

# ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y GÉNEROS DE MOHOS EN ECOTIPOS CULTIVADOS DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)

## Physicochemical analysis and detection of molds in cultivated ecotypes of purple corn (*Zea mays* L.)

Orizano-Ponce, Eva<sup>1</sup>, Chamorro-Gómez, Ruth E.<sup>2</sup>, Briceño-Yen, Henry<sup>3</sup>, Cueto-Rosales, Cesar R.<sup>4</sup>, Zevallos-García, J.<sup>5</sup>

### RESUMEN

El maíz morado originario de los Andes de América del Sur es una variedad amilácea que presenta demanda y consumo sostenido por los principios bioactivos que contiene. El objetivo fue determinar las características fisicoquímicas y mohos en las variedades de maíz morado. Las muestras M1 y M2 fueron colectadas en la región Huánuco-Perú. Se evaluaron las características morfológicas del maíz; color (CIE L\*, a\* y b\*); análisis fisicoquímicos (actividad de agua, humedad, cenizas, grasas, fibra, proteína y carbohidratos); y antocianinas con el método de pH diferencial (cianidina-3-glucósido); asimismo se efectuó el recuento de mohos por unidades formadoras de colonias (UFC), aislamiento e identificación. Las evaluaciones determinaron que la humedad de la M1 fue mayor que la M2, por lo tanto, el contenido de materia seca fue inversamente proporcional. La actividad de agua más alta (0.71) fue de M1. Las antocianinas alcanzaron 17.92 (mg de cianidina-3-glucósido g<sup>-1</sup> de muestra) en la coronta de la M1. La presencia de mohos fue evidente, sin embargo, se reportó mayor número de colonias en la M1 (1.43 x 10<sup>7</sup> UFC g<sup>-1</sup>), la misma que se relaciona con los géneros aislados, tales como *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Rhizopus*. Las muestras evaluadas son una fuente importante de nutrientes y destaca el aporte de sustancias antioxidantes como las antocianinas siendo mayor el contenido a nivel de la coronta. La presencia de los mohos es influida por la humedad e inadecuado almacenamiento, considerando que entre los géneros aislados podría asociarse con la formación de micotoxinas. Los granos de maíz son susceptibles a los mohos y sus metabolitos secundarios, representando un problema para la seguridad alimentaria.

**Palabras clave:** antocianinas, cepas, almacenamiento, humedad, calidad, inocuidad.

### ABSTRACT

Purple corn native to the Andes of South America is a starchy variety that has sustained demand and consumption due to the bioactive principles it contains. The objective was to determine the physicochemical characteristics and molds in purple corn varieties. Samples M1 and M2 were collected in the Huánuco-Peru region. The morphological characteristics of the corn were evaluated; color (CIE L\*, a\* and b\*); physicochemical analysis (water activity, humidity, ash, fat, fiber, protein and carbohydrates); and anthocyanins with the differential pH method (cyanidin-3-glucoside); molds were also counted by colony forming units (CFUs), isolation and identification. The evaluations determined that the humidity of M1 was greater than M2, therefore, the dry matter content was inversely proportional. The highest water activity (0.71) was from M1. Anthocyanins reached 17.92 (mg of cyanidin-3-glucoside g<sup>-1</sup> of sample) in the crown of M1. The presence of molds was evident, however, a greater number of colonies was reported in M1 (1.43 x 10<sup>7</sup> UFC g<sup>-1</sup>), the same number that is related to the isolated genus, such as *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Rhizopus*. The samples evaluated are an important source of nutrients and the contribution of antioxidant substances such as anthocyanins stands out, with the content being higher at the crown level. The presence of molds is influenced by humidity and inadequate storage considering that among the isolated genera it could be associated with the formation of mycotoxins. Corn grains are susceptible to molds and their secondary metabolites, representing a problem for food safety.

**Keywords:** anthocyanins, strains, storage, humidity, quality, safety.

<sup>1</sup> ✉ Docente Investigador. Ingeniería Agroindustrial Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4368-9082>. [eorizano@unheval.edu.pe](mailto:eorizano@unheval.edu.pe)

<sup>2</sup> Docente Investigador. Ingeniería Agroindustrial Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8075-1928>. [rhamorro@unheval.edu.pe](mailto:rhamorro@unheval.edu.pe)

<sup>3</sup> Docente Investigador. Ingeniería Agronómica Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0629-3014>. [hbriceno@unheval.edu.pe](mailto:hbriceno@unheval.edu.pe)

<sup>4</sup> Docente Investigador. Ingeniería Agroindustrial Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8420-6262>. [ccueto@unheval.edu.pe](mailto:ccueto@unheval.edu.pe)

<sup>5</sup> Docente Investigador. Ingeniería Agroindustrial Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1786-3529>. [jzevallosg@unheval.edu.pe](mailto:jzevallosg@unheval.edu.pe)

## INTRODUCCIÓN

El maíz *Zea mays* L. utilizado en la alimentación humana revierte gran interés, debido a su variabilidad en el consumo, el mismo que está ligado a la abundante biodiversidad que presenta, estando dentro de ellos el maíz morado, considerado como un colorante alimenticio natural, el mismo que a la vez es catalogado como nutraceutico por los principios bioactivos que posee, principalmente antioxidantes, siendo la antocianina el compuesto relevante, por su rol favorable a la salud humana (Paulsmeyer et al., 2022). Asimismo, presenta otros elementos que pueden influir en las características sensoriales de los alimentos que afectan el comportamiento tecnológico en el procesamiento (Guillén-Sánchez et al., 2014). En el ámbito de estudio los productores utilizan principalmente dos variedades de maíz morado el PMV-581 y el maíz morado común, cultivares que presentan un adecuado comportamiento vegetativo y cuyos rendimientos oscilan entre las 5 a 10 t ha<sup>-1</sup>. Estos son cosechados a la madurez fisiológica con un 30 a 40 % de humedad (Alvarado, 2015; Cabrera, 2016) debiendo ser secados y almacenados adecuadamente para evitar la pérdida de calidad por efecto de diferentes patógenos. El maíz morado es un excelente sustituto para colorantes alimenticios artificiales, gracias a las antocianinas (pigmentos hidrosolubles) permiten la reducción de la presión sanguínea en personas hipertensas y elevan la capacidad antioxidante total de la sangre, dichas sustancias son útiles para las industrias farmacológicas y alimentarias con la finalidad de obtener un producto funcional en beneficio de la salud de sus consumidores otorgándole un alto valor agregado (Guillén-Sánchez et al., 2014).

El grano de maíz es una cariósida que presenta características fisicoquímicas relevantes, que permiten su amplia utilización en la alimentación humana y animal, dichas propiedades están vinculadas al contenido de macronutrientes consideradas elementales en la agroindustria. Las características fisicoquímicas que se describen para este material implican realizar los análisis respectivos que nos van a determinar la composición de proteínas, grasas, cenizas, humedad y carbohidratos (Valle et al., 2019). Las antocianinas son hidrosolubles que corresponden a la familia de los flavonoides (compuestos fenólicos), son glicósidos de antocianidinas derivados del 2-fenilbenzopirilio (ion flavilio), que contienen dos anillos aromáticos (A y B) separados por un oxígeno que está formando un anillo heterocíclico de seis miembros (anillo C) (Condori et al., 2020). Se han realizado

análisis de antocianinas en materiales procedentes de Lima, Cajamarca y Apurímac (Rabanal-Atalaya et al., 2021).

El deterioro por hongos en alimentos es un fenómeno global, estimándose pérdidas del 5 al 10 % de la producción mundial como resultado de la acción de estos, esto es un problema de postcosecha, causando impacto económico negativo ya que perjudica la calidad de los alimentos, generando cambios en los atributos del producto por patógenos de diferentes géneros como *Botrytis*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Alternaria* y *Fusarium* (Moreno y Aldana, 2020; De La Torre-Hernández et al., 2014). El maíz es cosechado a la madurez fisiológica con alto porcentaje de humedad, superior al 30 %, debiendo ser secado y almacenado adecuadamente para evitar la pérdida de calidad por efecto de diferentes hongos, los que dañan a los granos cuando su humedad es superior a 14 % (FAO, 2023; Aquino et al., 2005). El moho es uno de los grandes problemas postcosecha, ya que causa degradación y el deterioro de la calidad de los alimentos, algunos pueden producir sustancias químicas debido a cepas toxigénicas, aisladas principalmente de *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* que causa enfermedades o muerte tanto en animales y seres humanos, se requiere investigar para comprender cómo la exposición a las aflatoxinas puede producir efectos secundarios y se relacionan con la dosis y duración de la exposición (Katsurayama y Taniwaki, 2017).

Los objetivos fueron determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del maíz morado y enriquecer la información sobre dichos aspectos por la importancia que representan en el contexto alimentario y hábitos de consumo de las personas a nivel mundial, además que en el ámbito de la zona de muestreo estos cultivares son los que comúnmente siembran los productores debido a su adecuada respuesta a las condiciones medio ambientales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

Las mazorcas procedían de almacenes rústicos de productores de las localidades de Cayhuayna y Matibamba ubicadas entre las coordenadas 9°56'41" S 76°15'17" W y 10°00'34" S 76°13'51" W respectivamente, y altitudes entre 1 957 a 1 989 m s.n.m. de la región Huánuco- Perú. El ecotipo PMV-581 se identificó como la muestra 1 (M1), y el maíz morado común, como muestra 2 (M2). Los análisis

fueron realizados en los laboratorios de Análisis Físicoquímico y Microbiología Agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán y en La Molina Calidad Total Laboratorios de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

## Metodología

**Características morfológicas de maíz.** Se tomó peso (g), longitud (mm), ancho (mm) y grosor (mm) con un Vernier (Marca Mitutoyo modelo SC-6°C), a 30 granos de maíz de cada una de las muestras en estudio, seleccionadas al azar en cada una de ellas (García-Campos et al., 2020).

**Color.** Se evaluaron según CIE L\*, a\*, b\*, luminosidad (L\*, 0%= blanco, 100%= negro), a\* (verde en valores negativos y rojo en valores positivos), y b\* (amarillo en valores positivos y azul en valores negativos) (Salinas-Moreno et al., 2021).

**Análisis físicoquímico.** Se realizaron los análisis de actividad de agua (AW), humedad, cenizas, grasas, fibra, proteína y carbohidratos (AOAC, 2023).

**Análisis de antocianinas.** Se preparó la muestra pesando 0.25 g de harina y coronta respectivamente y se extrajo en 10 mL de agua a pH 2.05 acidulada con HCL (J.T. Baker) a 0.5 N, se sometió el extracto a ebullición aproximadamente 95°C por 10 min y refrigeró hasta su posterior análisis (Ramos-Escudero et al., 2012). Se realizó mediante el método de pH diferencial, el pH 1.0 [KCl (J.T. Baker) a 0.025 M] e incoloro en su forma hemiacetal y pH 4.5 usando CH<sub>3</sub>COONa (Merck) a 0.4 M, esta diferencia de color permite la cuantificación de antocianinas mediante la medida de sus absorbancias a diferentes longitudes de onda como son 520 y 700 nm respectivamente usando como blanco agua destilada, en un espectrofotómetro UV-VIS (marca Genesys™ 10S) (Giusti y Wroslstad, 2001). Los cálculos se efectuaron de la siguiente manera:

$$A = (A_{520} - A_{700})pH_1 - (A_{520} - A_{700})pH_{4.5} \quad [1]$$

$$\text{Antocianinas totales} \left( \frac{\text{mg cianidina-3-glucósido}}{\text{g}} \right) = \frac{A \cdot PM \cdot FD \cdot V}{e \cdot L \cdot W} \quad [2]$$

Dónde: PM es la masa molecular para cianidina-3-glucósido 449.2 g mol<sup>-1</sup>; FD = factor de dilución; V = volumen en mL del solvente de extracción; e = coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido 26 900 L mol<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>; L = camino óptico de celda 1 cm; W = peso de la muestra (Ccaccya et al., 2019).

**Recuento de mohos en granos de maíz.** Para la detección de los mohos se siguió el método de recuento estándar en placa con PDA (Potato Dextrose Agar, BD Difco™, EE.UU.) según Alessi-Cusati y Ekmeiro-Salvador (2020) y Chavarri et al. (2014). Para lo cual, se desgranaron mazorcas de maíz, incluyendo aquellas que tuvieron algún tipo de defecto, utilizando material estéril. Luego se pesó 10 g de la muestra en un matraz que contenía 90 mL de solución diluyente agua de peptona al 1% (HiMedia Laboratories, India), se homogenizó la muestra se dejó en reposo de 3 a 5 minutos. Seguidamente, previa agitación se tomó 1 mL y se incorporó en tubos de ensayo que contiene 9 mL de solución diluyente, hasta obtener seis diluciones consecutivas. Posteriormente, se realizó la siembra en superficie por duplicado, transfiriendo 0.1 mL de la

dilución en las placas que contenían PDA. Luego se llevó a la incubadora (INCUCCELL, modelo L SIS-B2V/IC 55) a 25 °C durante siete días. Transcurrido el tiempo se determinó el número de unidades formadoras de colonias por gramo (UFC g<sup>-1</sup>) totales (Norma Venezolana COVENIN 1337:1999); a partir de ello se realizó el aislamiento de las cepas de mohos de la población mixta. Los valores de UFC g<sup>-1</sup> también fueron transformados a Log<sub>10</sub> UFC g<sup>-1</sup> para la interpretación de los resultados (Castellari et al., 2015).

**Aislamiento e identificación del género de mohos.** Se realizó el aislamiento seleccionando las cepas morfológicamente diferentes; se tomaron muestras del micelio reproductivo con un asa bacteriológica recta, luego se sembró por duplicado en el centro de la placa de Petri contenida con PDA para su posterior incubación a 25 °C por seis días, durante ese periodo se fue observando el crecimiento (Martínez, 2018). Para la descripción de las características macroscópicas se tuvo en cuenta el color, la textura, el contorno, color del pigmento exudado, forma y margen, en el anverso y reverso de la placa (Castro et al., 2018). Para la identificación taxonómica del género se tuvo en

consideración la estructura del cuerpo fructífero y los conidios, se hizo uso de un microscopio óptico (LEICA, modelo DM500) con aumento de 40x y apoyo de literatura especializada (Nelson et al., 1983; OPS/OMS, 2021; Sama et al., 2023; UNAM-Cuautitlán, 2021; Guchi et al., 2014; Pitt, 1979; Ayoubi et al., 2017; Fonseca et al., 2018; Sari et al., 2024).

El análisis estadístico aplicado fue Análisis de varianza (ANOVA), con DCA (González-Huerta et al., 2023) y Tukey para comparaciones entre las muestras, usando el programa Minitab 11, versión Domo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características morfológicas de maíz

En la Tabla 1 se observan las características

Tabla 1. Características morfológicas.

Procedencia	Peso (g)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)
Muestra 1	0.32 ± 0.06 <sup>b</sup>	10.01 ± 1.01 <sup>b</sup>	10.54 ± 0.85 <sup>a</sup>	5.73 ± 0.98 <sup>a</sup>
Muestra 2	0.36 ± 0.07 <sup>a</sup>	11.55 ± 0.99 <sup>a</sup>	9.48 ± 0.95 <sup>b</sup>	4.58 ± 0.96 <sup>b</sup>

Diferentes letras en la misma columna significan diferencia significativa (p<0.05), (n=30).

### Color

Se observan en la Tabla 2, las características de color y existen diferencias estadísticas (p<0.05). Para el parámetro L\* se encontró 22.18 en la muestra 1 y 22.50 en la muestra 2; para a\* de 0.61 en la muestra 1 y 0.28 para la muestra 2 y para b\* 11.14 para la muestra 1 y 11.46 para la muestra 2. Se encuentran similares a los antecedentes de 16.91 a 31.21 en L\*; para a\* de -0.63 a 6.28 y para b\* de -1.72 a 2.78 en veinte materiales de granos que están en la mazorca (Salinas-Moreno et al., 2021). Los granos tienen una luminosidad en promedio de 22, este parámetro está relacionado con el contenido de antocianinas que le otorga un color agradable a la chicha morada que se prepara como bebida frecuente en la comida peruana, se prepara hirviendo los granos y la coronta del maíz morado (Pedreschi y Cisneros-Zevallos, 2006; Quispe et al., 2011).

Tabla 2. Características de color.

Procedencia	L*	a*	b*
Muestra 1	22.18 ± 1.18 <sup>b</sup>	0.61 ± 0.03 <sup>a</sup>	11.14 ± 0.13 <sup>b</sup>
Muestra 2	22.50 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.28 ± 0.08 <sup>b</sup>	11.46 ± 0.27 <sup>a</sup>

Diferentes letras en la misma columna significan diferencia significativa (p<0.05), (n=5).

### Características fisicoquímicas

En la Tabla 3 se aprecian las diferencias estadísticas (p<0.05) respecto a la procedencia en resultados de

morfológicas evaluadas con diferencias estadísticas en peso, longitud, ancho y grosor de los granos (p<0.05). En la muestra 1, los granos en promedio pesaron 0.32 g; 10.01 mm de longitud; 10.54 mm de ancho y 5.73 mm de grosor. La muestra 2 tuvo mayor peso con 0.36 g y longitud con 11.55 mm de longitud; sin embargo, fue menor el ancho de los granos con 9.48 mm de ancho y grosor con 4.58 mm. Al respecto Quispe et al. (2011) encontraron en maíz morado procedentes de Arequipa peso de 49.59 a 54.55 g en cada mazorca y el número de granos 178 a 184 en cada mazorca, entonces el rango de peso de cada grano de 0.27 a 0.31 g, siendo estos pesos inferiores, esto se debería a que los investigadores suman el peso de la coronta.

los análisis de actividad de agua, humedad, grasa y carbohidratos en maíz morado. No existen diferencias estadísticas en cenizas, fibra y proteínas (p≥0.05). La actividad de agua más elevada fue en la muestra 1, lo cual está asociado a la pérdida de la calidad, ya que se define como la cantidad de agua disponible en los granos del maíz, para que se puedan desarrollar diferentes reacciones químicas y para el crecimiento de mohos (Prieto et al., 2005). La humedad en la muestra 1 fue mayor que en la muestra 2. En las muestras 1 y 2 hubo de 15.42 y 14.78 (g 100g<sup>-1</sup>) de humedad, siendo estas superiores al 14 % recomendadas por la FAO (2023), adecuada para su conservación. Hubo 1.69 y 1.71 (g 100g<sup>-1</sup>) de cenizas; 4.36 y 4.28 (g 100g<sup>-1</sup>) de grasa; 1.34 y 1.35 (g 100g<sup>-1</sup>) de fibra; 8.51 y 8.25 (g 100g<sup>-1</sup>) de proteína; 70 y 71 (g 100g<sup>-1</sup>) de carbohidratos. Al respecto Valle et al., (2019) en muestras de maíz morado de Ica-Perú, reportaron 10.13 a 10.5 (g 100g<sup>-1</sup>) de humedad; cenizas 2.09 a 2.80 (g 100g<sup>-1</sup>); proteínas de 9.0 a 10.46 (g 100g<sup>-1</sup>); grasa de 4.16 a 4.48(g 100g<sup>-1</sup>) y carbohidratos de 72.50 a 73.45 (g 100g<sup>-1</sup>), nótese que los valores de grasa y proteína son similares; la humedad, ceniza y fibra son ligeramente inferiores, esto se debería a las condiciones edafoclimáticas (Medina-Hoyos et al., 2020). Los minerales presentes en las cenizas por ser hidrosolubles se pueden incorporar en las bebidas elaboradas con estos granos de maíz a través de la ebullición (Pedreschi y Cisneros-Zevallos, 2006).

Tabla 3. Características fisicoquímicas.

	Actividad de agua	% Humedad (g 100g <sup>-1</sup> )	% Cenizas (g 100g <sup>-1</sup> )	% Grasas (g 100g <sup>-1</sup> )	% Fibra (g 100g <sup>-1</sup> )	% Proteína (g 100g <sup>-1</sup> )	% Carbohidratos (g 100g <sup>-1</sup> )
Muestra 1	0.73 ± 0.03 <sup>a</sup>	15.42 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.69 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.36 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.34 ± 0.04 <sup>a</sup>	8.51 ± 0.06 <sup>a</sup>	70.0 ± 0.00 <sup>b</sup>
Muestra 2	0.56 ± 0.01 <sup>b</sup>	14.78 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.71 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.28 ± 0.00 <sup>b</sup>	1.35 ± 0.02 <sup>a</sup>	8.25 ± 0.06 <sup>a</sup>	71.0 ± 0.00 <sup>a</sup>

Diferentes letras en la misma columna significan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), (n=2).

## Antocianinas

Se encontraron diferencias estadísticas en las antocianinas presentes en la coronta y en el grano de maíz morado ( $p < 0.05$ ). Las antocianinas expresadas en mg g<sup>-1</sup> de cianidina-3-glucósido en los granos hubo en promedio 2.13 en la muestra 1 y 2.04 en la muestra 2, siendo inferiores a los analizados anteriormente de 4.59 ± 0.54 a 8.13 ± 0.83 mg g<sup>-1</sup> de cianidina-3-glucósido (Valle et al., 2019); mientras que en la coronta se halló 17.92 en la muestra 1 y 10.6 en la muestra 2 (Tabla 4). Estos resultados de las corontas se encuentran en el rango de 9.5 ± 0.1 a 18.5 ± 0.2 mg g<sup>-1</sup> de cianidina-3-glucósido, analizados en maíz morado proveniente de las tres regiones, Lima Cajamarca y Apurímac en el Perú (Ccacuya et al., 2019); de 13.26 ± 2.89 a 20.60 ± 2.68 mg g<sup>-1</sup> de cianidina-3-glucósido en maíz morado TC, PM 581 y TJ cultivados en Arequipa y Lima (Quispe et al., 2011) y de 8.85 ± 0.76 a 14.32 ± 1.39 mg g<sup>-1</sup> de cianidina-3-glucósido en maíz morado cultivados en Ica- Perú (Valle et al., 2019). Sin embargo, se han hallado contenidos inferiores de antocianinas con 4.94 cianidina-3-glucósido en mg g<sup>-1</sup>, en maíz morado "INIA 615" o "Negro Canaán" provenientes de la región Arequipa- Perú (Cerro et al., 2021). Las antocianinas en las corontas fueron 800 % más que en los granos, esto se debería que se

analizaron los granos molidos con el germen, endospermo, aleurona y pericarpio; sin embargo estos pigmentos después de sus biosíntesis en la aleurona del endospermo, se almacenan solo en el pericarpio y la aleurona de los granos de maíz morado (Espinosa et al., 2009). Las muestras de maíz morado evaluadas poseen atractivas concentraciones de antocianinas, que le otorga propiedades antioxidantes, anticancerígenas y es una prometedora propuesta para la elaboración de alimentos nutracéuticos y funcionales, por tener propiedades antiobesidad y antiglicémicas, reductor de la hepatotoxicidad y nefrotoxicidad (Guillén-Sánchez et al., 2014; Pedreschi y Cisneros-Zevallos, 2006).

Tabla 4. Análisis de antocianinas.

Procedencia	Fuente	Antocianinas (mg de Cianidina-3-glucósido g <sup>-1</sup> de muestra)
Muestra 1	Grano	2.13 ± 0.05 <sup>c</sup>
Muestra 2	Grano	2.04 ± 0.00 <sup>c</sup>
Muestra 1	Coronta	17.92 ± 0.78 <sup>a</sup>
Muestra 2	Coronta	10.60 ± 0.63 <sup>b</sup>

Diferentes letras en la misma columna significan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), (n=2). M1, muestra 1, M2, muestra 2, (n=3).

## Recuento total de mohos

Al realizar el recuento en placas de la microflora presente en las muestras en estudio, se reportaron los resultados que se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Recuento en placa de mohos en muestras de maíz morado.

Procedencia	Recuento (UFC g <sup>-1</sup> )	NTS N° 071	Log 10 UFC g <sup>-1</sup>
Muestra 1	1.43 X 10 <sup>7</sup> ± 1.80 X 10 <sup>7</sup>	m = 10 <sup>4</sup> M = 10 <sup>5</sup>	6.80 ± 0.89
Muestra 2	2.90 X 10 <sup>4</sup> ± 5.66 X 10 <sup>3</sup>		4.46 ± 0.09

Promedios de recuento (UFC g<sup>-1</sup>) ± desviación estándar de medias (n=2).

Los recuentos de mohos en placas para los ecotipos de maíz morado de las muestras 1 y 2, se encuentran entre 1.43 X 10<sup>7</sup> y 2.90 X 10<sup>4</sup> UFC g<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 5). Es evidente que la muestra 1 presenta un número elevado de colonias, cuyos valores superan los límites establecidos en la NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V.01 para granos secos con un máximo de 10<sup>5</sup> UFC g<sup>-1</sup>. Mientras que los recuentos para los granos de la muestra 2, están al margen de lo estipulado por la normativa. Chavarri et al. (2014) al analizar muestras de maíz tierno molido reporta valores entre 8.6 X 10<sup>6</sup> y 1.2 X 10<sup>7</sup> UFC g<sup>-1</sup>, cuyos

valores son muy similares a los encontrados en la muestra 1. Por lo tanto, la elevada contaminación por mohos en la muestra 1, podría guardar relación directa con el porcentaje de humedad y la actividad de agua en el maíz (Tabla 1).

Acuña et al. (2005), evaluaron muestras de maíz cosechadas en septiembre del 2001, los valores para recuento en placa fueron reportados como incontables. Al analizar la microflora en las muestras del lote de maíz, encontró variedades de especies que incluyeron *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. tamarii*, *A. fumigatus*, *Fusarium moliniforme*, *Rhizopus spp.*,

*Penicillium spp.* Así mismo, cuando se estudió granos de maíz almacenados en silos bolsa, se aislaron especies fúngicas del género *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Eurotium*, entre ellos se identificó 18 especies del género *Penicillium*, 4 del género *Fusarium* y 2 del género *Aspergillus* (Castellari et al., 2015).

**Aislamiento e identificación del género de mohos**

Los hongos endófilos encontrados en muestras de los

granos, fueron del género *Aspergillus sp.*, *Cladosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.* y *Rhizopus sp.* En la Figura 1 se observa el desarrollo micelial de las seis especies de mohos aislados a partir de granos de maíz morado. Donde se evidencia el diámetro de crecimiento en milímetros versus el tiempo de incubación.

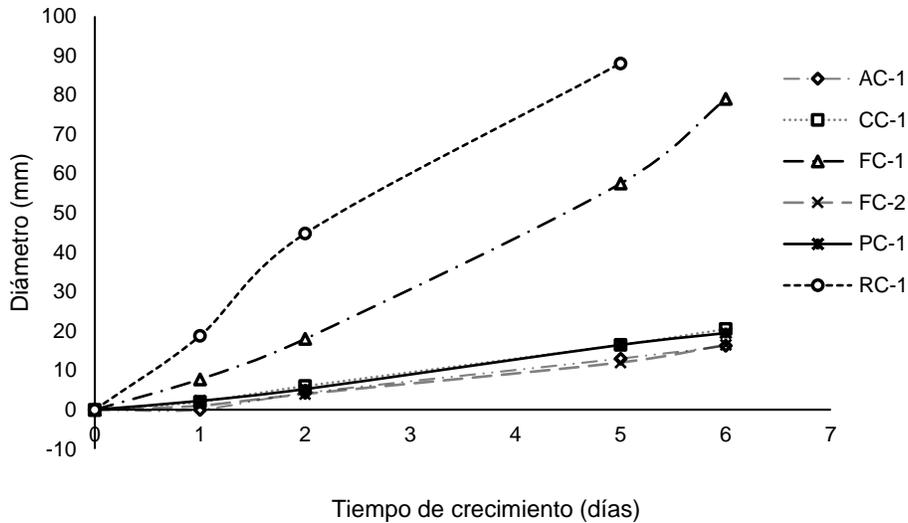


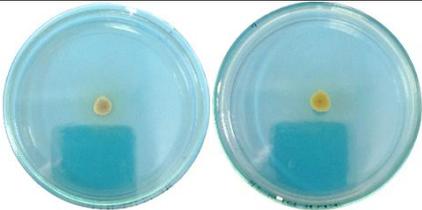
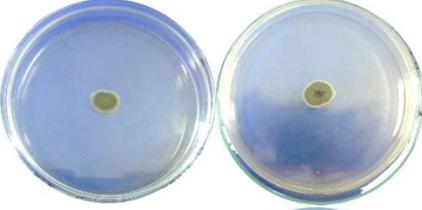
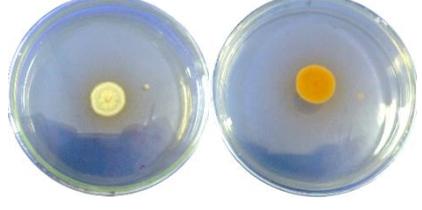
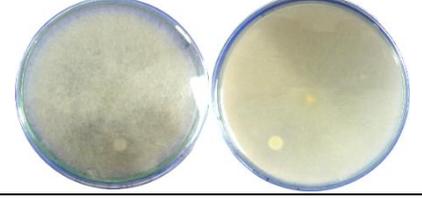
Figura 1. Desarrollo micelial al día 6 (n=2) de las seis especies. AC-1) *Aspergillus* cepa 1; FC-1) *Fusarium* cepa 1; FC-2) *Fusarium* cepa 2; CC-1) *Cladosporium* cepa 1; PC-1) *Penicillium* cepa 1; RC-1) *Rhizopus* cepa 1.

La especie más representativa fue del género de *Fusarium*, ya que se identificó dos cepas, diferenciándose uno del otro por el color del pigmento y la velocidad de crecimiento micelial. Cabe precisar que las cepas *Aspergillus* (AC-1) y *Fusarium* (FC-2), se aislaron únicamente en la muestra 1, en tanto que la cepa *Rhizopus* (RC-1) de la muestra 2, el resto de las cepas se encontraron en ambas muestras. En diversos estudios en granos de maíz o cereales se aislaron variadas cepas de *Fusarium*. El género *Fusarium* tiene una gran variabilidad, así como los

pigmentos difundidos en el micelio de cultivo (púrpura blanquecino, violeta, crema blanquecina, crema y rosa magenta), con borde regulares de micelio lanoso y húmedo (Castro et al., 2018).

En la Tabla 6 se describen las características macroscópicas de las colonias aisladas, cada especie con características que la hacen únicas, estas cepas se desarrollaron muy bien en el medio de cultivo PDA a 25 ± 0.2 °C con humedad relativa de 43 % durante seis días.

Tabla 6. Características macroscópicas. Anverso (izquierda) y reverso (derecha).

Cultivo en placas con agar PDA	Colonias descripción macroscópica
	AC-1 Planas y algodonosas, crema con centro verde. Luego el micelio se torna a mostaza y posteriormente marrón, con elevación umbilicado a convexa baja, de superficie granular, forma irregular y margen ondulado. Reverso con pigmento amarillo sin surcos radiales.
	CC-1 De tonalidad verde oliva en el anverso, sin pliegue, pulverulenta, plana, forma oval con borde liso y halo blanco cremoso. Reverso negro con pequeños surcos radiales.
	FC-1 De rápido crecimiento, algodonoso, textura aterciopelada, forma circular y borde filamentososo. Pigmento en el micelio reproductivo de violeta, anaranjado a rojo purpura al anverso y reverso de la placa.
	FC-2 Algodonosas blanco salomón pálido de crecimiento regular, con micelio bajo, de borde circular y margen entero. Reverso amarillo a naranja liso.
	PC-1 Algodonosas con surcos, anillos radiales irregulares de color verde mar en el centro con borden amarillo azufre y pigmentación anaranjado alrededor. Formación de exudados de color amarillo. Forma circular de borde entero. Reverso anaranjado al pasar los días forma los surcos radiales.
	RC-1 Colonias de rápido crecimiento con abundante micelio de textura algodonosa, forma circular. Esporangios globos grisáceas. Reverso de color de blanco crema.

La distribución micelial fue heterogénea para cada especie identificada, la cepa de *Rhizopus* fue la que tuvo mayor velocidad de crecimiento de aproximadamente 18 mm día<sup>-1</sup>, al día seis superando los 90 mm de la placa, muy seguido la cepa FC-1 con promedio de 79 mm de diámetro. Las demás cepas siguen un patrón similar de desarrollo entre 16.3 a 20.5 mm hasta el día seis. Cruz-Lachica et al. (2017) aisló *R. oryzae* de muestras de paya, donde el desarrollo micelial fue de 24.6 mm día<sup>-1</sup> a 25° C. La Figura 2 muestra las características morfológicas de las cepas aisladas, obtenidas con un microscopio óptico a 40x.

Se observa la cabeza aspergilar pequeña, el conidióforo del cual surge la fiálide y los conidios (AC-1); las hifas de *Cladosporium* sostienen las cadenas ramificadas de conidios elipsoides (CC-1); del género *Fusarium* presentan macroconidios (FC-1) y microconidios (FC-2) producidos a partir de fiálides, los macroconidios son largos en forma de media luna multiceptados; el *Penicillium* presentan estructura ramificada parecido a un pincel, los conidios se generan de la fiálide que se portan sobre las métulas, las hifas son septadas (PC-1); los mucorales, un grupo amplio donde se incluyen los *Rhizopus spp.* cuya Figura (RC-1)

muestra la estructura típica del esporangio globoso que en su interior contiene decenas de esporas, liberación de esporangiospora. Las características

de los macroconidios y micronidios son muy similares a lo aislado de plantas de maíz para el género *Fusarium* (Manrique, 2014).

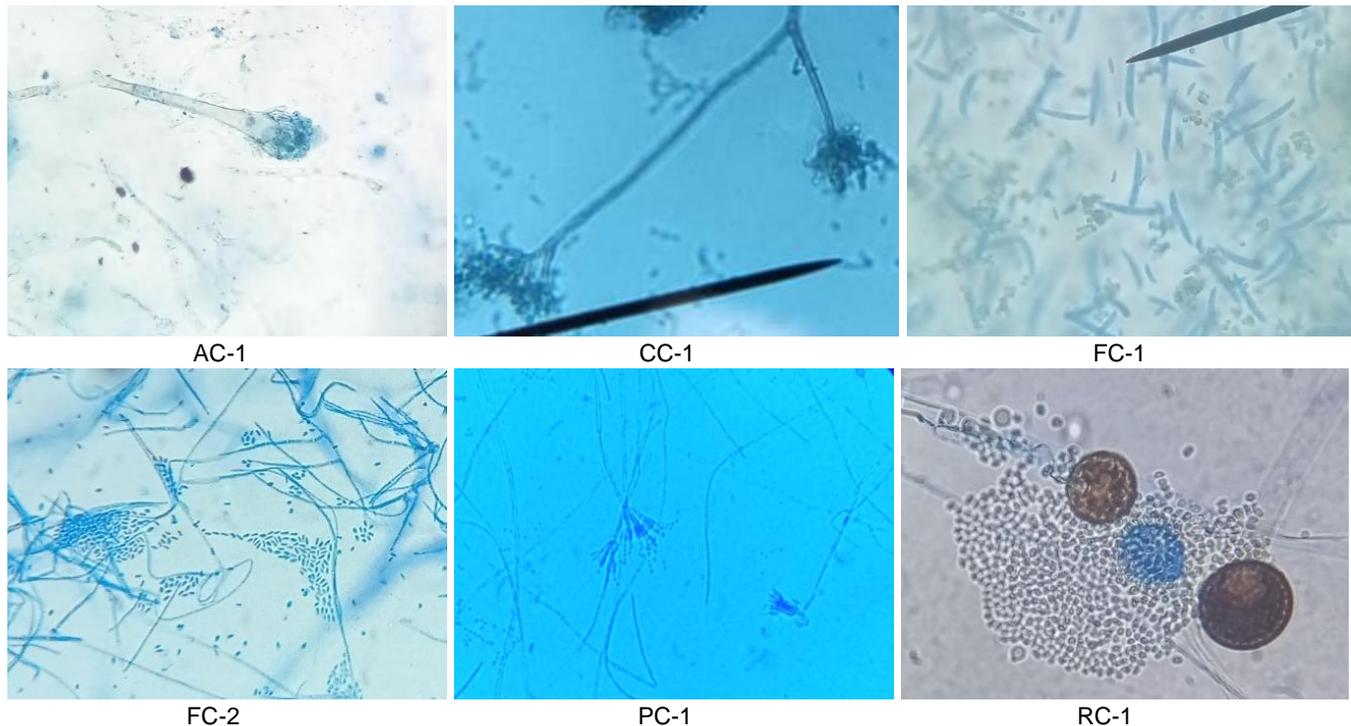


Figura 2. Características morfológicas de seis cepas aisladas. Conidióforo, conidios y esporangio teñidas con azul de lactofenol, observados a 40x.

Los géneros identificados como los principales mohos toxigénicos que alteran los alimentos y piensos son *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Alternaria* (Bangar et al., 2021; Bocate et al., 2021).

El hecho de que se produzca el crecimiento de un moho no implica la presencia de micotoxinas puesto que no todos los hongos son micotoxigénicos. Las micotoxinas son producidas por el moho cuando este se encuentra en la ideofase, fase en la que no se produce crecimiento, pero en la que él permanece metabólicamente activo y no solo afecta al grano del maíz desde el punto de vista nutricional y sensorial, sino que también son consideradas sustancias cancerígenas, representando un problema de salud pública (Martínez, 2018); pueden representar graves amenazas para los seres humano y el ganado, provocando pérdidas económicas (Bangar et al., 2021; Wu, 2022).

## CONCLUSIONES

Los granos de maíz evaluados son una fuente proteica importante para la alimentación humana o animal por superar los 8 g 100g<sup>-1</sup> de muestra. En las muestras evaluadas se reportan macronutrientes destacando el

contenido de antocianinas en las corontas, siendo muy superior con respecto a los granos. El inadecuado manejo de postcosecha y almacenamiento evidencia la presencia de mohos y sus metabolitos, lo que conlleva al deterioro de la calidad comercial y tiende a generar pérdida económica para los productores de la zona. El aislamiento de mohos permitió identificar seis cepas asociadas al deterioro de los granos, además conocer el desarrollo de estos microorganismos para monitorear el manejo dentro de la cadena alimentaria para garantizar la inocuidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alessi-Cusati, PA; Ekmeiro-Salvador, JE. 2020. Inocuidad microbiológica de las masas artesanales de maíz expandidas en Puerto La Cruz, Venezuela (en línea). *Revista Peruana de Investigación en Salud*, 4(4):161-169. Consultado 11 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.35839/repis.4.4.729>
- Acuña, CA; Díaz, GJ; Espitia, ME. 2005. Aflatoxinas en maíz: reporte de caso en la costa atlántica colombiana (en línea). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia* 52(2):156-162. Consultado 23 mar. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639209007.pdf>
- Alvarado, VM. 2015. Efecto de la lámina de riego y del nivel nutricional en el crecimiento y rendimiento de maíz

- morado (*Zea mays* L.) CV. PMV-581 (en línea). Consultado 09 oct. 2023. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1407>
- AOAC. 2023. Métodos oficiales de análisis (22.ª ed.) (en línea). Consultado 07 mar. 2023. Disponible en <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
- Aquino, S; Ferreira, F; Ribeiro, DH; Corrêa, B; Greiner, R; Villavicencio, AL. 2005. Evaluation of viability of *Aspergillus flavus* and aflatoxins degradation in irradiated samples of maize (en línea). Brazilian Journal of Microbiology, 36:352-356. Consultado 11 oct. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S1517-83822005000400009>
- Ayoubi, N; Soleimani, M; Zare, R. 2017. Cladosporium species, a new challenge in strawberry production in Iran (en línea). Phytopathologia Mediterranea, 56. Consultado 05 mar. 2024. Disponible en [https://doi.org/10.14601/Phytopathol\\_Mediterr-20151](https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-20151)
- Bangar, SP; Sharma, N; Kumar, M; Ozogul, F; Purewal, SS; Trif, M. 2021. Recent developments in applications of lactic acid bacteria against mycotoxin production and fungal contamination (en línea). Food Bioscience, 44, 101444. Consultado 04 may. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101444>
- Bocate, KP; Evangelista, AG; Luciano, FB. 2021. Garlic essential oil as an antifungal and anti-mycotoxin agent in stored corn. LWT, 147, 111600 (en línea). Consultado 14 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111600>
- Cabrera, CR. 2016. Tres láminas de riego en el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo (en línea). Consultado 05 may. 2023. Disponible en <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1960>
- Castro, W; Carrera, K; Herrera, FL; Cupull, R. 2018. Identificación de aislados de *Fusarium* spp. Asociados a (*Solanum quitoense* Lam) en Pastaza, Ecuador (en línea). Centro Agrícola 45(4):7. Consultado 15 oct. 2023. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852018000400005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000400005)
- Castellari, C; Cendoyaa, M; Vallea, F; Barrerab, V; Pacinc, P. 2015. Factores extrínsecos e intrínsecos asociados a poblaciones fúngicas micotoxigénicas de granos de maíz (*Zea mays* L.) almacenados en silos bolsa en Argentina (en línea). Revista argentina de microbiología 47(4):350-359. Consultado 11 feb. 2023. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.ram.2015.08.003>
- Ccaccya, AM; Soberón, M; Arnao, L. 2019. Estudio comparativo del contenido de compuestos bioactivos y cianidina-3- glucósido del maíz morado (*Zea mays* L.) de tres regiones del Perú (en línea). Revista de la Sociedad Química del Perú 85(2):206-215. Consultado 15 may. 2023. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&id=S1810-634X2019000200008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&id=S1810-634X2019000200008)
- Cerro, S; Espillico, L; Cerro, S; Espillico, L. 2021. Antocianinas en corontas y extractos de maíz morado (*Zea Mays* L.) "INIA 615" conservados en anaquel (en línea). Revista de la Sociedad Química del Perú 87(3):217-227. Consultado 08 feb. 2024. Disponible en <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i3.349>
- Chavarri, M; Rojas, V; Rumbos, N; 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 (en línea). Consultado 08 may. 2023. Disponible en [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-25562014000100008](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562014000100008)
- Condori, MB; Aro, JM; Muñoz, AE; Rodríguez, J; Condori, MB; Aro JM; Muñoz, AE; Rodríguez, J. 2020. Determinación de antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de (*Muehlenbeckia volcanica*) (en línea). Revista de Investigaciones Altoandinas 22(2):161-169. Consultado 23 mar. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.18271/ria.2020.604>
- Cruz-Lachica, I; Márquez-Zequera, I; García-Estrada, RS; Carrillo-Fasio, JA; Felix, J; Allende-Molar, R. 2017. Identification of mucoralean fungi causing soft rot in papaya (*Carica papaya* L.) fruit in Mexico (en línea). Mexican Journal of Phytopathology 35(3):3. Consultado 08 may. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1611-3>
- De La Torre-Hernández, E; Sánchez-Rangel, D; Galeana-Sánchez, E; Plasencia-de La Parra, J. 2014. Fumonisinás-Síntesis y función en la interacción *Fusarium verticillioides*-maíz (en línea). TIP, 17(1):77-91. Consultado 16 sept. 2023. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1405-888X\(14\)70321-3](https://doi.org/10.1016/S1405-888X(14)70321-3)
- Espinosa, E; Mendoza, M; Castillo González, F; Ortiz C; Delgado, J; Alvarado, A; Carrillo, A. 2009. Acumulación de antocianinas en pericarpio y aleurona del grano y sus efectos genéticos en poblaciones criollas de maíz pigmentado (en línea). Revista fitotecnia mexicana 32(4):303-309. Consultado 07 may. 2023. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&id=S0187-73802009000400009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&id=S0187-73802009000400009&lng=es&tlng=es)
- FAO. 2023. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción (en línea). Consultado 15 sept. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s10.htm>
- Fonseca, A; Loyola, A; Lyra, L; Busso, A; Muraosa, Y; Taguchi, H; Moretti, M; Schreiber, A. 2018. Rhizopus oryzae Retro-Orbital Abscess: Comparison of Spores and Hyphae Antifungal Susceptibility and Clinical Outcome (en línea). Open Journal of Medical Microbiology 08:1-11. Consultado 13 sept. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.4236/ojmm.2018.81001>
- García-Campos, AU; Cruz-Monterrosa, RG; Rayas-Amor, AA; Jiménez-Guzmán, J; Fabela-Morón, MF; Salgado-Cruz, M de la P; Cortés-Sánchez, A de J; Villanueva-Carvajal, A; Díaz-Ramírez, M. 2020. Caracterización físico-química de maíz (*Zea mays* L.) criollo (azul y rojo) del Estado de México (en línea). Agro Productividad 13(7):95-100. Consultado 08 nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1728>
- Giusti, MM; Wrosltd, RE. 2001. Characterization and measurements of anthocyanins by UV- VIS spectroscopy. CPFAC.; F1.2.1-F.2.13 (en línea). Consultado 03 nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>
- González-Huerta, A; Pérez-López, D; Balbuena-Melgarejo, A; Franco-Martínez, R; Gutiérrez-Rodríguez, F; Rodríguez-González, J. 2023. Submuestreo balanceado en experimentos monofactoriales usando InfoStat e InfoGen: Validación con SAS (en línea). Consultado 14 may. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3418>

- Guchi, E; Ayalew, A; Dejene, M; Ketema, M; Asalf, B; Fininsa, C. 2014. Occurrence of *Aspergillus* Species in Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) along the Value Chain in Different Agro-Ecological Zones of Eastern Ethiopia (en línea). Consultado 08 abr. 2023. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Occurrence-of-Aspergillus-Species-in-Groundnut-L.-Guchi-Ayalew/bc79c18693f9477656ed9ad9e9695c15c6c7b8d0>
- Guillén-Sánchez, J; Mori-Arismendi, S; Paucar-Menacho, LM. 2014. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. Subnigroviolaceo (en línea). *Scientia Agropecuaria* 5(4):211-217. Consultado 21 jul. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>
- Katsurayama, AM; Taniwaki, MH. 2017. Fungos e aflatoxinas no arroz: Ocorrência e significado na saúde do consumidor (en línea). *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, e2017006. Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0617>
- Manrique, Rodríguez FL. 2014. Caracterización morfológica y molecular de aislamientos de *Fusarium verticillioides* (sacc.) nirenber en maíz (*Zea mays* L.) de algunas localidades de los Estados Aragua y Guárico de Venezuela (en línea). Consultado 08 may. 2023. Disponible en <http://saber.ucv.ve/handle/10872/7776>
- Martínez Dorado, A. 2018. Evaluación de crecimiento fúngico y capacidad de producir micotoxinas de mohos aislados de maíz (en línea). Tesis, Universidad de Extremadura. Consultado 17 oct. 2023. Disponible en <https://dehesa.unex.es:8443/handle/10662/8078>
- Medina-Hoyos, A; Narro-León, LA; Chávez-Cabrera, A. 2020. Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina (en línea). *Scientia Agropecuaria* 11(3):291-299. Consultado 06 may. 2023. Disponible en <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- Moreno, C; Aldana, A. 2020. Predicción del crecimiento del hongo *Botrytis spp* en fresa *Fragaria ananassa* por medio de termografía infrarroja. *Ingeniería de Alimentos* (en línea). Consultado 26 oct. 2023. Disponible en [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos/720](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/720)
- Nelson, PE; Toussoun, TA; Marasas, WFO. 1983. *Fusarium* Species: An Illustrated Manual for Identification (en línea). Pennsylvania State University Press. Consultado 08 may. 2023. Disponible en <https://acortar.link/aGmFQm>
- Norma Venezolana COVENIN N°1337:1990. Método para recuento de mohos y levaduras (en línea). Consultado 11 oct. 2023. Disponible en [www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1337-1990.pdf](http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1337-1990.pdf)
- OPS/OMS. 2021. Afiche - Identificación de los géneros: *Aspergillus*, *Fusarium* y *Scedosporium* (en línea). Consultado 01 feb. 2023. Disponible en <https://acortar.link/4U1JH>
- Paulsmeyer, NM; Vermillion, KE; Juvik JA. 2022. Assessing the diversity of anthocyanin composition in various tissues of purple corn (*Zea mays* L.) (en línea). *Phytochemistry* (201):113263. Consultado 09 nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113263>
- Pedreschi, R; Cisneros-Zevallos, L. 2006. Antimutagenic and Antioxidant Properties of Phenolic Fractions from Andean Purple Corn (*Zea mays* L.) (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13):4557-4567. Consultado 06 may. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1021/jf0531050>
- Pitt, JI. 1979. The Genus *Penicillium* and Its Teleomorphic States *Eupenicillium* and *Talaromyces* (en línea). Academic Press. Consultado 12 sept. 2023. Disponible en <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19801362607>
- Prieto, GF; Prieto, MJ; Román, AD; Gordillo, MA; Gómez, AC. 2005. Capacidad de hidratación de los cereales para desayuno Kellogg's (en línea). *Revista chilena de nutrición* 32(2):150-157. Consultado 15 nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.4067/S0717-75182005000200010>
- Quispe, F; Arroyo, K; Gorriti, A. 2011. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa-Perú (en línea). *Revista de la Sociedad Química del Perú* 77(3):205-217. Consultado 06 mar. 2023. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&id=S1810-634X2011000300006](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&id=S1810-634X2011000300006)
- Rabanal-Atalaya, M; Medina-Hoyos, A. 2021. Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes (en línea). *Terra Latinoamericana*, 39. Consultado 25 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
- Ramos-Escudero, F; Muñoz, A; Alvarado-Ortiz, C; Alvarado, Á; Yáñez, J. 2012. Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs (en línea). *J Med Food* 15(2):206-15. Consultado 04 may. 2023. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22082063/>
- Salinas-Moreno, Y; Ramírez, JL; Alemán de la Torre, I; Bautista-Ramírez, E; Ledesma, A. 2021. Evaluación de dos procedimientos de medición de color en granos de maíces pigmentados (en línea). *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 12(7):1297-1303. Consultado 18 may. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2276>
- Sama, M; Martino, I; Guarnaccia, V; Mezzalama, M. 2023. Diversity and Pathogenicity of *Fusarium* Species Associated with Stalk and Crown Rot in Maize in Northern Italy (en línea). *Plants*, 12(22):22. Consultado 11 sept. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/plants12223857>
- Sari, S; Tanjung, W.; Amilia, K; Setyaningsih, R; Pangastuti, A. 2024. Pectinase Production by *Rhizopus stolonifer* A3 Isolated from Apple Peels (en línea). *Caraka Tani Journal of Sustainable Agriculture* 39:10-21. Consultado 09 nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.20961/carakatani.v39i1.77610>
- UNAM-Cuautitlán. 2021. Mohos productores de micotoxinas. Proyecto PAPIME PE206620 (en línea). Consultado 05 feb. 2023. Disponible en [https://masam.cuautitlan.unam.mx/mohos\\_toxicogenos\\_unigras/index.html](https://masam.cuautitlan.unam.mx/mohos_toxicogenos_unigras/index.html)

Valle, M; García i, J; Laos Anchante, D; Yarasca, CE; Loyola, E; Surco-Laos, F. 2019. Análisis proximal y cuantificación de antocianinas totales en *Zea mays* variedad morada sometido a diferentes procesos de secado (en línea). Revista de la Sociedad Química del Perú 85(1):109-115. Consultado 08 dic. 2023. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2019000100011](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000100011)

Wu, F. 2022. Mycotoxin risks are lower in biotech corn (en línea). Current Opinion in Biotechnology 78, 102792. Consultado 22 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102792>

Artículo recibido en: 19 de octubre del 2023

Aceptado en: 12 de abril del 2024