa y permitirme lograr dar un paso más hacia el éxito.

Mis amigas, Génesis y Miliana, que a pesar de no iniciar esta larga travesía juntas. Dios nos juntó en el camino para aprender lo que es amistad, todo con el fin de apoyarnos unas a otras en nuestros momentos de mayor vulnerabilidad y lograr nuestro más grande sueño.

*María Alejandra Ramírez*

## AGRADECIMIENTOS

A

Nuestra asesora, profesora Luz Salazar por su tiempo, paciencia, comprensión y estar siempre dispuesta a apoyarnos.

Todo el personal del INIA Sucre, en especial a la Lic. Katiana Cedeño y Rosmerlys, por abrirnos sus puertas y ayudarnos en la realización de este trabajo de investigación.

Todos los profesores de la Licenciatura en Bioanálisis, quienes por muchos años me brindaron conocimientos y enseñanzas invaluable. A la Universidad de Oriente, institución que además de brindarme crecimiento profesional también me permitió crecer como persona.

Mis compañeras durante todos estos años de carrera universitaria: Miliana y María Alejandra. Gracias, porque más que compañeras se volvieron mis hermanas, cuando el camino se tornó oscuro, ustedes siempre fueron luz, apoyo y hermandad, lo mejor que pudo pasarme fue compartir este sendero de enseñanzas con sus compañías.

*Génesis García*

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Recuentos promedios de las Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/g) de las muestras analizadas.....	9
Tabla 2. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en harina de maíz precocida. .	10
Tabla 3. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en maíz entero amarillo. ....	14
Tabla 4. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en maíz picado amarillo. ....	17
Tabla 5. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en maíz de cotufa.....	18
Tabla 6. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en hojuelas de maíz. ....	19

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus flavus*. (A) cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa..... 11
- Figura 2. Características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus niger*. (A) Cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa..... 12
- Figura 3. Características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus penicillioides*. (A) Cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa..... 13
- Figura 4. Características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus clavatus*. (A) Cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa..... 14
- Figura 5. Características macroscópicas y microscópicas de *Neocosmospora solani*. (A) Cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa..... 15
- Figura 6. Características macroscópicas y microscópicas de *Eurotium* sp. (A) Cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa, (C) Cleistotecios. .... 16
- Figura 7. Características macroscópicas y microscópicas de *Penicillium citrinum*. (A) Cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa..... 17
- Figura 8. Características macroscópicas y microscópicas de *Mucor* sp. (A) Cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa. . 18

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la micoflora productora de aflatoxinas y otras micotoxinas en productos elaborados a base de maíz. Para ello, se analizaron 6 muestras de alimentos elaborados a base de maíz (harina de maíz precocida blanca y amarilla, maíz amarillo picado y entero, maíz de cotufa y hojuelas de maíz) adquiridos en el Mercado Municipal de la ciudad de Cumaná, estado Sucre. Se aplicó el método de diluciones seriadas y la siembra se llevó a cabo por el método de agotamiento de superficie en agar Sabouraud Dextrosa. Seguidamente, se determinaron las Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g) por el método de contaje en placas y se identificaron las especies fúngicas aisladas. Los resultados de los recuentos promedios de las UFC/g de los hongos filamentosos fue de  $4 \times 10^4$  UFC/g para harina de maíz,  $1,2 \times 10^4$  UFC/g para maíz entero amarillo,  $3 \times 10^4$  UFC/g para maíz picado amarillo,  $5 \times 10^4$  para maíz de cotufa y  $1,2 \times 10^4$  para hojuelas de maíz siendo estadísticamente significativas. Las UFC/g superaron el límite establecido por la norma COVENIN 2135:1996 para todas las muestras analizadas. Las especies aisladas e identificadas en las diferentes muestras evaluadas fueron *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus penicillioides*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium citrinum*, *Neocosmospora solani*, *Eurotium* sp. y *Mucor* sp., siendo *Aspergillus flavus* la especie más frecuente en las muestras estudiadas.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*) es un cereal empleado desde tiempos ancestrales en la dieta humana y comercializado a gran escala por sus componentes nutritivos, dinamización de la economía mundial y propiedades funcionales. Representa un alimento de origen prehispánico, considerado uno de los principales cereales en el ámbito mundial, por la importancia que tiene en la alimentación humana y animal. Además, es materia prima básica de la industria para su transformación en harina, aceite, proteína, almidón, hojuelas de maíz y bebidas alcohólicas (Urango, 2018).

La transformación del maíz incluye cinco pasos desde que se cultiva: las semillas de maíz que acaban formando las plantas, la recolección de las mazorcas para el secado y almacenamiento, la fabricación y finalmente el producto terminado. En todo este proceso es necesario una importante inversión en maquinaria para el tratamiento del cereal: procesamiento, transformación de productos y tratamientos posteriores que van a acabar ofreciendo como resultado final el maíz ya consumible. Esta transformación, ya sea para alimentos o para productos industriales, se realiza a través de dos procedimientos, la molienda en seco y la molienda húmeda (Orozco y Grande, 2013).

Los granos y semillas de maíz están expuestos a la acción de numerosos factores bióticos y abióticos, entre los cuales se encuentran las aves, roedores, insectos y microorganismos como mohos, levaduras y bacterias, la humedad, temperatura, daños mecánicos, deficiencia durante la cosecha, transporte y almacenamiento. La acción simultánea de estos factores sobre los granos, pueden condicionar un deterioro acelerado con la consecuente pérdida de su calidad (Mazzani *et al.*, 2004).

Los hongos constituyen un complejo y fascinante grupo de organismos, tan grande que se calculan más de 70.000 especies, pero se cree que hay más de un millón y medio, viven en los medios más variados y sólo alrededor de 100 son necesariamente patógenos para mamíferos, pero también hay patógenos de vegetales, insectos (entomógenos) o de

otros hongos (microparásitos), y unos pocos cientos son hongos oportunistas. Pueden ser una seria amenaza para los cultivos; entre los fitopatógenos, los parásitos fúngicos originan 70,0% de las enfermedades importantes; pueden destruir maderas, pieles, telas, obras de arte, lubricantes, cocinas, baños o alimentos que consume el ser humano o los animales (Arenas, 2008).

En este sentido, los alimentos pueden contaminarse cuando los hongos se desarrollan durante la cosecha, el almacenamiento o el procesamiento. Los cultivos que se contaminan frecuentemente son: maíz, cebada, trigo, arroz, maní, nueces y semillas de algodón (Bogantes *et al.*, 2004). Los hongos filamentosos colonizan y contaminan los granos, alimentos, y otras materias primas, causando un impacto negativo tanto en la salud del hombre como de los animales y constituyendo un problema de salud pública. Internacionalmente, los principales contaminantes de semillas y granos de maíz son especies de los géneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Mucor* (Mcgee, 1988).

La invasión del moho en el grano de maíz en el período precosecha puede producir una serie de compuestos o metabolitos secundarios, no esenciales para el crecimiento vegetativo, los cuales son tóxicos y son conocidos como micotoxinas (Mazzani *et al.*, 2004).

Las micotoxinas son metabolitos fúngicos secundarios, formados por una serie de reacciones consecutivas, catalizadas a partir de intermediarios bioquímicamente simples del metabolismo primario; entre los que destacan: acetato, mebolato, malonato y ciertos aminoácidos. La contaminación con micotoxinas en los granos generalmente es un proceso aditivo; puede iniciarse en el campo, aumentar durante la cosecha y operaciones de secado y continuar acumulándose durante el almacenamiento (Bogantes *et al.*, 2004).

Hasta el momento, se han identificado más de 200 tipos de micotoxinas, predominando con mayor frecuencia como contaminante natural en los alimentos las aflatoxinas, las cuales son producidas por hongos del género *Aspergillus*, especialmente las especies *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Aunque han sido identificados al menos 20

tipos diferentes de aflatoxinas, existen cuatro principales: aflatoxina B<sub>1</sub>, aflatoxina B<sub>2</sub>, aflatoxina G<sub>1</sub> y aflatoxina G<sub>2</sub>. Todas las aflatoxinas son carcinogénicas, mutagénicas y teratogénicas pero la aflatoxina B<sub>1</sub> es considerada la más tóxica estando clasificada como cancerígena para el ser humano (Fundación vasca para la seguridad agroalimentaria, 2013).

A nivel mundial, las concentraciones y niveles máximos permisibles de aflatoxinas en materias primas y alimentos terminados varían de una micotoxina a otra y de un país a otro. La norma dictada por la “Food and Drug Administration” (FDA) de los EEUU para los alimentos agrícolas primarios y sus derivados, es de 20 µg/kg de aflatoxinas totales (Bogantes *et al.*, 2004).

El interés mundial en el conocimiento de los hongos toxigénicos y contenidos de sus toxinas no sólo es debido a las importantes pérdidas económicas que acarrearán éstos en el comercio nacional e internacional, sino también por sus efectos sobre la salud de las personas, la salud y productividad de los animales (FAO, 2004).

En Venezuela, desde la época colonial, el maíz ha sido el cultivo anual más ampliamente extendido, por ser la base de la alimentación en la mayor parte de la población y por su fácil adaptación a diversas condiciones agroecológicas, llegando a constituir la principal actividad agrícola de numerosas familias (Chavarri *et al.*, 2012).

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), creada en 1958, es el organismo encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y Calidad en el país. En su normativa 1126-89, se contempla el procedimiento a seguir para la identificación y preparación de las muestras destinadas al análisis microbiológico a fin de asegurar la obtención de resultados valederos, confiables y reproducibles (COVENIN, 1989). Del mismo modo, en el estatuto 1337-90, se dispone el método de ensayo para el recuento de mohos y levaduras en alimentos, mediante la utilización de placas de Petri y un medio de cultivo apropiado. Después del periodo de incubación se debe determinar el número de unidades formadoras de colonias (COVENIN, 1990).

Por otra parte, la regla COVENIN 1935-87 establece los requisitos que debe cumplir el maíz en grano para su uso industrial, destinado a la elaboración de alimentos para consumo humano, destacando que este cereal no debe presentar apariencia ni olores objetables, ni tampoco hongos, insectos vivos, excremento de roedores, animales muertos, materias extrañas y cualquier otra sustancia dañina a la salud (COVENIN, 2018).

Asimismo, la normativa COVENIN 2135:1996 insta los requerimientos que debe cumplir la harina de maíz precocida para consumo humano directo, destacando entre sus lineamientos que debe ser un producto de aspecto homogéneo con olor y sabor característico, teniendo como requisito microbiológico máximo en cuanto a la presencia de mohos  $1 \times 10^4$  (UFC/g) (COVENIN, 1996).

En Venezuela, se ha reportado la presencia de aflatoxinas y hongos afectando cultivos de maíz, maní, algodón, ajonjolí, girasol, cacao, sorgo y soya. Por su parte, De Freitas *et al.* (2007) determinaron la presencia de aflatoxinas y hongos aflatoxigénicos en maíz amarillo tipo duro en la zona nororiental de Venezuela, destacando que muestras procedentes del estado Anzoátegui poseían valores de aflatoxinas mayores a 20 ppb, constituyendo un riesgo potencial sanitario y económico.

Asimismo, Chavarri *et al.* (2012) hicieron la detección de hongos toxigénicos en harinas de maíz precocidas distribuidas en el estado Aragua, Venezuela, dando como resultado que los contajes de hongos se encontraron por debajo del nivel establecido por la Norma COVENIN 1337-90. Las especies fúngicas identificadas fueron: *Aspergillus spp.*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus* y *Penicillium spp.* Los contenidos de aflatoxinas cumplieron con el nivel de tolerancia permitido para el maíz (20  $\mu\text{g/g}$ ).

De manera similar, Barroyeta *et al.* (2013) evaluaron la microbiota contaminante y contenido de aflatoxinas en granos de maíz (*Zea mays L.*) blanco de once híbridos destinados al consumo humano provenientes de los estados Guárico y Yaracuy, recalando que la microbiota encontrada en ambos estados resultó muy variable, coincidiendo con los resultados obtenidos por Mazzani *et al.* (2004) y Chavarri *et al.*

(2012).

De todo lo anterior surge la necesidad de realizar estudios que proporcionen conocimiento actualizado acerca de la presencia de hongos y micotoxinas en los alimentos. Por ello, se consideró de interés llevar a cabo esta investigación, con el objetivo de evaluar la micoflora productora de aflatoxinas en alimentos elaborados a base de maíz.

## **METODOLOGÍA**

### **Muestras**

Se recolectaron 6 muestras de diferentes alimentos (Harina de maíz precocida de diferentes casas comerciales, maíz de cotufa, maíz picado, maíz entero amarillo y hojuelas de maíz) adquiridos en el Mercado Municipal de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, aplicándose el método de muestreo aleatorio simple, especificado por la Comisión Internacional en Especificaciones Microbiológicas para alimentos (1999).

Las muestras se trasladaron al laboratorio de investigaciones microbiológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), en bolsas plásticas estériles, preservando sus condiciones originales y se procesaron de manera inmediata.

### **Procesamiento de las muestras**

Se aplicó el método de las diluciones seriadas descrito por Pascual y Calderón (2000), para lo cual se pesó 10 g de cada muestra y se añadió por separado en matraces estériles de 250 ml de capacidad, a los cuales se les agregó 90 ml de solución salina fisiológica estéril (SSF).

Las muestras preparadas se colocaron en un agitador magnético (Magnetic stirrer MSH 300) marca BOECO Germany, durante 20 minutos con el propósito de permitir el desprendimiento de los microorganismos presentes en las muestras analizadas (dilución  $10^{-1}$ ).

Se tomó 1ml de la dilución antes mencionada y se colocó en un tubo que contenía 9 ml de SSF (dilución  $10^{-2}$ ), se mezcló muy bien, luego se trasvasó 1ml de dicha solución a otro tubo que contenía 9ml de SSF (dilución  $10^{-3}$ ). Este procedimiento se repitió hasta alcanzar la dilución  $10^{-5}$ .

Se colocaron por triplicado 0,1 ml de cada dilución en Placas de Petri que contenían 20ml de Agar Sabouraud Dextrosa (ASD) (Himedia Laboratories Limited, India) a las que se le añadieron previamente 30  $\mu$ g/l del antibiótico cloranfenicol, con la finalidad de

inhibir el crecimiento bacteriano. La siembra se llevó a cabo por el método de agotamiento de superficie utilizando un asa de Digralski. Las placas se rotularon de acuerdo al número de la dilución correspondiente y se incubaron durante un lapso de tiempo de 5 a 7 días a una temperatura de 28-30 °C.

Las UFC/g se calcularon multiplicando el número de colonias en las placas por el factor de dilución correspondiente y el número resultante se multiplicó por 10 para obtener finalmente el número de UFC/g (García, 1990).

### **Aislamiento de los hongos filamentosos**

Se escogieron a partir de las placas sembradas, colonias con características morfológicas diferentes y se sembraron en tubos que contenían 3ml de ASD (Himedia Laboratories Limited, India) dispuestos en bisel y se incubaron durante 5 a 7 días a una temperatura de 28 a 30 °C.

### **Identificación de los hongos aislados**

La identificación de los hongos filamentosos se realizó mediante el estudio macroscópico de las colonias como: aspecto, color, forma, difusión de pigmentos, superficie, color de superficie, reverso, consistencia, textura y tamaño. Seguidamente se evaluó las características microscópicas de los hongos filamentosos tales como: tipos de micelio, conidióforos, esterigmas, conidios (forma, tabicamiento, color diámetro, paredes y agrupación de los conidios) esporangióforas, esporangios, esporangiosporas, columnas, rizoides, mediante la técnica de microcultivo de Riddel, que consiste en colocar en el fondo de una placa de Petri un trozo de papel absorbente y sobre éste se coloca una varilla de vidrio en forma de “U”. Se colocó sobre la varilla de vidrio una lámina portaobjeto y una laminilla cubreobjeto, para su esterilización en el autoclave durante 15 min a 15 libras de presión y se secaron posteriormente en la estufa. Se procedió a preparar una placa de Petri con el medio de cultivo ASD, el cual debe poseer 5mm de espesor, luego se cortó con un bisturí estéril el medio en cuadros de 10mm de

lado y se colocó en el centro de la lámina portaobjetos, a continuación se inoculó con una asa bacteriológica las colonias en estudio en los cuatro puntos de los bordes del agar y se colocó una laminilla cubreobjetos sobre el medio inoculado. Se añadió agua destilada estéril en el papel absorbente cuidando de no mojar el medio y se incubaron las placas de Petri durante 7 a 10 días a una temperatura de 28°C. Una vez alcanzado el crecimiento fúngico se procedió a realizar la coloración, que consistió en retirar con una pinza la lámina cubreobjetos y colocarla sobre la lámina portaobjetos que contenía una o dos gotas de azul de lactofenol, para su observación al microscopio con objetivo de 10X y luego con el objetivo de 40X.

### **Análisis de datos**

Los resultados de las diferentes especies fúngicas identificadas y aisladas de las diversas muestras de alimentos fueron estudiadas por el método de análisis porcentual (%) y son mostradas en tablas y figuras. Para el análisis estadístico de los resultados, se utilizó la prueba Chi Cuadrado, con un nivel de significancia de 95% (Wayne, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar las diversas muestras de alimentos elaborados a base de maíz se obtuvo que los recuentos fúngicos promedios fueron de  $4 \times 10^4$  UFC/g para harina de maíz,  $1,2 \times 10^4$  UFC/g para maíz entero amarillo,  $3 \times 10^4$  UFC/g para maíz picado amarillo,  $5 \times 10^4$  para maíz de cotufa y  $1,2 \times 10^4$  para hojuelas de maíz demostrándose que los resultados obtenidos son estadísticamente significativos. Las UFC/g de las muestras analizadas superaron el límite establecido por la comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) 2135:1996 la cual establece  $1 \times 10^4$  UFC/g como límite máximo (Tabla 1).

Tabla 1. Recuentos promedios de las Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/g) de las muestras analizadas

Muestras	UFC/g
Harina de maíz precocida	$4 \times 10^4$
Maíz entero amarillo	$1,2 \times 10^4$
Maíz picado amarillo	$3 \times 10^4$
Maíz de cotufa	$5 \times 10^4$
Hojuelas de maíz	$1,2 \times 10^4$

Estos resultados son similares a los encontrados por Chavarri *et al.* (2014), quienes reportaron recuentos promedios de  $8,6 \times 10^6$  UFC/g. De igual forma, en el estado Guárico se analizaron 28 muestras de granos de maíz, alcanzando recuentos promedios de  $4,53 \times 10^6$  UFC/g (Freites *et al.*, 2018).

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que las muestras analizadas superan los límites establecidos para los productos elaborados a base de maíz por lo tanto, es importante destacar que se aislaron con elevada frecuencia especies fúngicas relacionadas con la contaminación y deterioro de ciertos alimentos capaces de producir enfermedades en el consumidor. La magnitud de la colonización y la síntesis de micotoxinas dependen de muchos factores que actúan durante el proceso productivo,

entre ellos la susceptibilidad del genotipo sembrado, capacidad toxigénica, sequías extremas, ataque de insectos, condiciones ambientales (humedad y temperatura) durante el cultivo, la época de cosecha, el tiempo de transporte, acondicionamiento, humedad relativa, temperatura y aireación del almacén, son factores que condicionan la calidad final de la materia prima para la industria (Soriano, 2007).

Asimismo, el crecimiento de especies fúngicas producen cambios desfavorables en los granos sobre los cuales crecen, independientemente de su capacidad para producir micotoxinas, los hongos durante su desarrollo, alteran el valor nutritivo del grano disminuyendo el contenido de grasas, proteínas y carbohidratos (Mazzani, 2022).

Al analizar la frecuencia de los hongos filamentosos en harina de maíz, se puede observar que la mayor frecuencia la obtuvo *A. flavus* (46,0%).

En la tabla 2, se muestra la frecuencia de las distintas especies de hongos filamentosos aislados en harina de maíz precocida.

Tabla 2. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en harina de maíz precocida.

HONGO	Nº	FRECUENCIA (%)
<i>Aspergillus flavus</i>	6	46,0
<i>Aspergillus niger</i>	3	23,0
<i>Aspergillus penicillioides</i>	2	15,0
<i>Aspergillus clavatus</i>	1	8,0
<i>Penicillium citrinum</i>	1	8,0

Se aislaron especies del género *Aspergillus*. Estos resultados coinciden con el estudio realizado por González (2010), donde se reportó el aislamiento frecuente de *A. flavus* y *A. niger* en muestras de maíz en el estado Bolívar.

*Aspergillus flavus* posee la capacidad adaptativa de crecer y desarrollarse en diferentes sustratos, en amplio rango de pH, temperaturas (12°C - 48°C) y en ambientes con humedad superior al 80,0 %, factores que lo caracterizan como patógeno oportunista de los cultivos, además de producir aflatoxinas como metabolitos secundarios tanto antes como después de la cosecha (Moura *et al.*, 2023).

Las fuentes potenciales de inóculo primario de *A. flavus* en el campo son los conidios en el suelo y micelios que sobreviven de una estación a otra en restos de plantas y en insectos. La infección ocurre cuando el aire y los insectos diseminan el inóculo hacia los estigmas, a través de los cuales el hongo penetra a la mazorca en desarrollo (Mazzani, 2022). Las características macroscópicas y microscópicas de *A. flavus* se ilustran en la figura 1.



Figura 1. Características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus flavus*. (A) cultivo en Agar Saboraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa.

De acuerdo a Chavarri *et al.* (2012) las aflatoxinas son unas de las toxinas más peligrosas, se ha demostrado que el consumo repetido de dosis bajas tiene efecto mutagénico, teratogénico y cancerígeno en animales, además de ser letales a dosis altas. Dependiendo de su concentración en los alimentos, causan en animales y humanos efectos crónicos con síntomas y alteraciones patológicas como son disminución de la función hepática, hígado graso, hepatomas y reducción de las proteínas plasmáticas, lo cual influye en la producción de inmunoglobulinas y en el aumento de la fragilidad capilar que resulta en hemorragias generalizadas. En intoxicaciones agudas, derivadas de la ingesta de dosis elevadas de estas toxinas, ocurre la muerte de los animales. Aductos de la aflatoxina B<sub>1</sub> han sido hallados en distintos tejidos durante la necropsia de humanos fallecidos a causa de cáncer.

*Aspergillus niger* se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza debido a que no presenta condiciones abióticas muy selectivas, posee un efectivo mecanismo de

dispersión de sus esporas y puede crecer en un amplio rango de temperatura (6°C - 55°C) y una humedad relativa baja, adicionalmente, puede desarrollarse sobre una gran variedad de sustratos que incluyen polímeros vegetales y suelo (Salazar y León, 2012).

Algunas especies de *Aspergillus* pueden producir Ocratoxina A (OTA), como *A. niger* y *A. tubingensis*, pertenecientes a la sección *Nigri*. La Ocratoxina A es considerada un metabolito secundario con propiedades neurotóxicas, inmunotóxicas y teratogénicas sobre animales. Además ha sido clasificada por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer como un posible cancerígeno en humanos (González, 2009).

Las características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus niger* se observan en la figura 2.

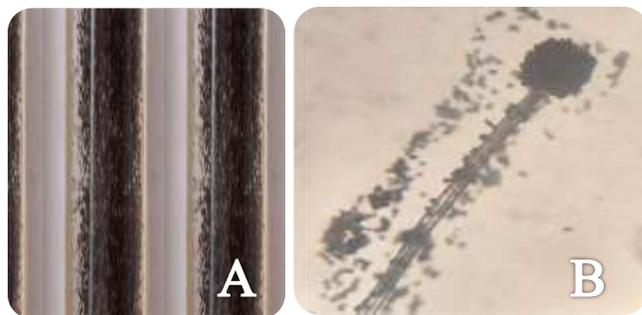


Figura 2. Características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus niger*. (A) Cultivo en Agar Sabouraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa.

Entre las especies menos frecuentes aisladas de harina de maíz, resaltaron *Aspergillus penicillioides* y *Aspergillus clavatus* quienes han sido descritos con menor frecuencia en maíz (Figuras 3 y 4).

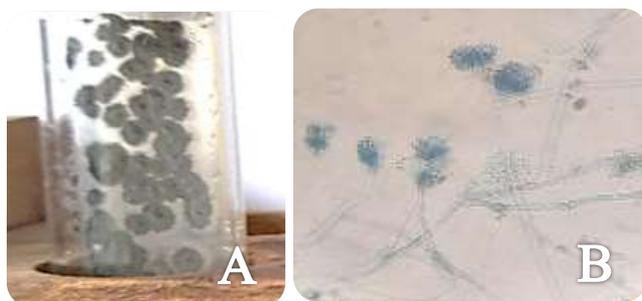


Figura 3. Características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus penicillioides*. (A) Cultivo en Agar Sabouraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa.

La capacidad para producir micotoxinas por parte de *Aspergillus penicillioides* ha sido poco estudiada, sin embargo, por ser una especie ubicua, se ha descrito como contaminante de cereales como el maíz (Fernández, 2010).

*Aspergillus clavatus* es un hongo típicamente aislado de muestras de suelo, heces animales y materias vegetales en descomposición. Se considera un contaminante poco común y extraño en cereales y sus subproductos; sin embargo, puede proliferar en productos almacenados con alto contenido de humedad (Soares *et al.*, 2009); por lo que su hallazgo en harina de maíz es un factor de interés.

Asimismo, su desarrollo es sugestivo de producción de patulina o clavatina, una micotoxina producida por diversos hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*. Se ha demostrado que en dosis altas esta micotoxina posee propiedades inmunotóxicas y carcinogénicas.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2023), la patulina a menudo se encuentra en manzanas podridas y productos de manzana, pero también puede aparecer en varias frutas enmohecidas, granos y otros alimentos, ya que proviene de especies ubicuas.

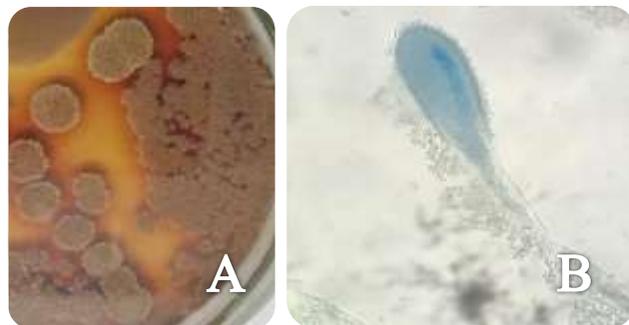


Figura 4. Características macroscópicas y microscópicas de *Aspergillus clavatus*. (A) Cultivo en Agar Sabouraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa.

Para el maíz entero amarillo, las especies aisladas fueron *Aspergillus flavus* (27,3%), *Aspergillus penicillioides* (27,3%), *Neocosmospora solani* (27,3%), *Eurotium* sp. (9,0%) y *Penicillium citrinum* (9,0%) (Tabla 3).

Tabla 3. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en maíz entero amarillo.

Hongo	N°	Frecuencia (%)
<i>Aspergillus flavus</i>	3	27,3
<i>Aspergillus penicillioides</i>	3	27,3
<i>Neocosmospora solani</i>	3	27,3
<i>Eurotium</i> sp.	1	9,0
<i>Penicillium citrinum</i>	1	9,0

Similar a lo obtenido en la muestra de harina de maíz precocida, las especies del género *Aspergillus* presentaron alta frecuencia para el maíz entero amarillo, sin embargo, en este caso destaca el aislamiento en igual porcentaje de *Neocosmospora solani*. Las características macroscópicas y microscópicas de este hongo filamentosos se observan en la figura 5.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por García y Martínez (2010) en México, donde se aislaron especies del género *Fusarium* en maíz recién cosechado y desgranado,

considerando estos hongos como patógenos de la planta de maíz y componente importante de la pudrición de mazorca en muchos lugares del mundo.

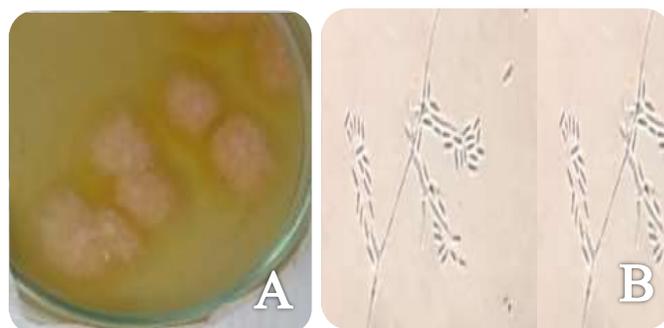


Figura 5. Características macroscópicas y microscópicas de *Neocosmospora solani*. (A) Cultivo en Agar Sabouraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa.

Las especies del género *Neocosmospora* son conocidas por su capacidad de producción de fumonisinas, un grupo de micotoxinas que crecen en forma endógena en el maíz. Fueron aisladas y descritas por primera vez en Sudáfrica en 1988, y de acuerdo con la *Agencia* Internacional de Investigación en Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés), desde 1993 se encuentran catalogadas en el grupo 2B como posibles carcinógenos humanos por detrás de AFB<sub>1</sub> que se encuentra en el grupo 1 de esta clasificación. Existen 15 tipos de fumonisinas agrupadas en cuatro categorías (A, B, C, P); siendo las más conocidas FB<sub>1</sub>, FB<sub>2</sub> y FB<sub>3</sub>, de las cuales FB<sub>1</sub> es la más tóxica. Las intoxicaciones con esta toxina se han asociado al consumo crónico de maíz y de alimentos derivados de este cereal, que están contaminados con pequeñas concentraciones de FB<sub>1</sub>. En humanos esta toxina se ha asociado a cáncer esofágico y defectos en el cierre del tubo neural y en animales se ha relacionado a edema pulmonar, hepatotoxicidad, neurotoxicidad y nefrotoxicidad (Serrano y Cardona, 2015).

El mecanismo de toxicidad de FB<sub>1</sub> consiste en bloquear la síntesis de esfingolípidos, los cuales son elementos esenciales en la estructura de la membrana celular, particularmente en las células nerviosas y tienen como función controlar los mecanismos de regulación

de la célula actuando como segundos mensajeros en los procesos de crecimiento, diferenciación y muerte celular. Esta alteración en la biosíntesis de esfingolípidos ocurre como consecuencia de la inhibición de la enzima ceramida sintasa, lo que genera la acumulación de compuestos como son esfingonina y esfingosina (Serrano y Cardona, 2015).

Con menos frecuencia se aislaron *Penicillium citrinum* y *Eurotium* sp., éste último se ilustra en la figura 6.

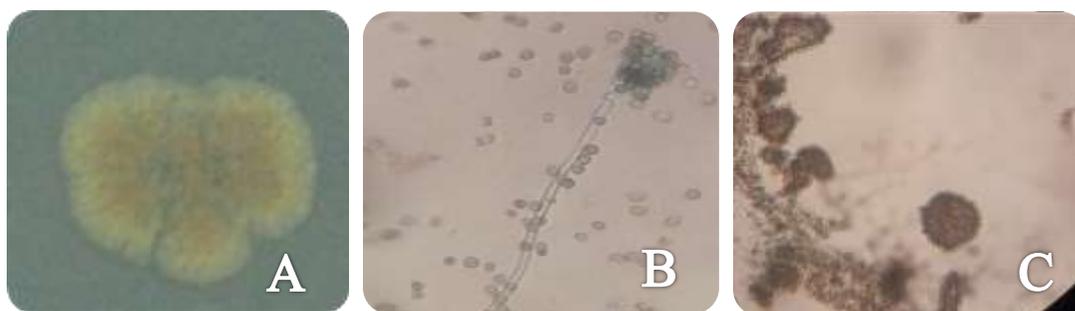


Figura 6. Características macroscópicas y microscópicas de *Eurotium* sp. (A) Cultivo en Agar Sabouraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa, (C) Cleistotecios.

El principal género en el que se agrupan las formas teleomórficas de *Aspergillus* es *Eurotium*. Si bien se han descrito investigaciones donde se identifica a *Eurotium* como microbiota del maíz, pocas de ellas expresan su capacidad para producir micotoxinas. En este sentido, Julaifi, F. (2003) reportó una especie de *Eurotium* capaz de producir Ocratoxina A en granos de cereales en almacenamiento, por lo que serían necesarios estudios sobre la producción de OTA en maíz dado que esta micotoxina también representa un riesgo potencial para la salud humana y animal.

Las diferentes especies fúngicas aisladas en maíz picado amarillo se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en maíz picado amarillo.

HONGO	N°	FRECUENCIA (%)
<i>Penicillium citrinum</i>	3	50,0
<i>Aspergillus penicillioides</i>	1	16,67
<i>Neocosmospora solani</i>	1	16,67
<i>Aspergillus flavus</i>	1	16,67

La especie aislada con mayor frecuencia fue *Penicillium citrinum* (Figura 7). Con menos frecuencia fueron aisladas especies del género *Aspergillus* y *Neocosmospora*.

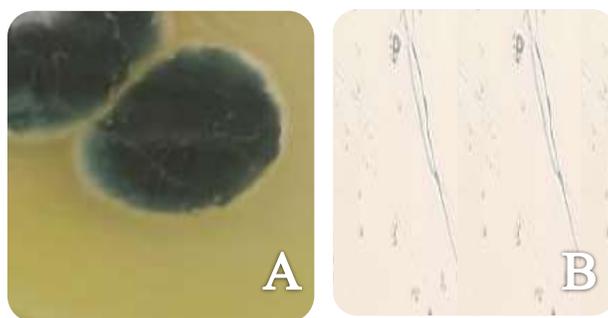


Figura 7. Características macroscópicas y microscópicas de *Penicillium citrinum*. (A) Cultivo en Agar Sabouraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa.

Estos resultados coinciden con lo obtenido en la investigación realizada por Lemus *et al.* (2007), quienes analizaron muestras de maíz amarillo provenientes de Cumaná, Porlamar y Anaco.

Estos investigadores hallaron mayor incidencia del género *Penicillium* sp., el cual es un hongo de almacenaje que con frecuencia invade el grano en condiciones de humedad. Del mismo modo, en Brasil se aislaron 13 especies del género *Penicillium*, donde la más frecuente fue *P. citrinum*, con un 28,80 % en 30 muestras de maíz (Cardoso *et al.*, 2011).

Es de resaltar que *P. citrinum* se ha identificado como productor de una micotoxina denominada citrinina, con un importante poder nefrotóxico. A pesar de que la presencia del agente micotoxigénico no es suficiente para asegurar la existencia de la toxina, el

aislamiento de esta especie es un indicador relevante de que la toxina podría encontrarse en el producto.

Al analizar maíz de cotufa, se aislaron tres especies: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Mucor* sp. En la tabla 5 se describe la frecuencia de especies de hongos filamentosos en esta muestra.

Tabla 5. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en maíz de cotufa.

HONGO	N°	FRECUENCIA (%)
<i>Aspergillus flavus</i>	1	33,33
<i>Aspergillus niger</i>	1	33,33
<i>Mucor</i> sp.	1	33,33

Reyes *et al.* (2008) estudiaron la incidencia de hongos y micotoxinas en ensilajes de maíz mexicanos, obteniendo el aislamiento de especies de los géneros *Mucor* y *Aspergillus*, lo que coincide con los resultados del presente trabajo de investigación.

*Mucor* sp. es considerado contaminante de cereales por estar presente en suelo, materia orgánica en descomposición y frutas. Sin embargo, se desconoce su capacidad para producir micotoxinas. Sus características macroscópicas y microscópicas se ilustran en la figura 8.

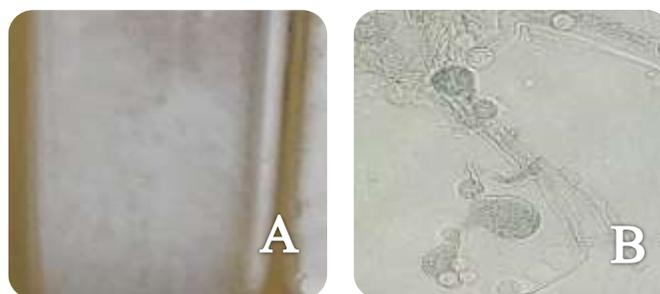


Figura 8. Características macroscópicas y microscópicas de *Mucor* sp. (A) Cultivo en Agar Sabouraud dextrosa, (B) Estructuras microscópicas en Agar Sabouraud dextrosa.

La frecuencia de hongos filamentosos en hojuelas de maíz se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Frecuencia de especies de hongos filamentosos en hojuelas de maíz.

Hongo	N°	Frecuencia (%)
<i>Neocosmospora solani</i>	3	42,85
<i>Aspergillus flavus</i>	2	28,60
<i>Aspergillus niger</i>	1	14,28
<i>Mucor</i> sp.	1	14,28

*Neocosmospora solani*, fue la especie más frecuente seguido de especies del género *Aspergillus* y *Mucor* sp.

En general, las micotoxinas son producidas por hongos filamentosos bajo condiciones óptimas de temperatura que oscilan entre los 20-25 °C, requieren de un pH entre 4 y 8 y una humedad relativa de 80,0 a 90,0 %. Los factores que afectan la magnitud de la toxicidad por las micotoxinas para el hombre y los animales, se resumen en las especies fúngicas implicadas, los mecanismos o modos de acción, el metabolismo, los mecanismos de defensa del organismo afectado, así como edad, sexo, dieta o cualquier otra condición general (Martínez y Anadón, 2012).

El mecanismo toxicológico de la aflatoxina B<sub>1</sub> está dado por su radical epóxido, el cual puede unirse con los ácidos nucleicos y proteínas haciéndolos biológicamente inactivos. La guanina del ADN es el blanco principal atacado por las aflatoxinas activadas. Esta unión covalente induce mutaciones que a la larga terminan en neoplasias. De igual manera, es capaz de unirse a macromoléculas, puntos endoplasmáticos para fijación de esteroides, y diversas enzimas en el interior del hígado. Su forma clínica aguda está asociada a nefrotoxicidad, cardiotoxicidad y principalmente a hepatotoxicidad, generando un cuadro caracterizado por ictericia, vómitos, dolor abdominal e insuficiencia hepática. Mientras que la forma crónica está relacionada con desnutrición proteica, carcinogénesis e inmunosupresión (Perusia y Rodríguez, 2001).

Por otro lado, la Ocratoxina A es absorbida en el tracto digestivo, especialmente en el intestino delgado y de ahí es transportada a través de la sangre, principalmente a los

riñones, alterando fundamentalmente las mitocondrias en el tubo contorneado proximal renal, generando así cambios ultraestructurales y fisiopatológicos lo que conlleva a nefropatías graves, lo que explica su carácter nefrotóxico. En cuanto a las fumonisinas, es considerada neurotóxica y gastrotóxica, asociada a cáncer esofágico, capaz de inhibir la biosíntesis de esfingolípidos, alterando las funciones celulares. A través de la activación del factor de necrosis tumoral, la exposición a fumonisinas altera el balance de muerte celular y replicación y de esta forma contribuye a la carcinogénesis (Serrano y Cardona, 2015).

La patulina es altamente tóxica para las células animales y vegetales. Se ha observado que provoca disrupción de la membrana plasmática, inhibición del transporte de aminoácidos y de la síntesis de ADN. Por otro lado, la citrinina, es considerada una micotoxina nefrotóxica, que promueve cambios a nivel de membrana mitocondrial, afectando el sistema renal humano (Cano *et al.*, 2014).

Diferentes estudios señalan que los principales contaminantes de semillas y granos de maíz son especies de los géneros *Neocosmospora*, *Aspergillus*, *Penicillium*, y *Mucor*, lo que coincide con los resultados obtenidos en ésta investigación, pues estos géneros en su mayoría fueron aislados en las muestras analizadas. Asimismo, en Venezuela, los resultados de numerosos trabajos de investigación han sido consistentes durante las últimas tres o cuatro décadas, obteniendo un elevado número de muestras contaminadas con *A. flavus* y con altos niveles de sus toxinas. Tanto en maíz almacenado y en el campo se demostró que esta especie y sus toxinas representan un problema grave en zonas productoras de maíz de los estados Guárico, Portuguesa y Yaracuy (Mazzani, 2022).

Estos resultados son similares a los reportados en el presente trabajo de investigación, ya que *Aspergillus flavus* fue la especie aislada con mayor frecuencia en las muestras analizadas. De igual manera, se aislaron especies de los géneros *Penicillium* y *Neocosmospora*, las cuales se han descrito como micobiota contaminante del maíz y puede tener capacidad para producir ocratoxinas y fumonisinas. Asimismo, se aislaron

especies fúngicas menos comunes en alimentos elaborados a base de maíz como *A. clavatus*, quien se ha reportado con capacidad para producir clavatina, una micotoxina menos conocida.

Los factores determinantes para estimar el riesgo potencial de contaminación por aflatoxinas en los alimentos se fundamentan en conocer la frecuencia fúngica y caracterizar su capacidad para producir aflatoxinas.

De acuerdo a las normas COVENIN, la cantidad de aflatoxinas totales no debe exceder los límites máximos de 20 µg/kg, siendo estos valores permitidos similares a los aceptados en otras regiones, como Estados Unidos y otros países latinoamericanos y europeos. Hay que tener en consideración que las micotoxinas, en particular las aflatoxinas, deberían encontrarse en los alimentos en la menor cantidad posible y que la presencia de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Neocosmospora* en las muestras estudiadas sugieren que desde algún punto de la cadena de producción (comenzando con el productor hasta el almacenamiento) existen condiciones que favorecen el crecimiento de estos hongos, factor que implica riesgo potencial de ingesta de micotoxinas en los productos finales de consumo, pudiéndose convertir en un problema de salud pública. Además, hay que destacar que algunas de las especies aisladas, en las bibliografías se encuentran relacionadas con otras micotoxinas diferentes de las aflatoxinas, cuya presencia es la única que se encuentra reglamentada según las normas de control de calidad nacionales.

En la presente investigación se evaluó la micoflora productora de aflatoxinas y otras micotoxinas en alimentos elaborados a base de maíz observándose que en la mayoría de las muestras analizadas se aislaron especies fúngicas productoras de aflatoxinas y otras micotoxinas como las Ocratoxinas y Fumonisininas, micotoxinas de interés alimentario, lo que hace presumir que dicho cereal es susceptible a la contaminación fúngica y por consiguiente a la presencia de micotoxinas desde la cosecha hasta la distribución, representando un peligro potencial para la salud del hombre así como una fuerte pérdida económica. Por lo tanto, es necesario monitorear periódicamente las principales zonas

productoras de éste cereal de consumo masivo para así evitar efectos nocivos en la salud humana y animal.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo recuentos fúngicos promedios de  $4 \times 10^4$  UFC/g para harina de maíz,  $1,2 \times 10^4$  UFC/g para maíz entero amarillo,  $3 \times 10^4$  UFC/g para maíz picado amarillo,  $5 \times 10^4$  para maíz de cotufa y  $1,2 \times 10^4$  para hojuelas de maíz demostrándose que los resultados obtenidos son estadísticamente significativos. Las UFC/g de las muestras analizadas superaron el límite establecido por la comisión venezolana de normas industriales (COVENIN) 2135:1996.

*Aspergillus* fue el género aislado con mayor frecuencia en todas las muestras evaluadas.

Las especies aisladas fueron *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus penicillioides*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium citrinum*, *Neocosmospora solani*, *Eurotium* sp. y *Mucor* sp. Resaltando entre ellas *Aspergillus flavus* como la especie con mayor frecuencia en todas las muestras analizadas.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar monitoreos periódicos a fin de determinar la presencia de estos hongos y su capacidad para producir micotoxinas en alimentos elaborados a base de maíz para reducir el nivel de riesgo por contaminación.

Minimizar los factores que favorecen el crecimiento de hongos desde la siembra hasta el procesamiento, ya que estos determinan la calidad final de la materia prima para la industria.

Establecer límites de tolerancia permitidos para otras micotoxinas en alimentos elaborados a base de maíz.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arenas, R. 2008. *Micología médica ilustrada*. Tercera Edición. Editorial McGrawHill. Interamericana editores. México.
- Barroyeta, J. Chavarri, M. Rumbos, N. Garrido, M. y Mazzani, C. 2013. Micobiota toxigénica y aflatoxinas en granos de maíz blanco provenientes de los estados Yaracuy y Guárico, Venezuela. *Revista Sociedad venezolana de Fitopatología*, 26:2-6.
- Bogantes, P. Bogantes, D. y Bogantes, S. 2004. Aflatoxinas. *Acta Médica Costarricense*, 46 (4): 174-178.
- Cano, G. Marín, S. Ramos, A. y Sanchis, V. 2014. *Micotoxinas*. Cataluña, España.
- Cardoso, F. Calvet, R. Pereyra, C. Pereira, M. Rosa, C. Torres, A. y Muratori, M. 2011. Presencia de *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. y aflatoxinas en muestras de harina de maíz utilizadas para el consumo humano, Piauí, Brasil. *Revista de Archivos del Instituto de Biología Vegetal*, 78(3): 443-447.
- Chavarri, M. Mazzani, C. Luzón, O. y Garrido, M. 2012. Detección de hongos toxigénicos en harinas de maíz precocidas distribuidas en el estado Aragua, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32(2): 126-130.
- Chavarri, M. Rojas, V. Rumbos, N. y Narcise, R. 2014. Detección de microorganismos en maíz tierno molido comercializado en Maracay, estado Aragua, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 34(1): 33-37.
- Comerio, R. 2000. Nefrotoxinas y especies nefrotóxicas del género *Penicillium*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17: 82-89.
- Comisión Internacional en Especificaciones Microbiológicas para alimentos. 1999. *Microorganismos de los alimentos. Métodos de muestreo para análisis microbiológico: Principios y aplicaciones especiales*. Editorial Acribia S.A. España. 260 pp.
- Comisión venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1989. *Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico*. Publicaciones FONDONORMA. Caracas. Norma N° 1126: 1989.
- Comisión venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1990. *Alimentos. Método para recuento de mohos y levaduras*. Publicaciones FONDONORMA. Caracas. Norma N° 1337: 1990.
- Comisión venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1996. *Productos de cereales y leguminosas: Harina de Maíz Precocida*. Publicaciones FONDONORMA. Caracas. Norma N° 2135: 1996.

Comisión venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 2018. *Maíz para uso industrial*. Publicaciones FONDONORMA. Caracas. Norma N° 1935: 2017.

De Freitas, J. Vera, R. Sangermano, A. Lemus, D. y Maniscalchi, M. 2007. Presencia de aflatoxinas y hongos aflatoxigénicos en maíz amarillo tipo duro clase I de la zona nororiental de Venezuela. Sable. *Revista multidisciplinaria del consejo de investigación de la Universidad de Oriente*, 19 (1): 43-49.

Fernández, R. 2010. *Micro-facts: The Working Companion for Food Microbiologists*. Séptima edición. Royal Society of Chemistry. Reino Unido.

Freites, J. Chavarri, M. 2018. *Aspergillus flavus* y aflatoxinas en granos de maíz molido provenientes del estado Guárico, Venezuela. *Revista. Facultad de Agronomía (UCV)*, 44 (1): 1-7.

Fundación vasca para la seguridad agroalimentaria. 2013. “Aflatoxinas”. “Seguridad Alimentaria” <<https://seguridadalimentaria.elika.eus/wpcontent/uploads/2018/01/19.Aflatoxinas>> (06/06/2022).

García, C. 1990. *Análisis microbiológico de los alimentos*. Segunda edición. Editorial Ciencia 3, S.A. Caracas.

García, G. y Martínez, R. 2010. Especies de *Fusarium* en granos de maíz recién cosechados y desgranados en el campo en la región de ciudad Serdán, Puebla. *Revista mexicana de Biodiversidad*, 81 (1): 15-20.

González, A. 2009. Diagnóstico y control de especies de *Aspergillus* productoras de Ocratoxina A. Tesis de doctorado. Universidad Complutense de Madrid, España.

González, R. 2010. *Aspergillus flavus* en maíz de expendios al detal, Ciudad Bolívar-estado Bolívar. Tesis de pregrado. Departamento de Bioanálisis, Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar.

Julaifi, M. 2003. Ochratoxin A production by *Eurotium amstelodami* and *Eurotium* spp. isolated from locally grown barley in Saudi Arabia. *Kuwait journal of Science and Engineering*, 30(1): 5-9.

Lemus, D. Maniscalchi, M. Vera, R. De Freitas, J. y Sangermano, A. 2007. Presencia de aflatoxinas y hongos aflatoxigénicos en maíz amarillo tipo duro clase I de la zona nororiental de Venezuela. *Saber. Revista Multidisciplinaria Del Consejo De Investigación de la Universidad de Oriente*, 19(1): 43-49.

Martínez, M. y Anadón, A. 2012. *Micotoxinas: Toxicología alimentaria*. Editorial Díaz de Santos. España.

Mazzani, C. 2022. Mohos toxigénicos y micotoxinas en maíz y otros cultivos en

Venezuela. *Edición Especial de la Revista Alcance*. (76): 225-245.

Mazzani, C. Luzón, O. Beomont, P. y Chavarri, M. 2004. Micobiota asociada a granos de maíz en Venezuela y capacidad aflatoxigénica in vitro de los aislamientos de *Aspergillus flavus*. *Revista Sociedad venezolana de Fitopatología* (17): 19-23.

Mcgee, D. 1988. *Maize diseases. A reference source for seed technologists*. Amer Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, Estados Unidos.

Moura, J. Casal, C. Rojas, C. y Arrua, A. 2023. Evaluación del potencial aflatoxigénico de aislados de *Aspergillus flavus* en modelo de maíz in vitro. *Acta Biológica Colombiana*, 28(1): 135-142.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). 2004. “Reglamentos a nivel mundial para las micotoxinas en los alimentos y en las raciones en el año 2003”. “FAO” <[www.fao.org/docrep/007/y5499s07.htm](http://www.fao.org/docrep/007/y5499s07.htm)> (05/06/2022).

Organización Mundial de la Salud (OMS). 2023. “Micotoxinas”. “WHO” <<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>> (10/10/2023).

Orozco, B. y Grande, C. 2013. Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1): 97-110.

Pascual, M. y Calderón, V. 2000. *Microbiología alimentaria*. Segunda edición. Editorial Díaz de Santos. España.

Perusia, O. y Rodríguez, A. 2001. Micotoxicosis. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12(2): 87-116.

Romero, R. Cjuno, O. y Mostajo, M. 2018. Cuantificación de aflatoxinas totales en harina de maíz que se expende en tres mercados de la ciudad del Cusco – Perú. *Revista Cantua*, 17 (1): 27-35.

Salazar, C. y León, A. 2012. Características morfológicas microscópicas de especies de *Aspergillus* asociadas a infecciones en humanos. *Revista Universidad de Antioquia, UDEA*, 3(2): 93-96.

Serrano, H. y Cardona, N. 2015. Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. *Revista Instituto de Ciencias de la Salud CES Medicina*, 29(1):143-152.

Soares, P. Lutier, D. Spanamberg, A. Ribeiro, A. Bangel, J. Ferreiro, L. y Driemeier, D. 2009. Neurotoxicosis en bovinos asociada al consumo de residuos de cerveza contaminada con *Aspergillus clavatus*. *Revista Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 29(3): 220-228.

Soriano, J. 2007. *Micotoxinas en alimentos*. Primera edición. Editorial Díaz de Santos. España.

Reyes, W. Espinoza, V. Rojo, F. Jiménez, C. De Lucas, E. Hernández, J. y Ramírez, A. 2008. Incidencia de hongos y micotoxinas en ensilaje de maíz en el Estado de Jalisco, México. *Revista Iberoamericana de Micología*, 25(3): 182-185.

Urango, L. 2018. Componentes del maíz en la nutrición humana. *Revista Universidad de Antioquia, UDEA*, 185-208.

Wayne, D. 2002. *Bioestadística*. Cuarta edición. Editorial Limusa S.A, México.

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	Evaluación de la micoflora productora de aflatoxinas y otras micotoxinas en alimentos elaborados a base de maiz
<b>Subtítulo</b>	

Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
García K. Génesis A J.	<b>CVLAC</b>	25.899.155
	<b>e-mail</b>	genesisgkhan@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
Ramírez C. María A.	<b>CVLAC</b>	25.999.806
	<b>e-mail</b>	bymariaale@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

Palabras o frases claves:

<b>Maíz</b>
<b>Micotoxinas</b>
<b>Aflatoxinas</b>
<b>Especies fúngicas</b>

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Bioanálisis

Resumen (abstract):

En el presente estudio se evaluó la micoflora productora de aflatoxinas y otras micotoxinas en productos elaborados a base de maíz. Para ello, se analizaron 6 muestras de alimentos elaborados a base de maíz (harina de maíz precocida blanca y amarilla, maíz amarillo picado y entero, maíz de cotufa y hojuelas de maíz) adquiridos en el Mercado Municipal de la ciudad de Cumaná, estado Sucre. Se aplicó el método de diluciones seriadas y la siembra se llevó a cabo por el método de agotamiento de superficie en agar Sabouraud Dextrosa. Seguidamente, se determinaron las Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g) por el método de contaje en placas y se identificaron las especies fúngicas aisladas. Los resultados de los recuentos promedios de las UFC/g de los hongos filamentosos fue de  $4 \times 10^4$  UFC/g para harina de maíz,  $1,2 \times 10^4$  UFC/g para maíz entero amarillo,  $3 \times 10^4$  UFC/g para maíz picado amarillo,  $5 \times 10^4$  para maíz de cotufa y  $1,2 \times 10^4$  para hojuelas de maíz siendo estadísticamente significativas. Las UFC/g superaron el límite establecido por la norma COVENIN 2135:1996 para todas las muestras analizadas. Las especies aisladas e identificadas en las diferentes muestras evaluadas fueron *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus penicillioides*, *Aspergillus clavatus*, *Penicillium citrinum*, *Neocosmospora solani*, *Eurotium* sp. y *Mucor* sp., siendo *Aspergillus flavus* la especie más frecuente en las muestras estudiadas.

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Luz Salazar	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> S <input checked="" type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 13.630.199
	e-mail	<a href="mailto:luz31salazar@gmail.com">luz31salazar@gmail.com</a>
Daxi Caraballo	ROL	C <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 5.859.659
	e-mail	<a href="mailto:daxicaraballo@hotmail.com">daxicaraballo@hotmail.com</a>
Uslany Lozada	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 17.957.697
	e-mail	<a href="mailto:uslalo8@gmail.com">uslalo8@gmail.com</a>
Josefa Díaz	ROL	CA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> U <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	V- 5.007.425
	e-mail	<a href="mailto:diazvv@gmail.com">diazvv@gmail.com</a>

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2024	07	19
------	----	----

Lenguaje: Spa \_\_\_\_\_

**Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6**

Archivo(s):

<b>Nombre de archivo</b>	<b>Tipo MIME</b>
<b>NSUTTG-GGRM2024.doc</b>	<b>Word 2010</b>

Alcance:

Espacial: \_\_\_\_\_ (Opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (Opcional)

**Título o Grado asociado con el trabajo:** Licenciado(a) en Bioanálisis**Nivel Asociado con el Trabajo:** Licenciado (a)**Área de Estudio:** Bioanálisis**Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:** Universidad de Oriente-Venezuela

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumana, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Confidencialmente,

**JUAN A. BOLAÑOS CUBIELLO**  
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *[Firma]*  
FECHA 05/08/09 HORA 5:30

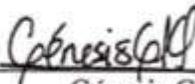
REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SECRETARIA  
CONSEJO UNIVERSITARIO

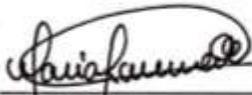
C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/muruja

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso- 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.

  
Génesis García  
Autor

  
María Ramírez  
Autor

  
Prof. Luz Salazar  
Asesor

  
Prof. Daxi Caraballo  
Coasesor