

**REPOSITORIO ACADÉMICO DIGITAL INSTITUCIONAL**

***COMPARACIÓN BROMATOLÓGICA Y ANTIOXIDANTE DE  
TRES TIPOS DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) BLANCO, MORADO Y  
NEGRO DEL ESTADO DE MICHOACÁN.***

**Autor: ILIANA HERNÁNDEZ PINO**

**Tesis presentada para obtener el título de:  
LICENCIADA EN NUTRICIÓN.**

**Nombre del asesor:  
MCS. MERCEDES VICTORIA URQUIZA MARTÍNEZ**

Este documento está disponible para su consulta en el Repositorio Académico Digital Institucional de la Universidad Vasco de Quiroga, cuyo objetivo es integrar, organizar, almacenar, preservar y difundir en formato digital la producción intelectual resultante de la actividad académica, científica e investigadora de los diferentes campus de la universidad, para beneficio de la comunidad universitaria.

Esta iniciativa está a cargo del Centro de Información y Documentación "Dr. Silvio Zavala" que lleva adelante las tareas de gestión y coordinación para la concreción de los objetivos planteados.

Esta Tesis se publica bajo licencia Creative Commons de tipo "Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada", se permite su consulta siempre y cuando se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras derivadas.





**ESCUELA DE NUTRICIÓN**

**TÍTULO DE TESIS:**

**COMPARACIÓN BROMATOLÓGICA Y ANTIOXIDANTE DE TRES  
TIPOS DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*) BLANCO, MORADO Y NEGRO  
DEL ESTADO DE MICHOACÁN.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN NUTRICIÓN.**

**PRESENTA:**

**ILIANA HERNÁNDEZ PINO**

**DIRECTORA DE TESIS**

**MCS. MERCEDES VICTORIA URQUIZA MARTÍNEZ**

**FEBRERO-2019**

**MORELIA, MICHOACÁN**

# ÍNDICE

	AGRADECIMIENTOS.....	I
	LISTA DE ABREVIATURAS.....	II
	ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS.....	III
	ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
<b>I</b>	RESUMEN.....	V
	ABSTRACT.....	VI
<b>II</b>	INTRODUCCIÓN.....	1
<b>III</b>	MARCO TEÓRICO.....	2
3.1	CLASIFICACIÓN DE MAÍZ.....	6
3.1.1	Maíz vandeño (Blanco).....	6
3.1.2	Maíz occidental (Morado).....	7
3.1.3	Maíz cónico (Negro).....	8
3.2	DISTRIBUCIÓN.....	9
3.3	COMPOSICIÓN DE MAÍZ.....	10
3.4	POLIFENOLES.....	10
3.5	ANTIOXIDANTES.....	12
3.6	USOS DEL MAÍZ EN MÉXICO.....	13
3.6.1	Consumo humano.....	13
3.6.2	Consumo animal.....	14
3.6.3	Consumo industrial.....	14
<b>IV</b>	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
<b>V</b>	JUSTIFICACIÓN.....	16
<b>VI</b>	HIPÓTESIS.....	17
<b>VII</b>	OBJETIVOS.....	17

7.1	Objetivo general.....	17
7.2	Objetivos específicos.....	17
<b>VIII</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
8.1	TIPO DE ESTUDIO.....	18
8.2	PRUEBAS QUÍMICAS.....	19
8.2.1	Determinación de humedad.....	19
8.2.2	Determinación de cenizas.....	19
8.2.3	Determinación de proteína.....	20
8.2.4	Determinación de grasa.....	21
8.2.5	Determinación de fibra cruda.....	21
8.3	PRUEBAS ANTIOXIDANTES.....	22
8.3.1	Determinación de inhibición de radicales DPPH.....	22
8.3.2	Determinación de inhibición de radicales ABTS.....	23
8.3.3	Determinación de polifenoles totales por el reactivo de Folin-Ciocalteu.....	23
8.3.4	Determinación de flavonoides totales.....	24
<b>IX</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>X</b>	<b>CRONOGRAMA.....</b>	<b>32</b>
<b>XI</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>XII</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
<b>XIII</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>39</b>
<b>XIV</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero dar gracias a Dios por darme vida, salud y por haberme dejado terminar el proyecto, que fue difícil el camino pero que finalmente se concluye una etapa importante en mi vida.

Gracias a mi familia, a mis padres y hermana especialmente porque siempre han estado en las buenas y malas apoyándome a que este trabajo se llevara a cabo con éxito, ya que en todo momento siempre estaban dándome consejos, amor, cariño, regaños, enojos, etc. pero siempre impulsándome para que todo saliera excelente y me titulara pronto.

A mi asesora de tesis la MCS. Mercedes Victoria Urquiza Martínez por su gran apoyo constante, por escucharme, aconsejarme y también compartir ideas para la estructura de la tesis, ya que sin su ayuda este proyecto no se vería de la manera con la que ahora está estructurado, su paciencia y profesionalismo la hace la mejor asesora, le agradezco por eso.

Al equipo del laboratorio de la Facultad de Química Farmacobiología de la Universidad de San Nicolás de Hidalgo, el cual me ayudaron mucho con sus técnicas para realizar mi trabajo de manera profesional y siguiendo reglas y normas que ellos tienen descritas y también por tener la paciencia de poder explicar las cosas de mejor manera, para entender mejor los procedimientos a realizar.

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ABTS</b>	2,2'- Azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)
<b>°C</b>	Grados Centígrados o Celsius
<b>cm</b>	Centímetros
<b>CuSO<sub>4</sub></b>	Sulfato de cobre
<b>DNA</b>	Acido Desoxirribonucleico
<b>DPPH</b>	2,2 Difenil-1- Pricrihidrozilo
<b>HCl</b>	Ácido clorhídrico
<b>HCO</b>	Hidratos de Carbono
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Ácido sulfúrico
<b>IC50</b>	Concentración inhibitoria máxima media es una medida de la potencia de una sustancia para inhibir una función biológica o bioquímica específica
<b>M</b>	Molar
<b>m</b>	Metros
<b>mm</b>	Milímetros
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>NaOH</b>	Hidróxido de sodio
<b>nm</b>	Nanómetros
<b>nM</b>	Nanomolar
<b>µL</b>	Microlitro

## INDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

<b>FIGURA 1</b>	Plato del Buen Comer.....	2
<b>FIGURA 2</b>	Partes del grano de maíz.....	4
<b>FIGURA 3</b>	Maíz Vandefío (Blanco) del Estado de Michoacán.....	6
<b>FIGURA 4</b>	Maíz occidental (Morado) y planta analizadas en el Herbario de la Facultad de biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)...	7
<b>FIGURA 5</b>	Maíz cónico (Negro) y planta analizadas en el Herbario de la Facultad de biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)...	8
<b>FIGURA 6</b>	Representación de la distribución de las diferentes razas de maíces en México...	9
<b>FIGURA 7</b>	Estructura de polifenoles más importantes.....	11
<b>FIGURA 8</b>	Localización de ciudad de Morelia y municipios de Charo y Tarímbaro.....	18
<b>FIGURA 9</b>	Distribución nutricional del maíz ( <i>Zea Mays L.</i> ) Blanco o vandefío.....	26
<b>FIGURA 10</b>	Distribución nutricional del maíz ( <i>Zea Mays L.</i> ) Morado u Occidental.....	27
<b>FIGURA 11</b>	Distribución nutricional del maíz ( <i>Zea Mays L.</i> ) Negro o Cónico.....	27
<b>GRÁFICA 1</b>	Representación gráfica de antioxidantes (Fenoles) en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media $\pm$ EE con un * la $p < 0.05$ vs maíz blanco, analizado con ANOVA.....	28
<b>GRÁFICA 2</b>	Representación gráfica de antioxidantes (Flavonoides) en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media $\pm$ EE con un * la $p < 0.05$ vs maíz blanco, analizado con ANOVA.....	29
<b>GRÁFICA 3</b>	Representación gráfica de antioxidantes (DPPH) en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media $\pm$ EE con un * la $p < 0.05$ vs maíz blanco, analizado con ANOVA.....	29
<b>GRÁFICA 4</b>	Representación gráfica antioxidante de la concentración IC50 en DPPH, en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media $\pm$ EE con un * la $p < 0.05$ vs maíz blanco, analizado con ANOVA.	30
<b>GRÁFICA 5</b>	Representación gráfica de antioxidantes (ABTS) en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media $\pm$ EE con un * la $p < 0.05$ vs maíz blanco, analizado con ANOVA.....	31
<b>GRÁFICA 6</b>	Representación gráfica antioxidante de la concentración IC50 en ABTS, en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media $\pm$ EE con un * la $p < 0.05$ vs maíz blanco, analizado con ANOVA.	31

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b>	Clasificación taxonómica del maíz ( <i>Zea mays L.</i> ).....	3
<b>TABLA 2</b>	Composición nutrimental de los maíces como maíz morado proveniente de Perú, Maíz negro o azul y maíz blanco provenientes de las tablas de valor nutritivo de los alimentos.....	10
<b>TABLA 3</b>	Definición de variables.....	24
<b>TABLA 4</b>	Se muestra la composición bromatológica del maíz. * $p < 0.05$ vs blanco...	26
<b>TABLA 5</b>	Resultados de las pruebas antioxidantes (fenoles). * $p < 0.05$ vs blanco....	28
<b>TABLA 6</b>	Resultados de pruebas antioxidantes.....	29
<b>TABLA 7</b>	Resultados de pruebas antioxidantes (DPPH).....	29
<b>TABLA 8</b>	Resultados de pruebas antioxidantes (ABTS).....	31



## RESUMEN

El maíz representa la base de la alimentación en América Latina. En México es el tercer cereal más consumido. Existen estudios en otros países, como Perú, en los que se ha mostrado que puede ser un alimento funcional y tener beneficios a la salud. Sin embargo, se carecen de estudios publicados que indiquen la composición nutrimental y el contenido fenólico de maíces michoacanos pigmentados. En el siguiente estudio se realizó la comparación bromatológica y antioxidante de tres tipos de maíz (*Zea Mays L.*) blanco, morado y negro del estado de Michoacán, para determinar si hay diferencias nutrimentales y antioxidantes entre los maíces pigmentados y el maíz blanco. **OBJETIVO:** Determinar la composición y comparación nutrimental y antioxidante de tres variedades de maíz (*Zea Mays L.*) maíz blanco, maíz morado y maíz negro del estado de Michoacán. **METODOLOGÍA:** Se determinaron mediante pruebas químicas proteína, grasa, fibra, humedad y cenizas) y también se determinaron capacidad antioxidante con dos técnicas (DPPH y ABTS) así como la cantidad de fenoles totales y flavonoides. **RESULTADOS:** El maíz morado resulta tener una menor cantidad de humedad ( $8.42\pm 0.15\%$ ) y cenizas ( $1.16\pm 0.02\%$ ) respecto al maíz blanco ( $11.41\pm 0.08\%$  vs  $1.42\pm 0.02\%$  respectivamente). El maíz negro tiene mayor cantidad de proteínas ( $8.24\pm 0.39\%$  vs  $6.63\pm 0.002\%$ ) a comparación del maíz blanco. En la determinación de antioxidantes se concluyó que los maíces pigmentados tienen mayor cantidad de fenoles y flavonoides, en el caso del negro este tiene mayor capacidad antioxidante respecto al blanco. Por lo que concluimos que el maíz negro, dadas sus características nutrimentales (al contener más proteína) y antioxidantes al compararlo con el maíz blanco, tiene el potencial de ser beneficioso para la salud.

**PALABRAS CLAVES:** Maíz, Antioxidantes, Polifenoles, Pigmentos, proteína, fibra y Composición Bromatológica

## ABSTRACT

Corn represents the basis of food in Latin America. In Mexico it is the third most consumed cereal. There are studies in other countries, such as Peru, in which it has been shown that corn can be a functional food and have health benefits. However, there are no published studies that indicate the nutritional composition and phenolic content of pigmented michoacan maize. In the following study, the bromatological and antioxidant comparison of three types of maize (*Zea Mays L.*) white, purple and black from the state of Michoacán was made to determine if there are nutritional and antioxidant differences between pigmented maize versus white corn. **OBJECTIVE:** To determine the nutritional and antioxidant composition and comparison of three varieties of corn (*Zea Mays L.*) white, purple and black corns from the state of Michoacán. **METHODOLOGY:** Protein, fat, fiber, moisture and ash were determined by chemical tests and antioxidant capacity was determined with two techniques (DPPH and ABTS) as well as the amount of total phenols and flavonoids. **RESULTS:** Purple corn results to have a lower amount of moisture ( $8.42 \pm 0.15$  %) and ash ( $1.16 \pm 0.02$  %) than white corn ( $11.41 \pm 0.08\%$  vs.  $1.42 \pm 0.02\%$  respectively). Black corn has a higher amount of proteins ( $8.24 \pm 0.39$  \* vs  $6.63 \pm 0.002\%$ ) than the white one. In the determination of antioxidants it was concluded that the pigmented maizes have greater amount of phenols and flavonoids, in the case of black it has greater antioxidant capacity with respect to the white. So we conclude that black corn, given its nutritional characteristics (containing more protein) and antioxidants when compared to white corn, has the potential to be beneficial for health.

**KEYWORDS:** Corn, Antioxidants, Polyphenols, Pigments, Protein, Fiber and Bromatological Composition.

## INTRODUCCIÓN:

El maíz es uno de los tres granos básicos que alimenta a la humanidad, y se conoce como una de las plantas cultivadas con mayor diversidad genética, debido a los distintos tipos y especies.

El maíz (*Zea mays L.*) es la planta más doméstica y evolucionada del reino vegetal. La cual sigue siendo básica de la alimentación de grandes sectores de la población de varios países de Latinoamérica, principalmente México y centro América (DIAZ VELAZQUEZ, 2014), (Valadés, 2015).

Existen varias subespecies de maíz en el mundo, los cuales presentan múltiples colores, tales como el blanco, negro, morados, amarillos, azules, etc. Estos maíces pigmentados se hallan dentro de las 41 razas de maíz descritas en el país. Los colores negros, morados, rojos, etc., deben éste a las antocianinas, compuestos que en el grano están en el pericarpio y en la capa de aleurona o en ambas estructuras (DIAZ VELAZQUEZ, 2014).

Los granos de maíz están constituidos por tres partes principales: la cascarilla, el endospermo y el germen. La cascarilla o pericarpio es la piel externa o cubierta del grano, que sirve como elemento protector. El endospermo, es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso del grano. El germen contiene una pequeña planta en miniatura, además de grandes cantidades de energía en forma de aceite, que tiene la función de nutrir a la planta cuando comienza el período de crecimiento, así como otras muchas sustancias necesarias durante el proceso de germinación y desarrollo de la planta (Asturias, 2004), (Sánchez Ortega & Pérez-Urria Carril, 2014).

Dado que no se han encontrado datos referentes a la composición nutrimental y antioxidante de maíz blanco, morado y negro del estado de Michoacán, en el presente estudio nos planteamos las siguientes preguntas: 1) ¿Cuál será la diferencia en la composición nutrimental entre un maíz morado y un negro, respecto al blanco?, 2) ¿Cuál de los tres maíces será el de mejor calidad nutricional? 3) ¿Contienen las mismas propiedades antioxidantes?

El presente estudio está enfocado en determinar estas características que pueden servir de base para estudios futuros en el desarrollo de productos derivados de maíces pigmentados que ofrezcan beneficios a la salud.

## MARCO TEÓRICO

En la alimentación cotidiana es importante consumir alimentos de todos los Grupos representados en el “Plato del Buen Comer” (Figura 1) y, dentro de cada grupo, la mayor variedad posible puesto que cada alimento es único y rico en determinados nutrientes que podrían no estar presentes en el resto de alimentos.



**FIGURA 1.** Plato del Buen Comer.

Tomado de: NORMA Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación.

En el primer grupo de los alimentos, representado en color verde, se encuentran las frutas y las verduras que aportan energía, fibra, minerales, vitaminas y agua. En otro grupo, color rojo se encuentran los alimentos de origen animal que la cual son fuente importante de calcio, proteína y hierro, después están las leguminosas que son fuente importante de proteínas, carbohidratos, fibra y vitaminas. Por último se encuentra el grupo de los cereales y tuberculosos en amarillo, que son la fuente más importante de energía y fibra en la alimentación humana, en este se encuentran la papa, el camote, el trigo, la avena, el arroz y el maíz. (Ramírez-Rojo, Vargas-Sánchez, del Mar Torres-Martínez, Torrescano-Urrutia, & Sánchez-Escalante, 2018)

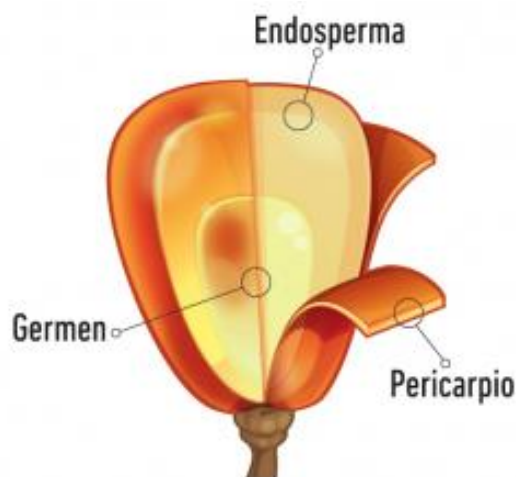
El maíz es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal. Se tienen reconocimientos que en el centro de México existe desde hace 10,000 años. Su nombre se debe a la denominación de los indígenas tainos del caribe que denominaban a esta planta *mahis*, que significa “Lo que sustenta la vida”. La clasificación taxonómica del maíz está representada en la Tabla 1. Los granos de maíz están constituidos principalmente de tres partes: la cascarilla, el endospermo y el germen. La cascarilla o pericarpio es la piel externa o cubierta del grano, que sirve como elemento protector. El endospermo, es la reserva energética del grano y ocupa hasta el 80% del peso del grano. Contiene aproximadamente el 90% de almidón y el 9% de proteína, y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos traza, así como se presenta en la Figura 2 (Asturias, 2004), (Paliwal, 2001).

**TABLA 1.** Clasificación Taxonómica.

<b>TAXONOMÍA</b>	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Subclase:</b>	Commelinidae
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Subfamilia:</b>	Panicoideae
<b>Tríbu:</b>	Andropogoneae
<b>Subtribu:</b>	Tripsacinae
<b>Género:</b>	<i>Zea</i>
<b>Especie:</b>	<i>Zea Mays</i>

Tomado de:(Doebly & Stec, 1993)

El germen contiene una pequeña planta en miniatura, además de grandes cantidades de energía en forma de aceite, que tiene la función de nutrir a la planta cuando comienza el período de crecimiento, así como otras muchas sustancias necesarias durante el proceso de germinación y desarrollo de la planta (Asturias, 2004), (Robles, Macías, Sánchez, Ortega, & Zavala, 2018).



**FIGURA 2.** Partes del grano de maíz. Tomado de:(Doebly & Stec, 1993)

El maíz es un cereal nativo de América, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica, desde donde se difundió hacia todo el continente.

Los mitos de los diferentes grupos indígenas americanos coinciden en que originalmente el maíz permanecía oculto bajo una montaña o una enorme roca y solamente las hormigas podían llegar a ese sitio y sacar los granos (Asturias, 2004), (Espinoza, 2018).

El género *zea* pertenece a la familia *Poaceae* que comprende más de 600 géneros. Los dos géneros del Nuevo Mundo más emparentados con el maíz son *Tripsacum* y *Zea*. El género *Zea* contiene cinco especies de México y Centroamérica: *Zea diploperennis* Iltis, Doebly y Guzmán; *Zea perennis* (Hitchcock) Reeves y Mangelsdorf; *Zea luxurians* (Durieu y Ascherson) Bird; *Zea mays Linnaeus* y la descrita recientemente *Zea nicaraguensis* Iltis y Benz. La especie domesticada conocida es *Zea mays L.*, su pariente silvestre más cercano es el *teocintle* de las subespecies *parviglumis* y mexicana (Kato Yamakake, Sánchez, Ovando, Hernández, & Antoniocoaut, 2009), (Mouton, 2015).

El maíz es una planta de porte robusto y de hábito anual; el tallo es simple, erecto, de elevada longitud alcanzando alturas de uno a cinco metros, con pocos macollos o ramificaciones, su aspecto recuerda al de una caña de azúcar por la presencia de nudos y entrenudos y su médula esponjosa. Las hojas nacen en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; se encuentran abrazadas al tallo

mediante la vaina que envuelve el entrenudo y cubre la yema floral, de tamaño y ancho variable. Las raíces primarias son fibrosas presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta (Kato Yamakake et al., 2009)

El maíz se siembra en una gran variedad de regiones agroecológicas que van de altitudes de 0 m hasta cerca de los 4,000 metros, se cultiva desde el ecuador hasta altas latitudes en los dos hemisferios, se siembra en regiones de precipitación pluvial desde menos de 400 mm hasta los 3,000 mm, en suelos y climas muy variables. De acuerdo a la literatura revisada la mejor producción se logra en climas en donde las temperaturas medias en los meses calurosos varían entre 21 y 27°C, con un período libre de heladas en el ciclo agrícola variable de 120 a 180 días (Kato Yamakake et al., 2009), (Bonkowski & Porris, 2018).

Es importante tener en cuenta que las variaciones ambientales pueden modificar la cantidad de micronutrientes y macronutrientes, así como de biomoléculas que son productos de su metabolismo secundario como los compuestos fenólicos.

Dentro de su composición se encuentran ciertos pigmentos como las antocianinas que forman parte de una gran familia de polifenoles en plantas y son responsables de los colores para muchas frutas y flores observadas en la naturaleza. Se encuentran típicamente en frutas tales como arándanos, fresas y uvas. Investigaciones recientes se han enfocado a los beneficios en la salud de estos pigmentos, atributos especialmente a su actividad antioxidante (Aguilera-Ortíz, Alanis-Guzmán, García-Díaz, & Hernández-Brenes, 2009), (L. B. Ramírez et al., 2018).

La acumulación de datos muestra que las antocianinas y los extractos de plantas ricos en antocianinas pueden proveer diversos beneficios a la salud, incluyendo protección de DNA, actividad anti-inflamatoria, actividad antioxidante, actividad anti-cancerígena y prevención de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Aguilera-Ortíz et al., 2009), (L. B. Ramírez et al., 2018).



## CLASIFICACIÓN DE MAÍZ

### Maíz vandeño (BLANCO):

La raza presenta planta de altura promedio de 3.17 m y la mazorca se ubica a los 2.14 m, tiene 14.50 hojas y una precocidad de 103 días a floración masculina. La espiga tiene una longitud total de 64.75 cm, 16.53 cm de la parte ramificada y 21.36 ramas laterales. La distancia entre nudos de la espiguilla es de 1.08 cm y la longitud de la gluma de 0.93 cm. La mazorca tiene una longitud de 19.38 cm, 5.21 cm de diámetro, 13.78 hileras y cada hilera 44.38 granos. El grano tiene 1.33 cm de longitud, 0.99 cm de ancho y 0.40 cm de grosor. En Michoacán se distribuye principalmente en la región tierra caliente y valle de Apatzingán (Carrera et al., 2011). Como se muestra en la Figura 3.



**FIGURA 3.** Maíz Vandeño del Estado de Michoacán. Tomado de: (C. Ramírez, 2013)



COMPARACIÓN BROMATOLÓGICA Y ANTIOXIDANTE DE TRES TIPOS DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*)  
BLANCO, MORADO Y NEGRO DEL ESTADO DE MICHOACÁN.

Maíz occidental (MORADO):

La planta tiene una altura de 2.15 m y la mazorca se ubica a 1.03 m, tiene 10.63 hojas y una precocidad de 90 días a floración masculina. La espiga mide 69.94 cm de longitud, 10.09 cm en la parte ramificada y 9.75 ramas laterales. La distancia entre nudos de la espiguilla es de 1.29 cm y la longitud de la gluma fue de 1.22 cm. La mazorca tiene una longitud de 25.20 cm, 6.71 cm de diámetro, 15.18 hileras y cada hilera 47.53 granos (Carrera et al., 2011). Como se muestra en la siguiente Figura 4.

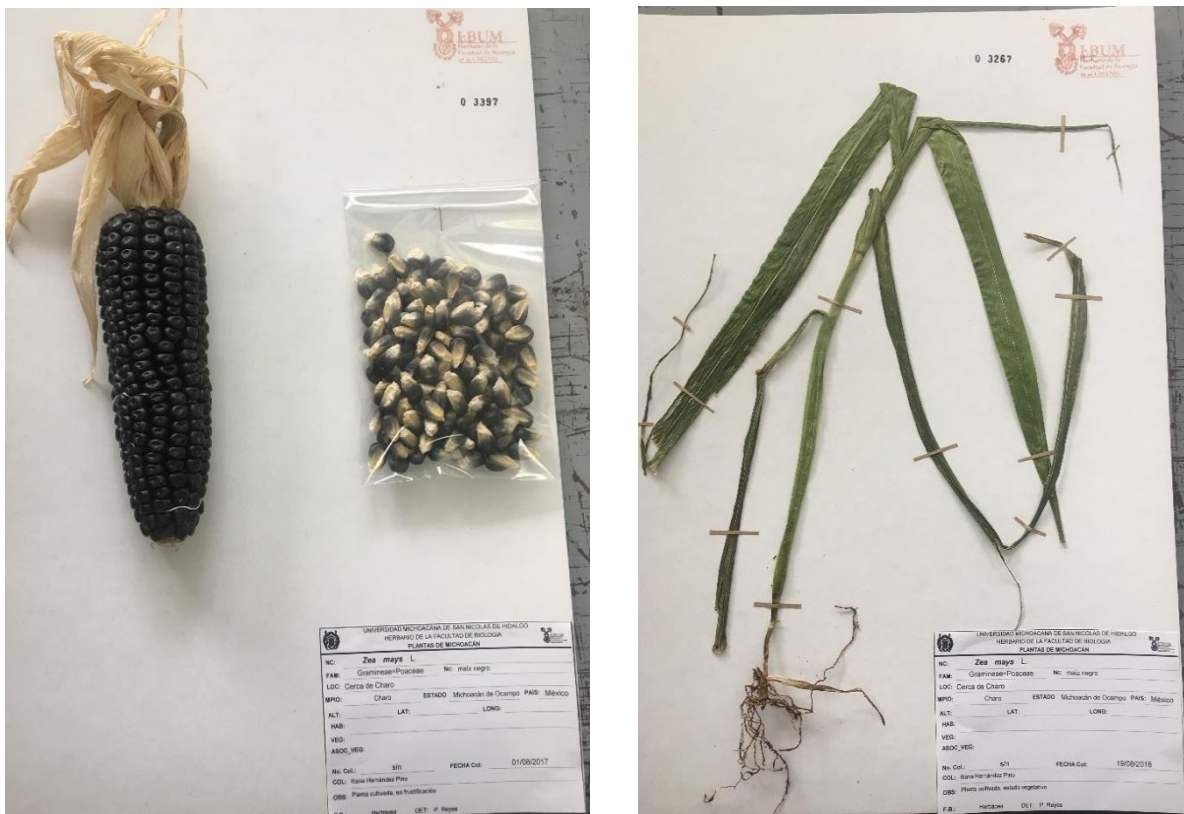


**FIGURA 4.** Maíz Occidental (Morado) y planta Analizadas en el Herbario de la Facultad de biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Fuente Original.

COMPARACIÓN BROMATOLÓGICA Y ANTIOXIDANTE DE TRES TIPOS DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*)  
BLANCO, MORADO Y NEGRO DEL ESTADO DE MICHOACÁN.

Maíz cónico (NEGRO):

Tiene una altura de planta y de mazorca de 2.36 m y 1.20 m; respectivamente, 10.84 hojas y una floración masculina de 82 días. La espiga tiene una longitud de 66.59 cm con una parte ramificada de 7.51 cm y 13.19 ramas laterales. La gluma mide 1.26 cm de longitud. La mazorca tiene una longitud y diámetro de 15.55 cm y 4.55 cm; respectivamente, 12.91 hileras y cada hilera 29.81 granos. El grano es de color negro con una longitud, ancho y grosor de 1.52 cm, 0.86 cm y 0.44 cm, respectivamente (Carrera et al., 2011). Como se muestra en la figura 5.



**FIGURA 5.** Maíz Cónico (Negro) y planta analizadas en el Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Fuente Original.

DISTRIBUCIÓN:

En la siguiente Figura 6 se muestra la distribución de los maíces que estamos utilizando en el estudio Maíz blanco o vandeño, Morado u Occidental y Negro o Cónico.



**FIGURA 6.** Representación de la distribución de las diferentes razas de maíces en México.  
Tomado de: (González Castro, Palacios Rojas, Espinoza Banda, & Bedoya Salazar, 2013).

## COMPOSICIÓN DE MAÍZ

La calidad nutritiva del grano de maíz está determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas, mientras que su textura y dureza están determinadas por su constitución física. El maíz es un producto con alto contenido de carbohidratos y bajo tenor de proteínas, las cuales están constituidas principalmente por zeína y carecen casi por completo de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano (Barrios & Basso, 2018).

**TABLA 2:** Composición nutrimental de los maíces como maíz morado proveniente de Perú, Maíz negro o azul y maíz blanco provenientes de las tablas de valor nutritivo de los alimentos.

	<b>Maíz blanco (100 g)</b>	<b>Maíz morado Perú (100 g)</b>	<b>Maíz negro O azul. (100 g)</b>
<b>Proteínas (g)</b>	3.3	2.59	8.00
<b>Lípidos (g)</b>	0.78	0.13	4.30
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	73	76.56	74.6
<b>Fibra (g)</b>	2.8	1.80	3.00

Fuente: (Guillén-Sánchez, Mori-Arismendi, & Paucar-Menacho, 2014) ; (Miriam Muñoz de Chavez, 2002).

Los maíces pigmentados como el maíz morado y el negro contienen mayor cantidad de compuestos fenólicos, los cuales van actuar como antioxidantes naturales. Dentro de estos compuestos fenólicos se encuentran las antocianinas (Luis et al., 1998).

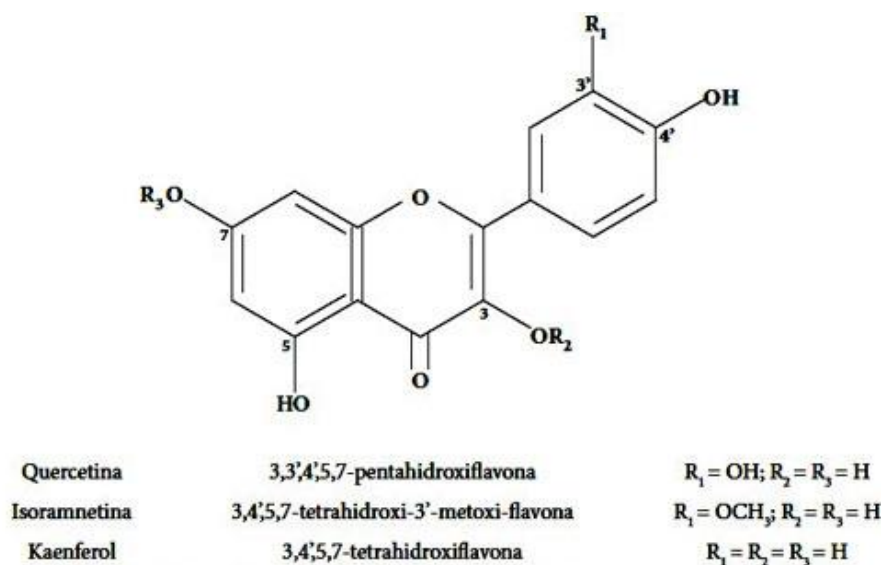
El maíz peruano es alto en antocianinas (entre 1.5 -6.0 %), el cual como ya se mencionó son antioxidantes naturales, que en humanos se han mostrado tener capacidades como anticancerígenos y otros beneficios para la salud.

## POLIFENOLES

En la naturaleza existe una amplia variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos

fenólicos. Estos compuestos podemos denominarlos polifenoles. Se originan principalmente en las plantas, que los sintetizan en gran cantidad, como producto de su metabolismo secundario. Algunos son indispensables para las funciones fisiológicas vegetales. Otros participan en funciones de defensa ante situaciones de estrés y estímulos diversos (Quiñones, Miguel, & Aleixandre, 2012), (L. B. Ramírez et al., 2019). En la siguiente Figura 7 se muestran los polifenoles más importantes.

La biosíntesis de los polifenoles como producto del metabolismo secundario de las plantas tiene lugar a través de dos importantes rutas primarias: la ruta del ácido siquímico y la ruta de los poliacetatos. La ruta del ácido siquímico proporciona la síntesis de los aminoácidos aromáticos (fenilalanina o tirosina), y la síntesis de los ácidos cinámicos y sus derivados (fenoles sencillos, ácidos fenólicos, cumarinas, lignanos y derivados del fenilpropano). La ruta de los poliacetatos proporciona las quinonas y las xantonas. (Quiñones et al., 2012), (L. B. Ramírez et al., 2019).



**FIGURA 7.** Estructura de los polifenoles más importantes. Tomado de: (García Martínez, Fernández Segovia, & Fuentes López, 2015)

Los polifenoles que han demostrado un posible papel en la prevención de cáncer, diabetes, hipertensión, etc, lo cual en estudios llevados a cabo in vitro, sólo podrán ser verdaderamente afectivas si alcanzan los tejidos donde han de ejercer su acción en concentraciones suficientes para tener un efecto biológico. Es por tanto esencial conocer la absorción y el metabolismo de estos polifenoles



en el organismo humano mediante estudios de su biodisponibilidad in vivo (Quiñones et al., 2012).

## ANTIOXIDANTES

Existen dos tipos de antioxidantes: los antioxidantes enzimáticos y los antioxidantes no enzimáticos. Los primeros se encuentran dentro del organismo e impiden la formación de radicales libres a partir de otras moléculas. Si los radicales libres ya existen, estos antioxidantes se encargan de convertirlos en moléculas menos dañinas para el organismo. Ejemplos de estos antioxidantes son: la catalasa de los peroxisomas, la superóxido dismutasa y el glutatión peroxidasa. Los antioxidantes no enzimáticos son aquellos compuestos que donan sus electrones a los radicales libres, neutralizándolos y evitando reacciones en cadena (Leighton, Urquiaga, & Diez, 1998).

Un antioxidante dietético es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos (Coronado, Vega y León, Gutiérrez, Vázquez, & Radilla, 2015).

Los antioxidantes son sintetizados por el organismo o aportados por la dieta; en general, la síntesis también está en función de la dieta. Entre los antioxidantes más importantes en los alimentos cabe destacar la vitamina C, los carotenoides, la vitamina E y los flavonoides. Particularmente, los fitoquímicos juegan un rol importante por su actividad antioxidante, antiinflamatoria, de aumento del potencial inmune, su efecto antihormonas, de modificación de enzimas metabolizadoras de drogas, influencia sobre el ciclo celular y la diferenciación celular, inducción de apoptosis, supresión y proliferación, y angiogénesis, los cuales cumplen roles en la iniciación y modificación del estado secundario del desarrollo neoplásico (Vallejo-Zamudio, Rojas-Velázquez, & Torres-Bugarín, 2017).

Los antioxidantes impiden que otras moléculas se unan al oxígeno, al reaccionar-interactuar más rápido con los radicales libres del oxígeno y las especies reactivas del oxígeno que con el resto de las moléculas presentes, en un

determinado microambiente -membrana plasmática, citosol, núcleo o líquido extracelular (Sánchez-Valle & Méndez-Sánchez, 2018).

## USOS DEL MAÍZ EN MÉXICO.

El consumo del maíz es más abundante en la actualidad ya que se han dado usos de diferentes tipos tanto como su consumo humano, en lo industrial y semillero.

## CONSUMO HUMANO

### Mazorcas Verdes

- El jugo extraído de los granos frescos, condimentado, cocido y llevado a punto de gelatina.
- Los granos frescos sueltos se usan para hacer sopas, para consumir como hortalizas o son secados y envasados.
- Los granos frescos sueltos molidos hasta forma pastosa y sin fermentar se usan en muchos países para hacer sopas o varios tipos de potajes o cocidos al horno y los "atoles" en México.
- En forma similar a la anterior, pero dejando fermentar la pasta unos pocos días para hacer varios tipos de potajes o budines.

### Nixtamalización:

El componente el cual hacen que la nixtamalización sea efectiva es la cocción de los granos con CaO (Oxido de calcio), seguido de que remueven el pericarpio, mejora su absorción de agua y mejor el valor nutricional. La solución de cal para la nixtamalización está formada por tres partes de agua y una de cal, aunque a veces se usa una mayor concentración de cal.

El tiempo de cocción varía de unos pocos minutos a una hora y media aunque por general está entre 15 y 45 minutos; la temperatura se mantiene por encima de los 68°C (Paredes López, Guevara Lara, & Bello Pérez, 2009),(Roque-Maciél et al., 2016).

## CONSUMO ANIMAL

Maíz como alimento de ganado y aves:

El 40% del maíz producido principalmente en países tropicales es usado para la alimentación animal, el maíz proporciona la más alta tasa de conversión a carne, leche y huevos comparados con otros granos que se usan con el mismo propósito. Su alto contenido de almidón y bajo contenido de fibra hace que sea una alta fuente de concentración de energía para la producción de ganado.

## CONSUMO INDUSTRIAL

Hay un gran número de productos alimenticios del maíz que pasan por un proceso industrial y que son manufacturados y comercializados en escala comercial.

Estos productos incluyen tortillas, harinas de maíz, masa, varios bocadillos, cereales para el desayuno, espesantes, pastas, jarabes, endulzantes, aceite de maíz, bebidas sin alcohol, cerveza y güisqui, alimentos humanos o para los animales domésticos y productos industriales. El proceso de molienda húmeda se usa para la producción de almidón puro, endulzantes, dextrosa, fructosa, glucosa y jarabes, incluyendo jarabe de fructosa con proteínas, almidón industrial, fibras, etanol y aceite de maíz a partir del germen (Paredes López et al., 2009), (Virgen-Vargas et al., 2016).



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el maíz en Michoacán es uno de los cereales más importantes ya que es producido y consumido en un alto porcentaje 86.94% de la producción y se destina principalmente en el consumo humano; se producen anualmente 8 millones de toneladas de maíz según lo dan a conocer la Secretaria de Desarrollo Rural y Agroalimentario (SEDRUA) y la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Todo lo dicho antes está enfocado solamente en maíz blanco que es el más consumido en Michoacán, ya que de este parten para hacer tortillas entre otras cosas. Por otro lado y que es muy importante conocer más los maíces pigmentados ya que en Michoacán existen diferentes especies de maíces, pero en este estudio nos basamos en dos maíces importantes maíz occidental o morado y maíz cónico o negro, saber las cantidades de nutrimentos que contienen y ver capacidades antioxidantes que pueden poseer.

Sin embargo, en la búsqueda de información sobre estos dos tipos de maíces que vamos a estudiar no se encontraron datos que nos indicaran la composición nutrimental y antioxidante en Michoacán, ya que, en estados como Jalisco, Estado de México y Puebla si hay estudios que indican estos datos, aunque es muy importante tener en cuenta que las características geográficas y medioambientales pueden influir en su composición.

En el presente estudio se plantea determinar la composición nutrimental y antioxidante del maíz blanco o vandeño, maíz morado u occidental y maíz negro o cónico producidos en Michoacán. Dicha comparación nos permitirá sustentar que los maíces pigmentados contienen diferente cantidad de antioxidantes, que la cual ayudan al beneficio y prevención en pro de la salud, y así promover su producción y consumo.

## JUSTIFICACIÓN

Por lo tanto en México el maíz es el tercer cereal mayormente consumido, contrariamente a este dato, no se encuentran estudios, en los cuales indiquen las propiedades nutrimentales y antioxidantes que contiene el maíz en el estado de Michoacán, en este caso el maíz blanco, morado y negro.

Estudios han mostrado que los maíces pigmentados presentan propiedades adicionales a las nutrimentales básicas que pueden ser benéficas a la salud de manera preventiva o correctiva.

Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano. Estos pigmentos son responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul en varias frutas, vegetales y cereales, acumulados en las vacuolas de la célula (Garzón, 2008).

En varios estudios realizados en Perú (Guillén-Sánchez et al., 2014) (Ronceros et al., 2012), indican que el maíz morado es usado como alimento funcional, del cual es todo alimento que, además de las funciones nutricionales básicas, cuando es consumido en la dieta normal, produce efectos metabólicos y fisiológicos benéficos a la salud.

Las antocianinas son pigmentos naturales que imparten colores a las plantas para diversas funciones. Estos pigmentos representan un potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos y para la obtención de productos con valor agregado dirigidos al consumo humano.

Las antocianinas como se han estado mencionando forman parte de importantes antioxidantes, el cual estos van hacer benéficos para la salud en menores tasas en enfermedades cardiovasculares, envejecimiento, cáncer, etc; por la cantidad de pigmentos que contienen cada uno de los maíces mencionados.

Al realizar este estudio se conocerán cuáles son las propiedades nutrimentales y antioxidantes de los maíces antes mencionados que son maíz blanco

(vandeño), maíz morado (occidental) y maíz negro (cónico), y saber cuál de estos tres tienen una mejor calidad nutricional y antioxidante.

El promover el consumo de maíces pigmentados ayudaría a mejorar y prevenir enfermedades en la población en general, debido que puede ser utilizado en la dieta habitual que realizamos en el día.

## HIPÓTESIS

La composición nutrimental y antioxidante de los maíces pigmentados, es mejor que la del maíz blanco, los tres originarios del Estado de Michoacán.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Determinar y comparar la composición nutrimental y antioxidante de tres variedades de maíz (*Zea mays L.*) maíz vandeño, maíz occidental y maíz cónico del estado de Michoacán.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer la cantidad de fibra, proteína, hidratos de carbono, lípidos, cenizas y humedad de las tres variedades de maíz blanco, morado y negro.

Cuantificar la cantidad de polifenoles y fenoles en las tres variedades de maíz blanco, morado y negro.

Valorar la capacidad antioxidante de las tres variedades de maíz morado, blanco y negro.

## MATERIAL Y METODOS

### TIPO DE ESTUDIO

El siguiente estudio es un estudio Observacional transversal prospectivo, con un alcance Descriptivo, No Experimental, dado que no se tuvo intervención en ninguna de las variables que pudieron influir sobre la composición (nutrimental y/o antioxidante) de los maíces.

Las muestras de las tres variedades de maíz (*Zea mays L.*) fueron obtenidas el 19 de julio del 2018. El maíz morado (occidental) fue conseguido en las instalaciones del Mercado Independencia de esta ciudad el cual está ubicado en la siguiente dirección: Avenida. Lázaro Cárdenas 526, Ventura Puente, 58020, el cual fue colectado en el municipio de Tarímbaro, localizado al norte del estado de Michoacán, a una altitud de 1860 msnm, donde se cultiva y se procesa. El maíz negro (cónico) conseguido igualmente en instalaciones del mercado antes mencionado, fue colectado del municipio de Charo que se localiza al norte del estado de Michoacán, a una altitud de 1900 msnm, Figura 8. El maíz blanco fue comprado en una tienda local en Morelia, Michoacán.



**FIGURA 8.** Localización de ciudad de Morelia y municipios de Charo y Tarímbaro. Tomada de: Imagen de Google Maps.

Las tres muestras pasaron por el proceso de deshidratación a 50°C en el siguiente equipo (hornos de secado marca ECOSHELL), en el que fueron

separados los granos de la mazorca, teniendo una duración para cada una de las especies de 48 horas. Posteriormente se inició el proceso de pulverización y tamizado para obtener un tamaño de partículas de 250 nm. Cada uno de las determinaciones a analizar se realizó por triplicado.

Los siguientes estudios fueron procesados en la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), con una dirección de Tzinzuntzan 173, Matamoros, con un CP 58240, Morelia Michoacán, realizado específicamente en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos de la Facultad, a cargo el Dr. Héctor Martínez Flores.

#### PRUEBAS QUÍMICAS:

Se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos e indicaciones del Manual de Fundamentos y Técnicas de Análisis de Alimentos, del Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH.

#### Determinación de humedad:

Se colocaron crisoles en el horno a peso constante (marca FELISA Serie FE;TA) a una temperatura de 105° C por 1 hora, después que transcurrió ese tiempo, se sacan los crisoles y se colocan en el desecador por 30 minutos hasta peso constante y después se utilizó la balanza analítica y se registró el peso. Después agregamos por triplicado de muestra 10 g y se volvieron a colocar en el horno a 150° C por 3 horas, por último, se pesó el crisol con la muestra.

$$\% \text{HUMEDAD} = \frac{\text{Peso crisol con muestra} - \text{Peso del crisol solo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### Determinación de cenizas:

Se colocan los crisoles como ya se había especificado antes, posterior a esto se colocan 3 g de muestra en el crisol y se coloca un papel aluminio, se ponen en la parrilla (marca CIMAREC THERMO SCIENTIFIC) para iniciar un proceso de precalcinado a una temperatura de 400° por 4 horas, enseguida transcurridas las

horas se pasa a la mufla (marca FELISA) a 550 ° C por 3 horas y se apaga, al siguiente día se retiran de la mufla y se pesan en la balanza analítica.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{peso del crisol con muestra} - \text{peso del crisol solo}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Determinación de proteínas:

El método para la determinación de proteínas consta de tres etapas (Kjeldahl, 1883):

1) Digestión: Esta se basa en que la muestra se destruye por oxidación con ácido sulfúrico concentrado en la ebullición, en esta parte lo primero que se realizó fue pesar los reactivos a utilizar fueron 7g sulfato de potasio anhídrido ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), 8 g sulfato cúprico ( $\text{CuSO}_4$ ), 7g de la muestra, 50 ml agua destilada y 10ml ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) como parte de digestión de la muestra, estas se colocan en el digestor (marca HEATING DIGESTER DK Velp Científica), después de 60 minutos, la coloración del líquido es nítido transparente con coloración azul claro, se sacaron los tubos del bloque digestor y se dejaron enfriar a temperatura ambiente.

2) Destilación: por otro lado, se inició la destilación en (Destilador KJELDAHL Velp Científica), lo cual primero se libera el amoníaco de la solución de la digestión de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) mediante la adición de solución Hidróxido de Sodio ( $\text{NaOH}$ ). En un vaso Erlenmeyer de 250 ml colocar 30 ml de Ácido Bórico, programar dosificación de 50 ml de  $\text{NaOH}$ , introducir tubo con la muestra dentro del destilador y el vaso en la salida de la solución, Tras añadir solución alcalina, el vapor de agua extrae el componente volátil amoníaco de la solución de digestión (verde) y transporta el amoníaco a través del cabezal de distribución y del condensador de tubo en espiral hasta la solución colectora con ácido bórico (rosa). El amoníaco y el ácido bórico reaccionan aquí de forma estequiometría al borato de amonio, lo que evita que se escape el amoníaco.

3) Titulación: En último paso el anión borato es titulado con Ácido Clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), se coloca en una bureta volumétrica se le añaden 25 ml de  $\text{HCl}$ , su

coloración debe ponerse de un tono gris transparente, se anotan los ml que se utilizaron.

$$\%N = \frac{(\text{Vol. de gasto de muestra})(\text{Normalidad de ácido})(0.01401)}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

$$\%P = (\%N) (6.25)$$

6.25= Factor de proteína.

Determinación de grasa:

Esta determinación fue por medio del método Soxhlet, que consisten la extracción de compuestos no polares por medio del calor.

Se utilizaron matraces bola fondo plano que estos fueron puestos a peso constante como ya se había mencionado antes. En un papel filtro se pesan 3 g de la muestra en el extractor de Soxhlet, en lo matraces bola se agregó 250 ml de solvente hexano y se colocaron el sifón Soxleth y la muestra dentro del extracto, esto se extrajo en un tiempo de 4 horas. Después se colocaron en el sistema de rota-evaporador, se coloca el matraz al vacío caliente a una temperatura de 55 ° C, se va ir evaporando el solvente que en este caso es hexano hasta que el contenido sea de 5 ml. Después de terminar con la evaporación de cada uno se colocaron los matraces en el horno hasta peso constante, después al desecador y por último se pesaron.

$$\% \text{Extracto Etéreo} = \frac{\text{Peso del matraz con grasa} - \text{peso del matraz solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

Determinación de fibra cruda:

En la determinación de este proceso se utilizó 1 gr de muestra desengrasada, estas cantidades se colocaron en matraces posterior a eso se colocaron 100 ml de Ácido Sulfúrico, en una parrilla (marca CIMAREC THERMO SCIENTIFIC) se inició el calentamiento por 30 minutos, después se filtra con agua destilada

caliente, después se vuelve a poner en el matraz y ahora se añade 100 ml de Hidróxido de sodio, se vuelve a realizar lo mismo de principio, se vuelve a filtrar con agua destilada hirviendo y alcohol (10 ml), pasando la muestra de fibra a los crisoles que ya están a peso constante, se colocó en el horno a 550° C por 30 minutos, al día siguiente se colocaron en desecador por 30 minutos a peso constante y se pesaron.

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{Peso del crisol con muestra seca} - \text{Peso del crisol con ceniza}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

#### PRUEBAS ANTIOXIDANTES:

Las siguientes pruebas antioxidantes fueron basadas en el Manual de Técnicas y Procedimientos para la Determinación de Actividad Antioxidantes del Dr. Guillermo Cristian G. Martínez Ávila.

Se realizó una extracción en la cual se utilizaron 1.5 g de muestra de maíz y se pusieron a macerar con metanol acidificado 1% (Ácido Acético), este se puso en baño de sonicación por 15 minutos. Posteriormente se centrifugo en la centrífuga (marca CENTRIFICIENT CRM GLOBE) a 3500 rpm por 10 minutos, y se filtró en papel (Whatman No. 4) con ayuda de una bomba de vacío y se iniciaron las siguientes pruebas por triplicado.

#### Determinación de inhibición de radicales DPPH:

Lo primero que se realizó fue la solución para realizar la curva de calibración que era Acido gálico (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) a un concentración de 200 ppm, después se realizó el reactivo DPPH (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) diluido en metanol a una concentración de 60 µM, después se rotularon los tubos con muestra a utilizar y concentraciones de la curva de calibración. Se pipetearon 50µL de cada concentración de la curva de calibración en sus tubos de ensayo ya rotulados se tomó como blanco una solución de metanol y agua, volver a pipetear 50 µL de la muestra a analizar en tubos correspondientes, por ultimo agregar 2950 µL de reactivo DPPH a cada tubo de calibración y de muestra a analizar, se homogeniza, fue incubado por 30 minutos en la oscuridad y después



se leyó (UV/VIS SPECTROPHOTOMETER) a una longitud de 517 nm y registramos el resultado. Basado en la técnica de DPPH de Blois, MS (1958).

Determinación de inhibición de radicales ABTS:

Se realizó la solución de Trolox (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) a una concentración de 200 ppm, y se realiza la curva de calibración con solución Trolox, se hizo la solución ABTS (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) a una concentración de 7mM, se preparó también la solución de Persulfato de Potasio (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) a una concentración de 2.45 mM, se mezclaron estas dos soluciones y se dejaron oxidar por 12 horas antes de utilizarla, al día siguiente esta mezcla oxidada de ABTS tenía que obtener un valor de  $0.700 \pm 0.002$  nm de absorbancia, se pipeteó a 50  $\mu$ L de cada concentración de la curva realizada en la celda, volver a pipetear 50  $\mu$ L de la muestra analizar igual en la celdilla, por último pipetear 950  $\mu$ L del reactivo, a cada concentración de la curva y muestra y lo leyó a una longitud de onda de 734 nm en (UV/VIS SPECTROPHOTOMETER), y registramos el resultado. Nos basamos en la siguiente técnica de ABTS (Wolfenden, B. S.; Willson, R. L.).

Fórmula para determinar el porcentaje de inhibición:

$$\% \text{INHIBICIÓN} = \frac{\text{Absorbancia}_{\text{sin extracto}} - \text{Absorbancia } c/\text{extracto}}{\text{Absorbancia sin extracto}}$$

Detección de polifenoles totales por el reactivo de Folin-Ciocalteu:

Como la curva de calibración de Ácido Gálico (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) ya estaba realizada, se preparó Carbonato de sodio a una concentración de 75g/L, posterior a eso se rotularon los tubos de muestra a analizar, después se pipeteo 250 $\mu$ L de cada concentración de la curva en tubos correspondientes, después 250 $\mu$ L de la muestra analizar en los tubos correspondientes, 250 $\mu$ L del reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) a cada concentración de la curva y muestra, y por último 250 $\mu$ L de carbonato de sodio a cada concentración de curva y muestra. Se incubó a un baño maría 30 minutos a 40° C, después se pipetearon 2 ml de agua destilada a cada concentración de curva y muestra y se

leyó a una longitud de onda de 750 nm en el (UV/VIS SPECTROPHOTOMETER) y registramos el resultado.

Detección de flavonoides totales:

Se preparó Quercetina (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) a una concentración de 1000 ppm para la realización de la curva de calibración, después iniciamos la preparación de las siguientes soluciones, Nitrito de Sodio a una concentración de 5%, Cloruro de Aluminio a una concentración de 10% y por ultimo Hidróxido de Sodio a una concentración de 1M, se pipeteo 150  $\mu$ L de cada concentración de la curva en tubos, 150  $\mu$ L de solución Nitrito de Sodio a cada concentración de la muestra y curva, 150  $\mu$ L cloruro de aluminio igual a la muestra y curva y por ultimo 1 mL de solución de hidróxido de Sodio a la muestra y curva , se leyó a una longitud de onda de 510 nm y se anotó el resultado. En esta técnica nos basamos en (Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999).

Análisis Estadístico:

Los datos fueron analizados con el programa estadístico GraphPad Prism 6 (La joya, California) en muestras por triplicado. Los resultados son expresados en media  $\pm$  error estándar, y se les aplicó un ANOVA con un ajuste Posthoc de Dunett. Se tomaron como significativos los resultados con una  $p \leq 0.05$ .

**TABLA 3:** Definición de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN
DETERMINACIÓN BROMATOLÓGICA	Es una ciencia que se encarga de estudiar a los alimentos, desde El punto de vista de su obtención e industrialización hasta la forma cómo se absorbe en el organismo.	HUMEDAD: La humedad es una propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, el cual se puede expresar en términos de varias magnitudes. CENIZAS: es el producto de la combustión de algún material, compuesto por sustancias inorgánicas no	Humedad: % Cenizas: % Proteína: % Grasa: % Fibra: %

COMPARACIÓN BROMATOLÓGICA Y ANTIOXIDANTE DE TRES TIPOS DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*)  
BLANCO, MORADO Y NEGRO DEL ESTADO DE MICHOACÁN.

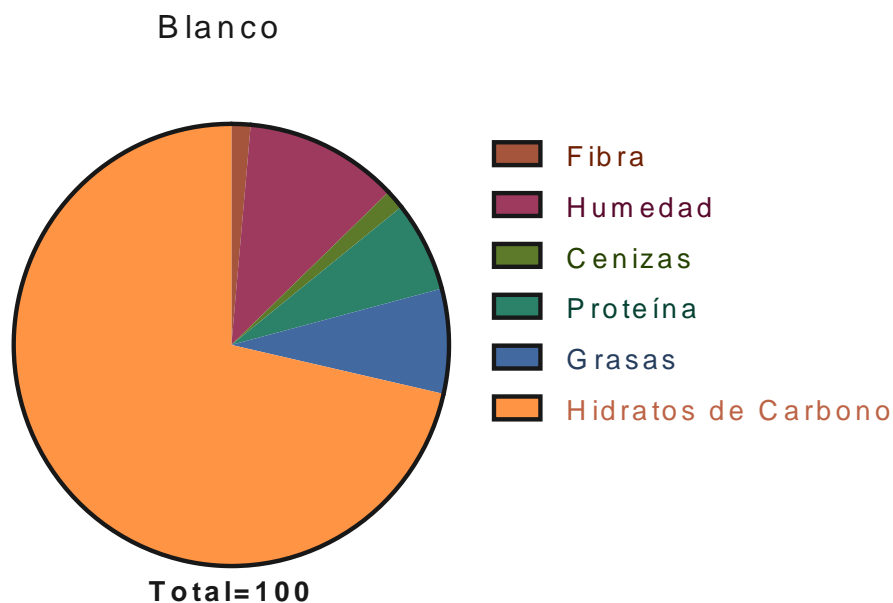
		<p>combustibles, como sales minerales.</p> <p>PROTEINAS: Son las moléculas orgánicas más abundantes en las células; constituyen más del 50 % de su peso seco.</p> <p>FIBRA: es el componente de carbohidrato no digerible que está presente en las plantas.</p> <p>GRASA: sustancia orgánica, untuosa y generalmente sólida a temperatura ambiente, que se encuentra en el tejido adiposo y en otras partes del cuerpo de los animales, así como en los vegetales, especialmente en las semillas.</p>	
ANTIOXIDANTES	Es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas.	<p>DPPH: es uno de los pocos radicales de nitrógeno orgánico estable y disponible en el mercado, y tiene un máximo de absorción de UV-Visible a 517 nm.</p> <p>ABTS: permite la medición de la actividad antioxidantes de mezclas de sustancias y por lo tanto, ayuda a distinguir efectos aditivos y sinérgicos.</p> <p>FOLIN-CIOCALTEU: análisis de proteínas, ya que el reactivo tomaba ventaja de actividad del reactivo hacia un residuo específico de proteína (tirosina)</p> <p>FLAVONOIDES TOTALES: compuestos fenólicos junto con ácidos fenólicos, son un grupo de extenso de compuestos derivados del Benzo y Pirato.</p>	<p>DPPH: mgEAG/100g de muestra e IC50</p> <p>ABTS: mgEAG/100g de muestra e IC50</p> <p>Folin-Ciocalteu: mgEAG/100g de muestra</p> <p>Flvonoides Totales: mgEQ/100g de muestra</p>

RESULTADOS:

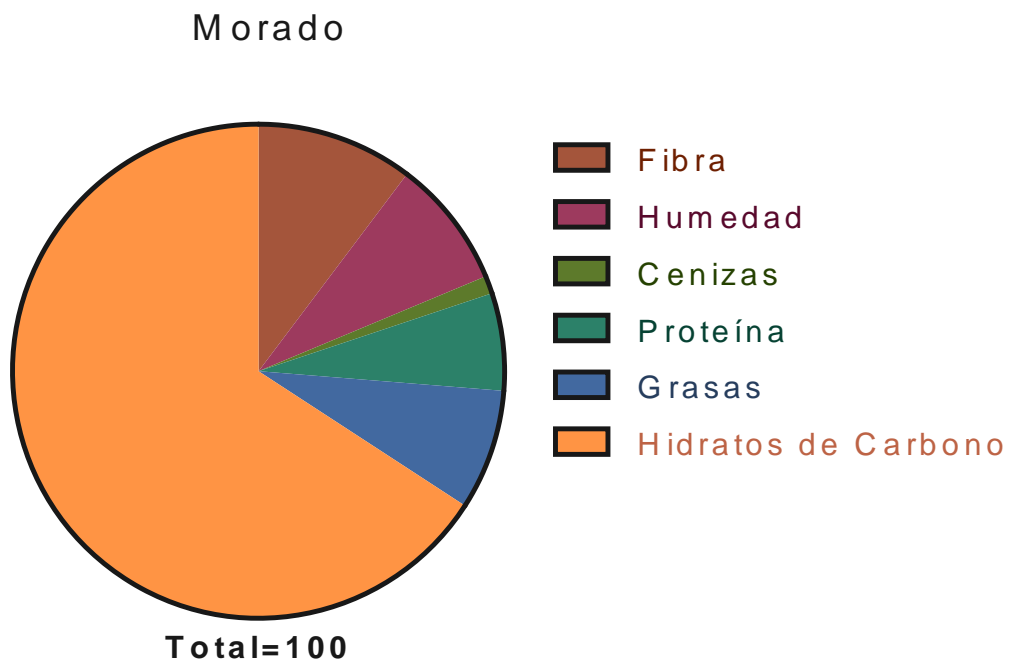
Enseguida se muestran los resultados obtenidos del estudio bromatológico de los maíces blanco (Vandeño), morado (Occidental) y negro (Cónico):

**TABLA 4:** Se muestra la composición bromatológica del maíz g/100g de maíz \*p<0.05 vs Blanco.

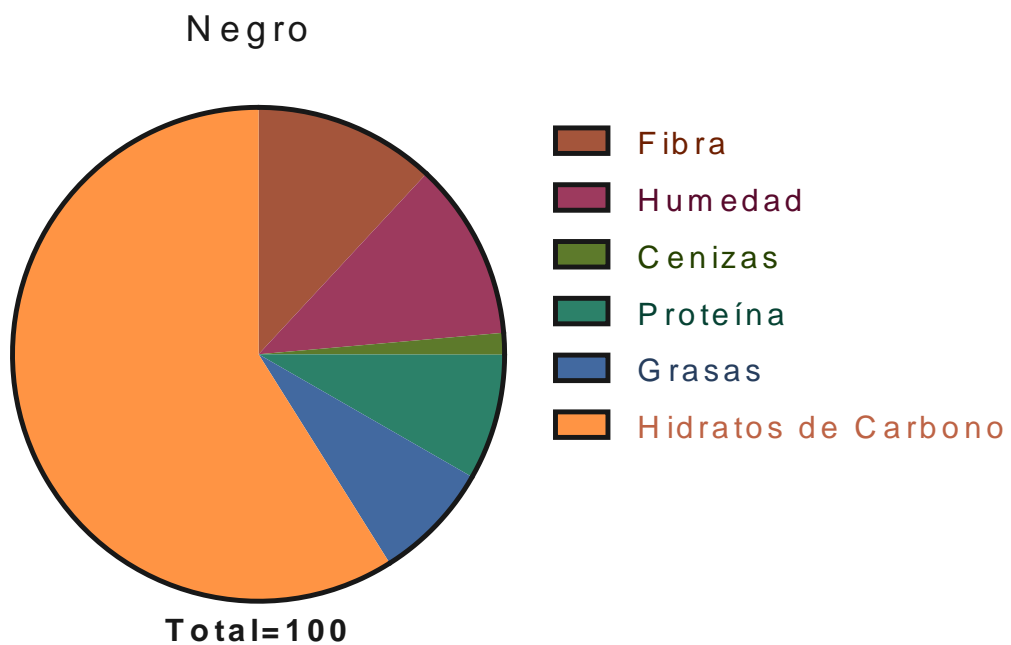
	BLANCO	MORADO	NEGRO
<b>HCO</b>	71.44	65.83	58.94
<b>Proteína</b>	6.63±0.002	6.37±0.25	8.24±0.39*
<b>Grasa</b>	7.66±0.41	7.89±0.48	7.77±0.76
<b>Fibra</b>	1.41±0.96	10.3±2.16	11.94±4.70
<b>Humedad</b>	11.41±0.08	8.42±0.15*	11.66±0.14
<b>Cenizas</b>	1.42±0.02	1.16±0.02*	1.41±0.04



**FIGURA 9.** Distribución nutricional del maíz (*Zea Mays L.*) Blanco o Vandeño



**FIGURA 10:** Distribución Nutricional del maíz (*Zea Mays L.*) Morado u Occidental.



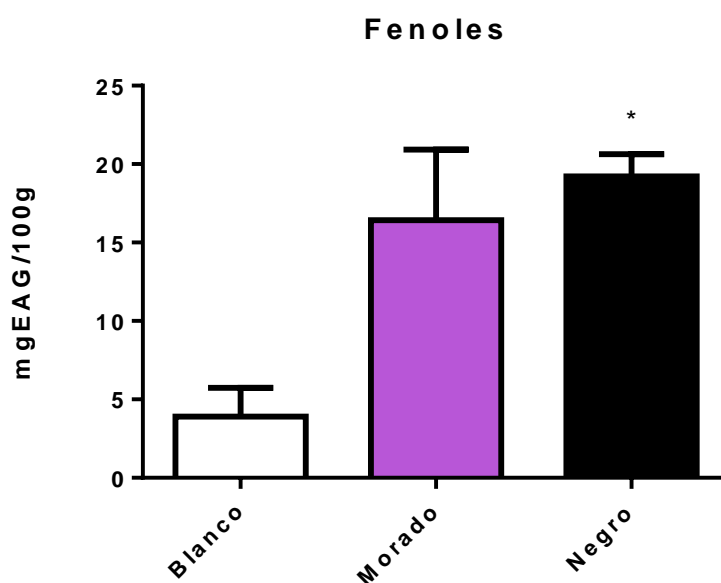
**FIGURA 11:** Distribución nutricional de maíz (*Zea Mays L.*) Negro o Cónico.

### ANTIOXIDANTES:

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas Antioxidantes:

**TABLA 5:** Resultado de las pruebas Antioxidantes (Fenoles). \* $p < 0.05$  vs Blanco.

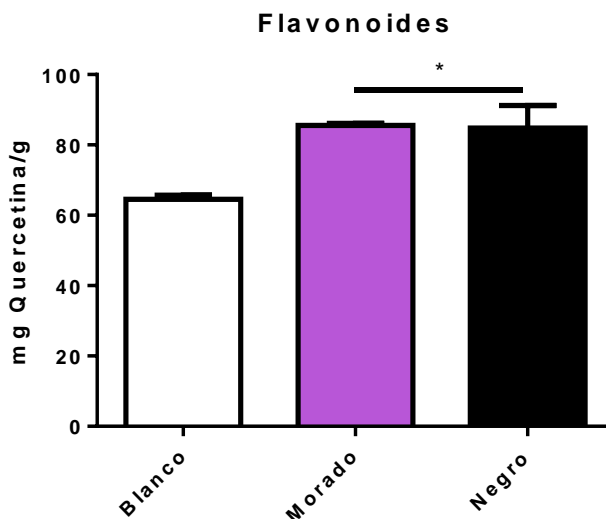
Maíz	Fenoles (mgEAG/100g)
M. Blanco	3.90±1.83
M. Morado	16.42±4.45
M. Negro	19.22±1.40*



**GRÁFICA 1.** Representación gráfica de Antioxidantes (fenoles) en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media  $\pm$  EE con un \* la  $p < 0.05$  vs maíz blanco, analizado con ANOVA.

**TABLA 6:** Resultados de las pruebas Antioxidantes.

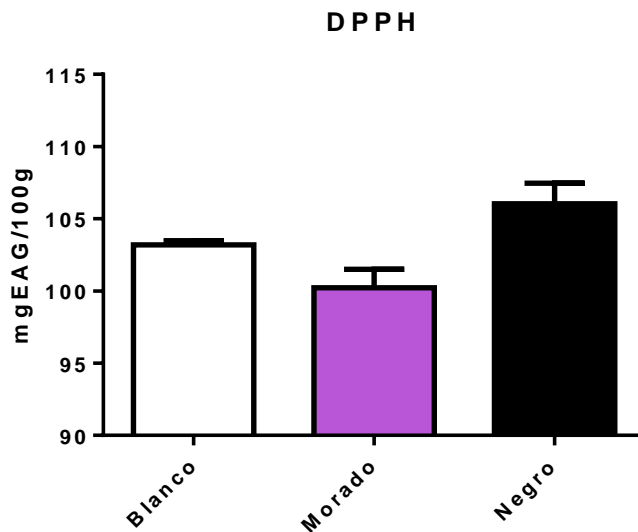
Maíz	Flavonoides (mgEQ/100g)
M. Blanco	64.55±1.13
M. Morado	85.56±0.56*
M. Negro	84.82±6.37*



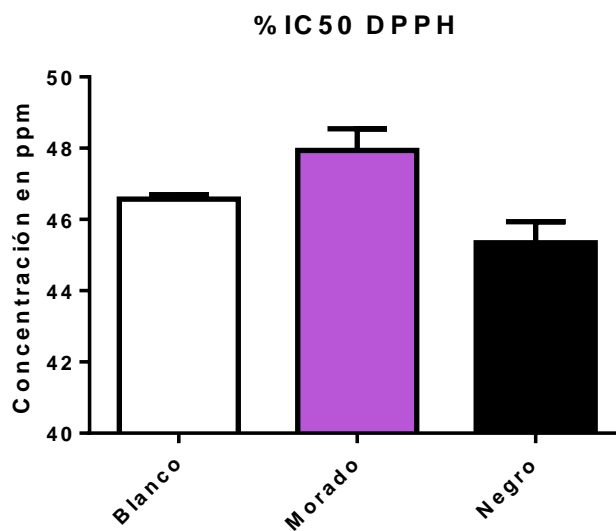
**GRÁFICA 2.** Representación gráfica de antioxidantes (Flavonoides). En los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media ± EE con un \* la  $p < 0.05$  vs maíz blanco, analizado con ANOVA.

**TABLA 7.** Resultados de pruebas antioxidantes (DPPH).

Maíz	DPPH (mgEAG/100g)	%IC50
M. Blanco	103.19±0.29	46.56±0.12
M. Morado	100.21±1.29	47.93±0.60
M. Negro	106.04±1.42	45.34±0.59



**GRÁFICA 3.** Representación gráfica de Antioxidantes (DPPH), en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media  $\pm$  EE con un \* la  $p < 0.05$  vs maíz blanco, analizado con ANOVA.

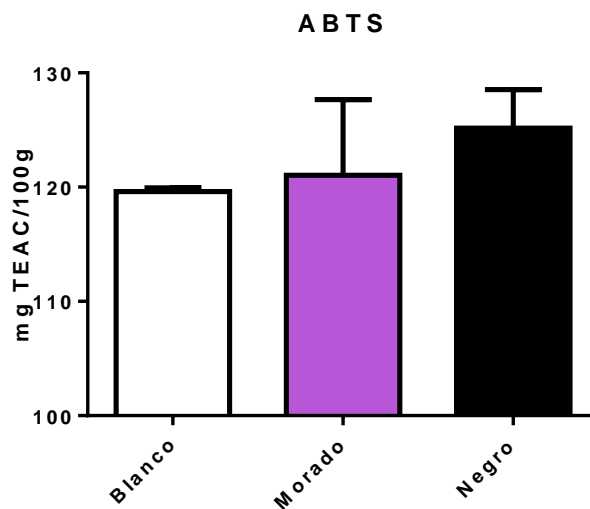


**GRAFICA 4.** Representación gráfica Antioxidante de la concentración IC50 EN DPPH, en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media  $\pm$  EE con un \* la  $p < 0.05$  vs maíz blanco, analizado con ANOVA.

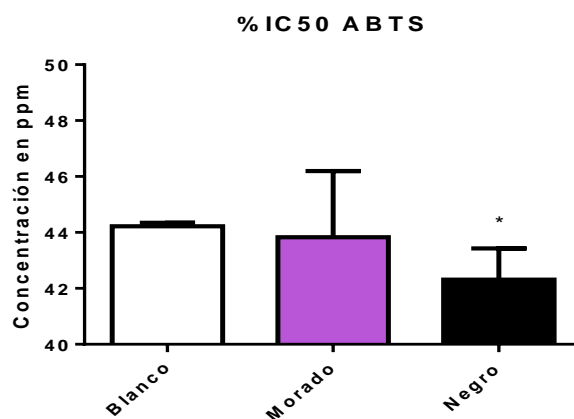


**TABLA 8.** Resultados de las pruebas Antioxidantes (ABTS).

Maíz	ABTS (mgTEAC/100g)	%IC50
M. Blanco	119.60±0.34	44.21±0.12
M. Morado	121.03±6.62	43.83±2.36
M. Negro	125.17±3.35	42.31±1.11*



**GRÁFICA 5.** Representación gráfica de antioxidantes (ABTS), en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media ± EE con un \* la  $p < 0.05$  vs maíz blanco, analizado con ANOVA.



**GRÁFICA 6.** Representación gráfica Antioxidante de la concentración IC50 en ABTS, en los diferentes maíces blanco, morado y negro, en muestras por triplicado. Se muestra media ± EE con un \* la  $p < 0.05$  vs maíz blanco, analizado con ANOVA.

CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	ABRIL		MAYO	JUNIO	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE
	18/04/2018	23/04/2018	18/05/2018	25/06/2018	06/07/2018	19/07/2018	08/08/2018	17/08/2018	10/09/2018	24/09/2018	05/10/2018
Delimitación del tema y plan de acción.	█										
Cambió de tema(limitación del lugar)	█										
Estrategias de trabajo con el maíz.			█								
Definición final de tema y objetos del estudio				█							
Colaboración del Lab. De Investigación y Desarrollo de alimentos de la (UMSNH)					█						
Técnicas y cronograma de actividades					█						
Llevar muestras a Herbario de Biología de la							█				
Redacción de objetivos, hipótesis , etc							█				
Revisión de avances y Estructura de avances									█		
Estilo y redacción de trabajo											█

#### Determinación del presupuesto:

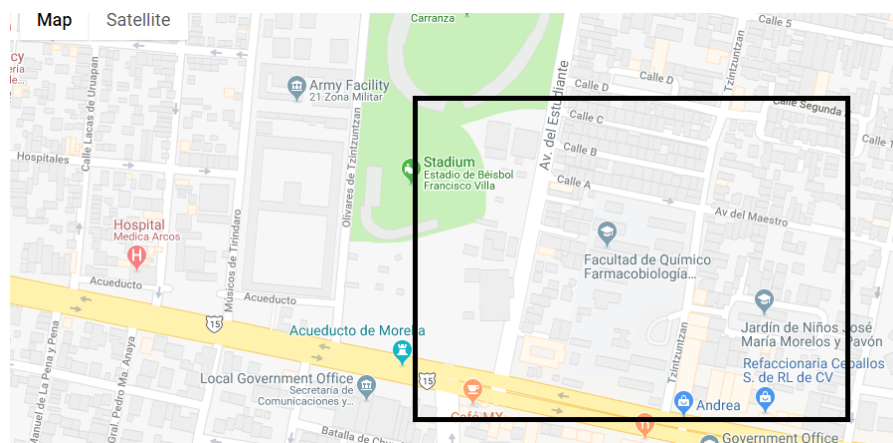
El presente estudio fue utilizado con diversos materiales tanto como de uso personal en el caso de bata, guantes, cubrebocas, hasta cada uno de los reactivos realizados el cual en total de todos estos gastos de aproximadamente \$5,000.

#### Descripción curricular:

Mercedes Victoria Urquiza Martínez. Licenciada en Nutrición por la Universidad Autónoma del Estado de México (2005-2009), Maestra en Ciencias de la Salud por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (2013-2015) y actualmente estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, opción Biotecnología Alimentaria por la UMSNH (2016- a la fecha), ha realizado investigación en modelos animales enfocada en el uso de alimentos (berro y nopal) para tratar enfermedades metabólicas y crónico degenerativas como diabetes y obesidad. Docente de la Escuela de Nutrición de la UVAQ (2018 a la fecha) y orientadora en una Estancia Infantil (2013 a la fecha).

#### Descripción de la institución:

La Facultad de Químico Farmacobiología De la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), el cual está ubicada en la Avenida Tzintzuntzan #173 Colonia. Matamoros En la Ciudad de Morelia Michoacán, con un CP 58240.



Los recursos a utilizar fueron:

Muestras del maíz, reactivos químicos de grado analítico, material de laboratorio, equipo diverso (digestor, báscula, etc), orientación de expertos en el tema, información de artículos científicos, libros, publicaciones de organismos oficiales, etc.

## DISCUSIÓN:

El interés por realizar la caracterización bromatológica del maíz michoacano blanco, morado y negro del presente estudio, reside en el hecho de que las prácticas de cultivo, condiciones climáticas y tipo de suelo pueden influir en la composición física y química del grano de maíz (Agama-Acevedo, E. et al. 2011) respecto a otras entidades federativas. Dado que en la búsqueda de literatura acerca del tema no se encontraron datos de estos maíces cultivados en Michoacán, se consideró que su caracterización bromatológica, serviría de base para la realización de otros estudios.

El maíz blanco (vandeño), utilizado principalmente para la elaboración de masa y tortillas, presentó una composición nutrimental que difirió de datos encontrados en la literatura en humedad (11.41% vs 8.27%) y grasa (7.66% vs 4.71%), mostrando mayor porcentaje nuestra muestra, cabe mencionar que el solvente utilizado para extraer los lípidos fue diferente del que usamos, en ese estudio usaron éter de petróleo; en proteína (6.6% vs 10.0%) y fibra (1.41% vs 2.2%) fue menor el porcentaje que obtuvimos usando técnicas similares. En cenizas se obtuvo un porcentaje muy similar (1.41% vs 1.40%), el cual es indicativo de la autenticidad del grano ya que se puede detectar la presencia de adulterantes (Ronald, SK. Composición y análisis de alimentos, 1996.). La comparación se realizó respecto a un estudio llevado a cabo en el Estado de Hidalgo (Ortiz-Prudencio, SA. Et al. 2006). Lo que sugiere que las diferencias geográficas y climáticas, pueden haber influido en su composición.

El maíz morado (occidental), utilizado en menor proporción pero también para elaboración de masa y tortillas, presenta datos en humedad (8.42% vs 8%) similares a un estudio de comparación, en grasa (7.89% vs 0.13%), el cual es un mayor porcentaje el que presenta nuestra muestra; en cuanto a la cantidad de proteína (6.37 % vs 2.59) y fibra (10.3% vs 1.80%) fue mayor la muestra de nuestro maíz a la del estudio. En cenizas se obtuvieron resultados diferentes, pero las diferencias en los porcentajes no son resultan significativas (8.42% vs 10.82%), la comparación de este maíz fue con un estudio realizado en la facultad de ingeniería de Perú (Guillén-Sánchez et al., 2014). Nuevamente al parecer las

diferencias geográficas y climáticas parecen haber influido en la composición del maíz en Michoacán.

En el maíz negro (cónico), es uno de los maíces menos comunes pero los cuales tienen más propiedades, en humedad (11.66% vs 8.29%) y en grasa el (7.77% vs 4.91%) en nuestra muestra salió más alto que en el estudio que estamos comparando; por otro lado en la parte de proteína nos indica 8.24% vs 9.04%, el cual no vario tanto en comparación de los demás resultados, el estudio con el cual se realizó la comparación fue del departamento de ingeniería química de Cholula, Puebla (Castañeda-Sánchez, 2011); y en otra parte la fibra cruda el cual fue comparada con otro estudio nos arrojó resultados de (11.94% vs 13.95%), el cual indica valores menores a los del estudio en comparación. Los diferentes porcentajes de nuestra muestra con los de otros estudios pueden deberse a las diferencias geográficas y climáticas, que al parecer influyen en las composiciones nutrimentales del maíz.

Respecto al contenido de fenoles resultó ser mayor significativamente en el maíz negro, en el cual los fenoles son metabolitos secundarios que contribuyen al aroma y el sabor de los alimentos, como también para el crecimiento y reproducción del mismo. De proteger a la planta (En plantas resistentes a la sequía se produce un aumento neto de los niveles, mientras que en plantas sensibles, se produce un aumento inicial seguido de una pérdida neta. Estos antioxidantes actúan conjuntamente reduciendo los niveles de especies reactivas del oxígeno (ROS) en los cloroplastos, contribuyendo así a mantener un estado adecuado y a mantener la estructura y función de las membranas tilacoidales).

En cuanto a flavonoides, resultaron ser mayores estadísticamente los maíces pigmentados, los cuales son compuestos fenólicos constituyentes de la parte no energética de la dieta humana. Además de proteger al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como rayos ultravioletas, la polución ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos, entre otros. Dentro de los flavonoides se encuentran las antocianinas que son responsables de dar coloraciones de rojas a negras.

La capacidad antioxidante que presentaron mediante el método DPPH, no dio diferencia significativa entre los diferentes maíces pero en los tres resulta moderada así como su contenido en fenoles, en comparación con otros alimentos y productos (Oliveira et al., 2016)

Por otro lado, en la valoración con el radical ABTS, el maíz negro presento un menor valor de IC50 el cual nos indica cual es la concentración necesaria para inhibir en un 50% el radical, presentando mayor eficiencia al requerirse menor cantidad.

## CONCLUSIÓN:

El maíz es uno de los alimentos más consumidos en Michoacán. Sin embargo, no se conocen las propiedades y los beneficios que pueden resultar las diversas variedades de maíz que se producen en él, tomando en cuenta que en el estado de Michoacán se desconocen estudios.

Siendo que en Michoacán el maíz blanco y amarillo son de los más estudiados y consumidos, debido a su contenido nutrimental, facilidad de producción y elaboración de productos. Por lo que el objetivo de este trabajo fue estudiar dos diferentes variedades de maíz del estado de Michoacán, el morado y el negro, y el blanco solo se usó para comparar las propiedades de los otros dos.

En el estudio se dio a conocer que los maíces pigmentados contienen mayor cantidad de fenoles y flavonoides entre los que se encuentran las antocianinas, responsables de dar el color rojo a violeta por pigmentos hidrosolubles. También presentan mayor capacidad antioxidante, el cual disminuyen el daño oxidativo causado por los radicales libres y se relacionan con la actividad anticancerígena, antiinflamatoria y antitumoral.

En este estudio los datos obtenidos nos indican que el maíz negro es uno de los más altos en la actividad antioxidante. Lo que enriquece la información disponible sobre los maíces michoacanos ya que solo hay información de maíz blanco.

Se lograron obtener resultados significativos respecto a la composición nutrimental (proteína) como de antioxidantes, lo cual es un indicativo de su potencial uso como alimento funcional el cual puede tener un impacto positivo en la salud ya sea en la prevención o control de ciertas enfermedades, como se ha demostrado en otros países como Chile y Perú.

Dados los resultados y la información analizada, concluimos que es muy importante estudiar los diversos tipos de maíces pigmentados, los cuales no solo brindan una buena composición nutricional, sino además compuestos bioactivos con propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y antitumorales, entre otras. Abriendo una brecha para futuras investigaciones relacionadas con dichas propiedades benéficas.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera-Ortíz, M, Alanis-Guzmán, MG, García-Díaz, CL, & Hernández-Brenes, CM. (2009). Caracterización y estabilidad de antocianinas de higo, variedad Mission. *Universidad y ciencia*, 25(2), 151-158.
- Asturias, Miguel Angél. (2004). *Maíz, de alimento sagrado a negocio del hambre: Acción Ecológica*, Red para una América Latina Libre de Transgénicos.
- Barrios, Marta, & Basso, Carmen. (2018). EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL GRANO DE SEIS HÍBRIDOS DE MAÍZ. *Bioagro*, 30(1).
- Bonkowski, Marilina Pamela, & Porris, Natalia Elina. (2018). Efecto del ambiente sobre la interacción entre fertilización y densidad de siembra en un cultivo de maíz (*Zea mays*). *Semiárida*, 24(1).
- Carrera, VA, Ron, PJ, Jiménez, CA, Morales, RM, Márquez, SF, Sahagún, CL, . . . Sitt, MM. (2011). Razas de maíz de Michoacán de Ocampo. Su origen, relaciones fitogeográficas y filogenéticas: COECYT-Michoacán. CROMOGRAFF. Morelia, Michoacán.
- Castañeda-Sánchez, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays L.*). *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5(2), 75-83.
- Coronado, Marta, Vega y León, Salvador, Gutiérrez, Rey, Vázquez, Marcela, & Radilla, Claudia. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
- DIAZ VELAZQUEZ, ADA IBONE. (2014). ESTUDIO DEL TIEMPO OPTIMO DE NIXTAMALIZACION PARA LA PRESERVACION DE ANTOCIANINAS PRESENTES EN MAIZ AZUL (*Zea mays L*) PARA LA ELABORACION DE TORTILLAS.
- Doebley, John, & Stec, Adrian. (1993). Inheritance of the morphological differences between maize and teosinte: comparison of results for two F2 populations. *Genetics*, 134(2), 559-570.
- Espinoza, José Antonio Gómez. (2018). *Maíz, axis mundi: maíz y sustentabilidad*: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- García Martínez, Eva María, Fernández Segovia, Isabel, & Fuentes López, Ana. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu.
- Garzón, Gloria Astrid. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.
- González Castro, Mónica E, Palacios Rojas, Natalia, Espinoza Banda, Armando, & Bedoya Salazar, Claudia A. (2013). Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Revista fitotecnica mexicana*, 36, 239-338.
- Guillén-Sánchez, Jhoseline, Mori-Arismendi, Sigry, & Paucar-Menacho, Luz María. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211-217.
- Kato Yamakake, Takeo Ángel, Sánchez, Mapes, Ovando, Mera, Hernández, Serratos, & Antoniocoaut, José. (2009). Origen y diversificación del maíz una revisión analítica.
- Leighton, F, Urquiaga, I, & Diez, MS. (1998). [Antioxidant properties of wine and its components]. [Spanish]; Fr (French). *Bulletin de l'OIV*.
- Luis, Castro Acero, Angel, Estrada León, Socorro, Muruaga Martínez José, Serafín, Mendoza Mendoza, Patricia, Vargas Vázquez, Alberto, Acosta Gallegos Jorge, . . . Héctor, Villaseñor Mir. (1998). Demostración de Tecnologías agrícolas. Resúmenes: Opciones tecnológicas de frijol, trigo, avena, triticale, cebada, amaranto, maíz y forrajes para el Estado de México.
- Mouton, Pilar García. (2015). Los nombres españoles del maíz. *Anuario de Letras. Lingüística y Filología*, 24, 121-146.

- Oliveira, Brígida D'Ávila, Rodrigues, Adeline Conceição, Cardoso, Bárbara Moreira Inácio, Ramos, Ana Luiza Coeli Cruz, Bertoldi, Michele Corrêa, Taylor, Jason Guy, . . . Pinto, Uelinton Manoel. (2016). Antioxidant, antimicrobial and anti-quorum sensing activities of *Rubus rosaefolius* phenolic extract. *Industrial Crops and Products*, 84, 59-66.
- Paliwal, RL. (2001). d. Origen, evolución y difusión del maíz. *El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal*, 28, 5-9.
- Paredes López, Octavio, Guevara Lara, Fidel, & Bello Pérez, Luis Arturo. (2009). La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias*, 92(092).
- Quiñones, Mar, Miguel, Marta, & Aleixandre, Amaya. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 27(1), 76-89.
- Ramírez-Rojo, Margarita Irene, Vargas-Sánchez, Rey David, del Mar Torres-Martínez, Brisa, Torrescano-Urrutia, Gastón Ramón, & Sánchez-Escalante, Armida. (2018). EXTRACTOS DE HOJAS DE PLANTAS PARA CONSERVAR LA CALIDAD DE LA CARNE Y LOS PRODUCTOS CÁRNICOS FRESCOS. REVISIÓN. *Biotecnía*, 20(3), 155-164.
- Ramírez, CA. (2013). Selección de maíces criollos de ciclo corto como estrategia frente al cambio climático en Michoacán. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(2).
- Ramírez, Lucía Barrientos, Arvizu, María Lourdes, Pérez, Eduardo Salcedo, Rodríguez, Socorro Villanueva, Radillo, J Jesús Vargas, Reyes, Bianca Azucena Barradas, & López, Mario Alberto Ruiz. (2019). Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de *Physalis chenopodifolia* Lam. silvestre y cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 182-200.
- Ramírez, Lucía Barrientos, Salcedo, Hilda E Ramírez, Aulis, María Fernanda Fernández, López, Mario Alberto Ruiz, Ocaña, Arturo Navarro, & Radillo, J Jesús Vargas. (2018). Antocianinas de granos de maíz (*zea mays l.*) rosa. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 43(3), 188-192.
- Robles, Francisca Santana, Macías, Rafael Granillo, Sánchez, Frida Ivonne Espinoza, Ortega, Juan Carlos Aguilar, & Zavala, José Guadalupe Ortega. (2018). Caracterización de la cadena de valor del maíz. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior de Cd. Sahagún*, 5(9).
- Roncero, Gerardo, Ramos, Willy, Arroyo, Jorge, Galarza, Carlos, Gutiérrez, Ericson L, Ortega-Loayza, Alex G, . . . Palma, Luis. (2012). *Estudio comparativo del maíz morado (Zea mays L.) y simvastatina en la reducción de lípidos séricos de pacientes diabéticos normotensos con dislipidemia*. Paper presented at the Anales de la Facultad de Medicina.
- Roque-Maciel, Laura, Arámbula-Villa, Gerónimo, López-Espíndola, Mirna, Ortiz-Laurel, Hipólito, Carballo-Carballo, Aquiles, & Herrera-Corredor, J Andrés. (2016). Nixtamalización de cinco variedades de maíz con diferente dureza de grano: impacto en consumo de combustible y cambios fisicoquímicos. *Agrociencia*, 50(6), 727-745.
- Sánchez-Valle, Vicente, & Méndez-Sánchez, Nahum. (2018). Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Médica Sur*, 20(3), 161-168.
- Sánchez Ortega, Iván, & Pérez-Urria Carril, Elena. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *REDUCA Biología*, 7(2), 151-171.
- Valadés, José C. (2015). *El porfirismo: historia de un régimen*: Fondo de Cultura Económica.
- Vallejo-Zamudio, Elizabeth, Rojas-Velázquez, Angélica, & Torres-Bugarín, Olivia. (2017). Una poderosa herramienta en la medicina preventiva del cáncer: los antioxidantes. *El Residente*, 12(3), 104-111.
- Virgen-Vargas, Juan, Zepeda-Bautista, Rosalba, Avila-Perches, Miguel Angel, Espinosa-Calderón, Alejandro, Arellano-Vázquez, José Luis, & Gámez-Vázquez, Alfredo Josué. (2016). Producción y calidad de semilla de maíz en Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana*, 191-206.

ANEXOS.



***Zea mays L.***



Categoría taxonómica según MOBOT:

Reino: Plantae  
División: Magniophyta  
Clase: Equisetopsida C. Agardh  
Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.  
Superorder: Lilianae Takht.

Orden: Poales Small  
Familia: Poaceae Barnhart  
Género: *Zea* L.  
Especie: *Zea mays* L.

**Sinónimos:** *Mays americana* Baumg., *Mays vulgaris* Ser., *Mays zea* Gaertn., *Mayzea cerealis* Raf., *Mayzea cerealis* var. *gigantea* Raf., *Mayzea vestita* Raf., *Thalysia mays* (L.) Kuntze, *Zea alba* Mill., *Zea altissima* J.F.Gmel. ex Steud., *Zea americana* Mill., *Zea amyloacea* Sturtev., *Zea amyleosaccharata* Sturtev. ex L.H.Bailey, *Zea canina* S.Watson, *Zea cryptosperma* Bonaf., *Zea curagua* Molina, *Zea erythrolepis* Bonaf., *Zea everta* Sturtev., *Zea gigantea* Voss, *Zea glumacea* Larrañaga, *Zea gracillima* Voss, *Zea hirta* Bonaf., *Zea indentata* Sturtev., *Zea indurata* Sturtev., *Zea japonica* Van Houtte, *Zea macrosperma* Klotzsch, *Zea maíz* Vell., *Zea mays* subsp. *acuminata* Golosk., *Zea mays* subsp. *amyloacea* (Sturtev.) Zhuk., *Zea mays* subsp. *amyleosaccharata* (Sturtev.) Zhuk., *Zea mays* subsp. *aorista* (Greb.) Golosk., *Zea mays* subsp. *ceratina* (Kuleshov) Zhuk., *Zea mays* var. *ceratina* Kuleshov, *Zea mays* subsp. *everta* (Sturtev.) Zhuk., *Zea mays* var. *everta* (Sturtev.) L.H.Bailey, *Zea mays* var. *gracillima* Körn., *Zea mays* var. *gracillima* Körn. ex Hitchc., *Zea mays* f. *hanakibi* Makino, *Zea mays* var. *hirta* (Bonaf.) Alef., *Zea mays* subsp. *huehuetenangensis* (Iltis & Doebley) Doebley, *Zea mays* var. *huehuetenangensis* Iltis & Doebley, *Zea mays* subsp. *indentata* (Sturtev.) Zhuk., *Zea mays* var. *indentata* (Sturtev.) L.H. Bailey, *Zea mays* subsp. *indurata* (Sturtev.) Zhuk., *Zea mays* var. *indurata* (Sturtev.) L.H. Bailey, *Zea mays* var. *japonica* (Van Houtte) Alph.Wood, *Zea mays* subsp. *mays*, *Zea mays* var. *mays*, *Zea mays* var. *multicoloramyloacea* Yarchuk, *Zea mays* subsp. *parviglumis* Iltis & Doebley, *Zea mays* var. *praecox* Torr., *Zea mays* var. *rugosa* Bonaf., *Zea mays* subsp. *saccharata* (Sturtev.) Zhuk., *Zea mays* var. *saccharata* (Sturtev.) L.H.Bailey, *Zea mays* subsp. *semidentata* Kuleshov, *Zea mays* var.



A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente se establece **la determinación y clasificación taxonómica** de dos ejemplares botánico constituido por hojas y frutos herborizados, el cual fue entregado por parte de la M en C Mercedes V. Urquiza Martínez alumna del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), al personal del **Herbario de la Facultad de Biología (EBUM) de la UMSNH**, con fecha 9 y 21 de agosto de 2018. El ejemplar de “**maíz negro**” fue colectado cerca de Charo, Michoacán, con fecha de colecta del 19 de agosto de 2018 y sin número de colecta, además del ejemplar se entregó el fruto colectado en el mismo sitio pero con fecha de agosto del 2017; el ejemplar de “**maíz morado**” fue colectado en Tarímbaro, Michoacán, con fecha de colecta 20 de agosto, sin número de colecta, además del ejemplar se entregó el fruto colectado en el mismo sitio y con fecha de agosto de 2018. Formaran parte de la Colección de Plantas Vasculares del EBUM y se le asignó el número de folio 3267 (ejemplar de “**maíz negro**”), 3397 (fruto de “**maíz negro**”), 3636 (ejemplar de “**maíz morado**”) y 3637 (fruto de “**maíz morado**”).

La determinación de familia, género, así como la descripción de la especie se basó en:

- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski, 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México. 1406 pp.

La determinación de **epíteto específico** se basó en las claves de:

- McVaugh, R. 1983. Flora Novo-Galiciana: A descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico. Vol. 14. GRAMINEAE. 436 pp.





**Nota:** La descripción y claves taxonómicas hacen referencia a la familia **GRAMINEAE**, sin embargo y de acuerdo a la página de Tropicos (Missouri Botanical Garden) y APG (Angiosperm Phylogeny Website) éste género y por lo tanto la especie pertenecen a la familia **POACEAE**.

Morelia, Michoacán a 29 de agosto de 2018.

**ATENTAMENTE**



---

**Biól. Rosa Isabel Fuentes Chávez**  
Curadora de la Colección de Plantas Vasculares  
Herbario de la Facultad de Biología  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

**Biól. Norma Patricia Reyes Martínez**  
Técnico Académico "A"  
Herbario de la Facultad de Biología  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Herbario de la  
Facultad de Biología  
de la UMSNH





**Usos:** Ampliamente conocido por sus propiedades alimenticias, pues constituye un alimento básico de la dieta en nuestro país, lo es también por las múltiples aplicaciones medicinales que posee, las cuales son referidas especialmente para el tratamiento de padecimientos renales, inflamación y piedras en la vejiga, limpiar vías urinarias, orina retenida y riñón tapado, entre otras. También se emplea, aunque con menor frecuencia, en padecimientos digestivos como dolor de estómago y vómito (BDMTM, 2009).

**Propiedades:** Debido a su alto contenido de antocianinas y compuestos fenólicos actúa como un poderoso antioxidante natural y anticancerígeno, además tiene propiedades funcionales debido a estos compuestos bioactivos. Además del valor nutricional, el maíz morado tiene una composición rica en fitoquímicos, que tienen efectos benéficos en nuestro cuerpo, tales como neutralizar los radicales libres y actuar como antimutagénico (Guillén-Sánchez *et al.* 2014).

#### Literatura Citada

**Biblioteca Digital de Medicina Tradicional Mexicana (BDMTM). 2009.** Último acceso: 29 de agosto de 2018. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/index.php>

**Guillén-Sánchez, J, S. Mori-Arismendi y L. M. Paucar-Menacho. 2014.** Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. subnigrovioleáceo. *Scientia Agropecuaria* 5: 211-217.

- El nombre fue revisado en las bases de datos disponibles en línea:
  - Missouri Botanical Garden. © 2018- 4344 Shaw Boulevard - Saint Louis, Missouri 63110  
<http://www.tropicos.org> (último acceso 27 de agosto de 2018)
  - The Plant List (2013) Versión. 1. Publicado en Internet.  
<http://www.theplantlist.org> (último acceso 27 de agosto de 2018)

Donde se confirma que *Zea mays L.* Es un nombre aceptado.



*striatiamylacea* Leizerson, *Zeamays* var. *subnigroviolacea* T.A.Yarchuk, *Zeamays* subsp. *tunicata* (A.St.Hil.) Zhuk., *Zeamays* var. *tunicata* A.St.Hil., *Zeamays* subsp. *tunicata* Sturtev., *Zeamays* f. *variegata* (G.Nicholson) Beetle, *Zeamays* var. *variegata* G.Nicholson, *Zeamays* var. *virginica* Bonaf., *Zeamexicana* subsp. *parviglumis* (Iltis & Doebley) Greb., *Zeaminima* Voss, *Zeaminor* J.F.Gmel. ex Steud., *Zeamucronata* Poit. ex Vilm., *Zeaodontosperma* Ten., *Zeaoryzoides* Golosk., *Zea praecox* Steud., *Zea rostrata* Bonaf., *Zea saccharata* Sturtev., *Zea segetalis* Salisb., *Zea tunicata* (A.St.Hil.) Sturtev. ex L.H.Bailey, *Zea vaginata* Sturtev., *Zea vittata* Voss, y *Zea vulgaris* Mill (The Plant List, 2013).

**Nombre común:** Cabellitos de elote, maíz criollo, maíz morado, milpa, pelos de elote; Michoacán: tsiri (purépecha) (BDMTM, 2009).

**Descripción:** Planta anual, hasta de 3 (5) m de alto; tallos suculentos, hasta de 5 cm de diámetro; lígula corta, membranácea, láminas planas, hasta de 1 m de largo y 12 cm de ancho; panícula estaminada hasta de 25 cm de largo y de ancho, espiguillas de (6) 7.5 a 10.5 mm de largo, a menudo sobre pedicelos hasta de 7 mm de largo; inflorescencias pistiladas una o varias, originándose en las axilas de las hojas, hasta de 30 cm de largo, aunque por lo general mucho más pequeñas en las plantas silvestres, las espiguillas dispuestas en 2 a 16 (30) hileras, agrupadas en pares, bifloras, pero por lo general sólo la flor superior fértil, glumas anchas, grano libre o encerrado dentro de una envoltura o estuche (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2001).

**Origen:** El maíz es originario de América, y habita en climas de cálidos a fríos, desde casi el nivel del mar hasta cerca de 4000msnm. Cultivado ampliamente y adaptado a la gran diversidad fitogeográfica del país, está asociado a bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio y perennifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo y bosques mesófilo de montaña, de encino, de pino y mixto de encino-pino (BDMTM, 2009).

**Distribución:** Las plantas espontáneas se distribuyen de Chihuahua a Guatemala (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2001).