

# Caracterización de proteínas, grasa y perfil graso de maíces criollos (*zea mays*) en poblados del estado de México

Carlos E. Pliego<sup>1</sup>, María de Lourdes Ramírez<sup>2</sup>, Rutilio Ortiz<sup>3\*</sup> y Beatriz Hidalgo<sup>3</sup>

**Resumen.** El objetivo del trabajo fue conocer el contenido de proteínas, grasa y perfil lipídico de los granos de maíz de color azul y rojo de la zona oriente del Estado de México. Los granos fueron colectados de algunos poblados de la zona oriente de las cosechas de 2017 y 2018, con un total de 23 muestras de maíz; los análisis se realizaron conforme a las técnicas de la AOAC. Los resultados fueron: Maíz azul, grasa cruda 4.24 g/100 g; proteína 7.99%; y de los ácidos grasos (g/100 g): como palmítico 14.66, esteárico 3.53, oleico 41.54, linoleico 38.34 y linolénico 1.15. Para el maíz rojo, grasa cruda 4.05 g/100 g de aceite de maíz; proteína 8.20%; y de los ácidos grasos (g/100 g): palmítico 13.48, esteárico 3.23, oleico 38.19, linoleico 42.82 y linolénico 0.95. Se aprecian ligeras diferencias con algunos datos publicados, probablemente por las condiciones climáticas que afectan directamente la expresión génica. Estos resultados preliminares sugieren la continuación de la investigación para describir a los maíces criollos en favor de su conservación.

**Palabras clave:** Maíces criollos, Grasa cruda, Ácidos grasos, Proteína.

**Abstract.** The objective of the work was to know the content of proteins, fat and lipid profile of the blue and red corn grains from the eastern part of the state of Mexico. The grains were collected from some towns in the eastern zone of the 2017 and 2018 harvests, with a total of 23 samples; the analyzes were carried out according to AOAC techniques. The results were: Blue corn, crude fat 4.24 g / 100 g; 7.99% protein; and of the main fatty acids (g/100 g) such as palmitic 14.66,

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Maestría en Ciencias Agropecuarias.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Departamento de Atención a la Salud.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Departamento de Producción Agrícola y Animal.

\* rutis\_99@yahoo.com.mx

stearic 3.53, oleic 41.54, linoleic 38.34 and linolenic 1.15. For red corn, crude fat 4.05 g /100 g of corn oil, 8.20% protein; and of the fatty acids (g/100 g), palmitic 13.48, stearic 3.23, oleic 38.19, linoleic 42.82 and linolenic 0.95. There are slight differences with some published data, probably due to climatic conditions that directly affect gene expression. These preliminary results suggest the continuation of the investigation to describe the Creole maize in favor of its conservation.

**Key words:** Native maize, Ethereal extract, Fatty acids, Protein.

## INTRODUCCIÓN

El maíz es el cereal más importante del mundo debido a los distintos usos que se le puede atribuir como: uso industrial, consumo humano y animal (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, 2018). En México, la producción del maíz está dada por pequeños y medianos productores con un total de 75%; la producción de maíz fue de 27 millones 228 mil 242 toneladas entre maíz blanco (consumo humano) y amarillo (fabricación de alimentos balanceados) (Sader, 2020).

La producción nacional por tipo de maíz muestra que 86.7% correspondió a maíz blanco, 12.9% a maíz amarillo y el restante 0.4% a maíces criollos (FIRA, 2019). La Confederación Nacional de Productores Agrícolas de México (CNPAM) establece que la producción de maíz criollo y nativo de México es muy baja (autoconsumo, sin comercialización a escala ni excedente). Los productores siembran los maíces criollos para autoconsumo y cultura, mismos que se usan para la elaboración de platillos tradicionales y coadyuvan a la seguridad alimentaria en zonas marginadas a través de su autoconsumo (Molfino, 2020).

La conservación del maíz criollo es de vital importancia por cuestiones culturales y genéticas, dado que algunas variedades están muy adaptadas a ambientes limitantes de agua y enfermedades. Los cambios culturales, generacionales y la urbanización, entre otros factores, han llevado a la pérdida de variedades (Cowan *et al.*, 2020). Como medida de conservación e impulso de estas variedades, es necesario describir sus potencialidades nutricionales (Cowan, 2019).

En el maíz (*Zea mays*), el término raza es definido por las características fenotípicas, tipo de grano, lugar o región donde inicialmente fue colectada o por el nombre del grupo indígena o mestizo que la cultiva (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2015); mientras que la denotación de maíz criollo se utiliza para indicar los tipos de maíces nativos a una comunidad, región o estado, conformados por poblaciones heterogéneas de plantas,

las que son diferenciadas por los agricultores dado su color, textura, forma del grano, forma de la mazorca, ciclo de cultivo y uso (Gaytán-Martínez *et al.*, 2013).

El cultivo de los maíces criollos es realizado por agricultores tradicionales que practican la conservación *in situ* de la diversidad genética del maíz. Los rendimientos de dichos granos son de aproximadamente una tonelada por hectárea y son empleados para el autoconsumo de la familia productora e inclusive como un recurso de ingreso económico (Navarro-Garza *et al.*, 2012). Las variedades de maíces en México no se han descrito adecuadamente por sus características físicas (peso hectolítrico, color, impurezas, daño, entre otros) y químicas, las que le aportan cualidades gastronómicas importantes, ya que son la base de la alimentación (Urango, 2018). Es por eso que está limitada la información al respecto de estas cualidades, aun con los esfuerzos de los programas de conservación de los maíces criollos de México. Por ello se tiene un desconocimiento de ellos en sus zonas de producción, por ejemplo, Navarro-Garza *et al.* (2012) menciona la necesidad de describir estos maíces acorde a las características de la zona de producción, y con ello entender el valor económico y nutricional que proporcionan a las poblaciones consumidoras (Cowan, 2019). Para el caso de la zona oriente del Estado de México, los maíces criollos son apreciados por sus colores: amarillo, rojo y azul, que son empleados para pozole, tamales y platillos típicos locales (Fernández *et al.*, 2013).

El objetivo del presente trabajo es conocer el contenido total de proteínas y el perfil de ácidos grasos en los maíces criollos de color rojo y azul, de cinco poblados del oriente del Estado de México, como parte preliminar de un estudio integral del contenido nutricional de dichos granos.

## METODOLOGÍA

Zona de Estudio: Se recolectaron 23 muestras de maíces pigmentados (azul y rojo) en las localidades de Juchitepec (latitud 19° 6' 24.9" N y longitud 98° 52' 50.3" O), Cuijingo (latitud 19° 5' 5.8" N y longitud 98° 51' 7.3" O), Amecameca (latitud 19° 7' 43.3" N y longitud 98° 46' 5.6" O), Ozumba de Alzate (latitud 19° 6' 18.4" N y longitud 98° 47' 45.5" O) y Atlautla (latitud 19° 1' 53.9" N y longitud 98° 46' 45.2" O), Estado de México (Figura 1).

Figura 1. Ubicación del muestreo de maíces criollos en cinco poblados del oriente del Estado de México



Fuente: Inegi, 2016.

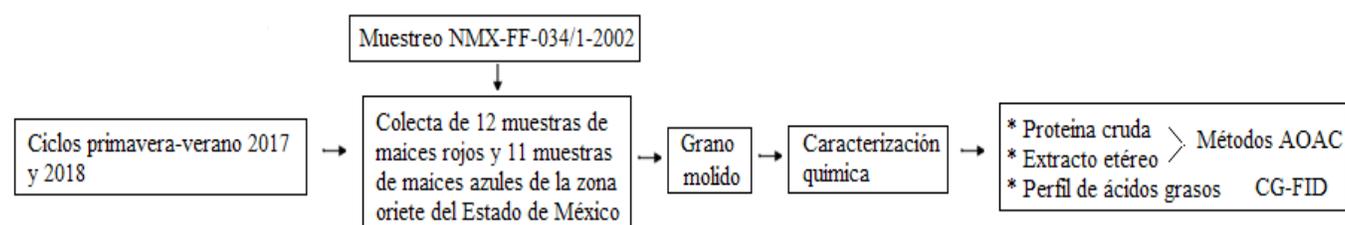
Muestreo: El muestreo se efectuó acorde a la técnica señalada por la NMX-FF-034/1-2002. Se colectaron 11 muestras, de las cuales seis fueron de maíz azul y cinco de maíz rojo, correspondientes a la post cosecha del ciclo primavera-verano 2017, y las 12 restantes fueron seis de maíz rojo y seis de maíz azul, correspondientes al ciclo primavera-verano 2018 (Figura 2). Las muestras de 2-3 kg de grano de maíz se obtuvieron directamente con los productores. El muestreo se realizó siguiendo la técnica de la NMX-FF-034/1-SCFI-2002. El grano de maíz fue sujeto a molienda para proceder con la caracterización química colectado.

Las muestras fueron un total de 23, repartidas como se describe en el cuadro 1.

Cuadro 1. Muestras de maíces criollos colectadas en los poblados del Estado de México

Maíz	Colecta 2017 (muestras)	Colecta 2018 (muestras)
Azul	6	6
Rojo	5	6
Total	11	12

Figura 2. Diagrama de la colecta y análisis químico de los granos de maíz criollo



Se analizaron los granos de maíz con metodologías de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC) versión del 2010.1.

**Extracto etéreo.** Con el cual se obtuvo la grasa cruda; se realizó con el método 920.85 de la AOAC con el sistema Goldfish y como disolvente éter de petróleo.

**Proteína cruda:** Se empleó el método 920.87 de la AOAC con el sistema Kjeldahl, considerando las observaciones de Isengard y Breithaupt (2009).

**Perfil de ácidos grasos.** La materia grasa se separó por la técnica Soxhlet para ser sometida a una saponificación en un medio alcalino. Los jabones de los ácidos grasos presentes al reaccionar con metanol forman los ésteres correspondientes (Isengard y Breithaupt, 2009).

**Preparación de ácidos grasos.** El proceso consiste en la saponificación de los ácidos grasos utilizando NaOH en metanol, seguido de la esterificación con solución metanólica de trifloruro de boro para la obtención de los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) (Shantha y Napolitano, 1992; Drozd, 1985).

La preparación de los FAME se realizó de acuerdo al procedimiento descrito en la NMX-F-017-SCFI-2011: Determinación de la composición de ácidos grasos por cromatografía de gases.

**Determinación del perfil de ácidos grasos.** Se realizó por cromatografía de gases con detector de ionización de flama (CG-FID). El equipo cromatográfico fue el modelo CP-3800 GC, con auto-inyector (Split/Splitless) que opera con el software Workstation versión 6.6. Se usó una columna capilar ZB-88 (100 m x 0.25 mm (di) x 0.20  $\mu$ m (espesor); 1  $\mu$ L volumen de inyección). El helio fue usado como gas acarreador con flujo constante de 1.5 mL/min, y como gas complementario el N<sub>2</sub> (25 mL/min); en el caso del detector, se empleó el hidrógeno (30 mL/min) y aire (300 mL/min). La temperatura del inyector y del detector fueron de 250 °C y 260 °C, respectivamente. Cada muestra fue sometida a la rampa de temperatura: 130 °C que se mantuvo por 1 min, aumento de 6.5 °C/min hasta 170 °C, y permanenció en esa condición por 6.15 min. Nuevo aumento de 2.8 °C/min hasta llegar a 215 °C, la cual se mantuvo por 18.08 min. Aumento de temperatura de 10 °C/min hasta llegar a 230 °C, en la que permaneció por 5.37 min. El tiempo total fue de 40.60 minutos.

Para la identificación y cuantificación de los ácidos grasos se utilizó un estándar de una mezcla de 37 ácidos grasos (37 Component FAME Mix analytical standard, Supelco No. Cat. 47885) a una concentración conocida. Para la determinación cuantitativa, se utilizó el método del área porcentual que permite conocer la relación de los componentes de la mezcla por analizar.

La concentración de los ácidos grasos fue expresada en g por cada 100 g del contenido total de aceite. Para el control de calidad del método, en cada grupo de muestras analizadas, se inició y finalizó con la inyección del estándar, para así garantizar la identificación de los picos y corregir ciertas variaciones en los tiempos de retención (Noa *et al.*, 2005).

Se realizó un análisis descriptivo, considerando la media aritmética, mediana y desviación estándar. Además, se realizó una prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%. Los datos se procesaron con el software JMP versión 8.0.

## RESULTADOS

Los resultados de los análisis químicos de los granos de maíces criollos rojos y azules se presentan en el cuadro 2. De los datos de los granos rojos y azules, entre el año 2017 y 2018, no se aprecian diferencias a partir de la desviación estándar.

**Cuadro 2. Resultados del extracto etéreo y proteína total cruda de los maíces criollos azules y rojos de los poblados del oriente del Estado de México**

Tipo de Análisis	Grano Rojo		Grano Azul	
	2017	2018	2017	2018
Grasa cruda (g/100 g)	4.10 ± 0.07a	4.01 ± 0.64a	4.42 ± 0.38a	4.07 ± 0.80a
Proteína total (%)	8.29 ± 0.44a	8.12 ± 0.37a	7.89 ± 0.30a	8.09 ± 0.22a

Medias con letras diferentes en cada fila son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

El intervalo en el contenido de grasa cruda (extracto etéreo) para los poblados del oriente del Estado de México, durante los años 2017 y 2018, se ubica dentro de los valores publicados para maíces criollos en este período de tiempo. Los registros que ofrecen Peña *et al.* (2017) para maíces criollos en Guanajuato están entre 4.11 y 6.02 g/100 g de grano de maíz. Según los valores de los maíces pigmentados guardan semejanza con los resultados aquí obtenidos y el mismo criterio se tiene para los nativos (Bello-Pérez *et al.*, 2016; Guzmán-Maldonado *et al.*, 2015; Gaytán-Martínez *et al.*, 2013).

Los valores de proteína total muestran cercanía entre ellos con un ligero descenso para el año de 2018. Los datos en la literatura concuerdan con un porcentaje mínimo de 8%, aunque el valor máximo se sitúa en 15% (Gaytán-Martínez, 2013; Bello-Pérez, 2016; Peña *et al.*, 2017; Larkins, 2019). Estos valores en el presente estudio se encuentran dentro del rango informado por los autores mencionados, excepto el lote de maíz azul del ciclo 2017, cuyo valor se encuentra debajo de 8%, sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa (Cuadro 2).

Vázquez-Carrillo *et al.* (2014) establecen que el contenido de proteína en los maíces depende de la interacción genotipo-ambiente. Bello-Pérez *et al.* (2016) mencionan que el contenido proteico determina la dureza de los granos de maíz, y éstos varían de acuerdo al grupo racial y a las condiciones climáticas a las que se somete el cultivo. Por lo que puede explicar el efecto de variación que existe entre el contenido de proteína de un ciclo al otro, puesto que las condiciones ambientales son distintas en ambos casos.

No se aprecia diferencia significativa en el contenido de grasa cruda en los maíces muestreados. La posible razón de esa semejanza, es una identidad racial y condiciones de manejo agrícola semejantes en el temporal, aunque las diferencias geográficas y climáticas (datos no mostrados) no impactaron en el contenido de la grasa cruda y de la proteína total de manera significativa.

Los ácidos grasos (AG) detectados con mayor concentración en esta investigación fueron palmítico, esteárico, oleico y linoleico, que coinciden con investigaciones relacionadas de los maíces criollos en otras regiones de la República Mexicana (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Perfil de ácidos grasos en aceite de maíz provenientes de cinco poblados del Estado de México**

Ácidos grasos (g/100 g de aceite de maíz)	Granos Rojos		Granos Azules	
	2017	2018	2017	2018
Palmítico (C16:0)	14.16a	12.80a	12.50a	16.82a
Esteárico (C18:0)	3.32a	3.14a	3.01a	4.06a
ΣAGS <sup>1</sup>	17.48a	15.94a	15.51a	20.88a
Oleico (C18:1)	33.55a	42.84a	42.21a	40.88a
Linoleico (C18:2)	46.48a	39.17a	40.22a	36.47a
Linolénico (C18:3)	0.94a	0.96a	0.91a	1.39a
ΣAGI <sup>2</sup>	80.97a	82.97a	83.34a	78.74a
O/L <sup>3</sup>	0.72a	1.09a	1.05a	1.12a

<sup>1</sup>ΣAGS: Total de ácidos grasos saturados; <sup>2</sup>ΣAGI: Total de ácidos grasos insaturados;

<sup>3</sup>O/L: Relación oleico: linoleico.

El ácido linolénico se encontró en concentraciones por debajo de 1 g/100 g de aceite para el lote de maíz azul (2017) y en ambos lotes de maíz rojo, mientras que en la colecta azul (2018) se encontró una concentración de 1.39 g/100 g de aceite como parte de la variabilidad biológica. Estos datos amplían el panorama del perfil de ácidos grasos en los maíces criollos estudiados. Conviene destacar que las investigaciones de Delucchi *et al.* (2019) y Guzmán-Maldonado *et al.* (2015) han reportado concentraciones menores a 1 g/100 g aceite de los ácidos grasos caproico, caprílico, laúrico, mirístico, palmitoleico, behénico y lignocérico. Otros investigadores han detectado proporciones similares entre los cuatro ácidos mayoritarios: palmítico, esteárico, oleico y linoleico en otras variedades de maíz (Delucchi *et al.*, 2019).

En el cuadro 3 se aprecian los valores de los ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico, entre distintos estudios (2015, 2017 y 2019) y el presente trabajo. Se ha destacado la importancia del ácido oleico y linoleico como un promotor de efectos benéficos a la salud humana, como es el caso en la relación padecimiento cardiaco-concentración del colesterol bueno (HDL), hipertensión y sensibilidad a la insulina (Mesa-García *et al.*, 2006; Martin *et al.*, 2011; Serna-Saldivar *et al.*, 2015; Delucchi *et al.*, 2019).

Los autores antes mencionados establecen que los maíces criollos son una fuente importante de ácido oleico y linoleico. La relación de ácido oleico / linoleico, cerca o mayor a la unidad, es una situación a favor de los maíces criollos en la cuestión cardiovascular. Los resultados en las muestras analizadas de maíces azules y rojos indican ser una buena fuente de estos ácidos en beneficio de la salud humana y, por consiguiente, el desequilibrio de dicha relación tiene como consecuencia problemas de salud en el sistema nervioso, inmunológico y metabólico (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2015; Martin *et al.*, 2011).

En los resultados obtenidos no se presentan diferencias significativas en los maíces azules (n= 12) y rojos (n= 11), procedentes de las cosechas de 2017 y 2018. Como se aprecia en el cuadro 4, las concentraciones de los ácidos grasos son muy cercanas entre los maíces criollos, con pequeñas variaciones acordes a la situación geográfica y climáticas del cultivo.

**Cuadro 4. Valores de los principales ácidos grasos en maíces criollos de México**

Autor	Ácido graso	Concentración (g/100 g de aceite)
Guzmán-Maldonado <i>et al.</i> (2015)	Palmítico (C16:0)	11.40-15.00
	Esteárico (C18:0)	2.2-3.5
	Oleico (C18:1)	31.4-46.6
	Linoleico (C18:2)	41.5-53.0
Peña <i>et al.</i> (2017)	Palmítico	10.93-13.32
	Esteárico	1.33-3.88
	Oleico	33.92-42.45
	Linoleico	41.84-50.00
	Linolénico (C18:3)	0.65-0.87
Delucchi <i>et al.</i> (2019) y Wang y White (2019)	Palmítico	9.0-11.6
	Esteárico	1.7-1.8
	Oleico	24-26
	Linoleico	58-60
	Linolénico	0.7-1.1
Este estudio (2020)	Palmítico	12.50-16.82
	Esteárico	3.01-4.06
	Oleico	33.55-42.84
	Linoleico	36.47-46.48
	Linolénico	0.91-1.39

Se efectuaron cromatogramas del perfil de ácidos grasos del maíz azul y rojo en cada una de las muestras colectadas de las cosechas de 2017 y 2018 en los poblados de la zona oriente del Estado de México. A partir de estos resultados destacan los siguientes ácidos grasos: palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico. En la temporada de 2018 se detectaron ligeros cambios en estos valores respecto a los registrados en 2017, influenciados por las variaciones del ambiente (Delucchi *et al.*, 2019; Alezones *et al.*, 2010). Los cultivos de maíces criollos, en su mayoría son cultivados en secano o temporal por lo que su crecimiento y desarrollo es altamente dependiente de las condiciones climáticas, especialmente en cuanto a su contenido de los ácidos palmítico, oleico y linoleico en los maíces azules y rojos (Cuadro 4).

Torres-Morales *et al.* (2010) evaluaron el perfil de ácidos grasos de granos de maíz en función de la zona geográfica de cultivo, contemplando variables como ciclo agrícola, altitud y precipitación, y encontraron diferencias significativas entre el perfil de ácidos grasos de cada una de las localidades evaluadas, lo que los llevó a concluir que los factores ambientales son determinantes en la expresión génica de los ácidos grasos. En el presente estudio, se aprecian los cambios (incremento o disminución), de un ciclo agrícola a otro, en la concentración de los ácidos grasos (Vázquez-Carrillo *et al.*, 2014), lo que faltaría analizar en las siguientes cosechas para corroborar esta información.

## DISCUSIÓN

El genoma de *Zea mays* codifica los componentes y las funciones que la planta expresa a lo largo de su fenología, así como las respuestas de la misma ante los estímulos del medio. Los agentes epigenéticos implicados en la domesticación del maíz en el Altiplano, así como las interacciones con diversos ambientes y el manejo por cientos de años, han dado como resultado razas y variedades en las cuales se expresa mayoritariamente la adaptabilidad, el rendimiento, la mayor presencia de ciertos compuestos u otras cualidades (González-Castro *et al.*, 2013; Conabio, 2011, 2021). En este trabajo se muestran los contenidos de proteína total y el perfil de ácidos grasos en el aceite de maíz, los cuales son indicadores de su valor nutritivo. Los contenidos de los ácidos grasos esenciales encontrados ofrecen una alternativa con un beneficio concreto hacia la salud de los consumidores.

Las cualidades de estas variedades las hacen aptas para proponerlas en la mejora de la nutrición o idóneas en la procuración de la salud frente a enfermedades como diabetes (Serna-Saldívar *et al.*, 2013; Milán-Carrillo *et al.* (2017). Además, puede ampliarse la investigación en la búsqueda de otros componentes funcionales, como antioxidantes

(Gaytán-Martínez *et al.*, 2013). Con esta caracterización inicial de los maíces criollos en esta zona, sería pertinente abordar otras situaciones ambientales y culturales para garantizar el resguardo de la biodiversidad genética de los maíces criollos (Ángeles *et al.*, 2010; Conabio, 2011).

Los estudios relacionados con los maíces criollos se orientan a la preservación debido a su importancia en la gastronomía, la cultura, las costumbres y la identidad de México, para lo cual las revisiones cualitativas y cuantitativa, al respecto, podrían dar una mejor aproximación estadística a los resultados de los estudios que se han realizado con respecto a este tipo maíz en las diferentes regiones del país (Vázquez-Carrillo *et al.*, 2014; Serna-Saldivar *et al.*, 2015; Molfino, 2020).

La producción de maíces criollos en México son de temporal y sufren varias limitantes productivas, económicas, ambientales y generacionales (Molfino, 2020). Ahumada-Cervantes *et al.* (2014) mencionan que la proyección para el 2030, en materia de producción de 43 de las 47 razas de mayor cultivo presentes en México, es que disminuirá la potencial distribución, lo que implicaría una pérdida de diversidad genética.

## CONCLUSIÓN

La caracterización química realizada arroja información preliminar sobre el contenido de proteína y el perfil de ácidos grasos, presentes en maíces criollos de cinco poblados en el Estado de México.

Es necesario tener conocimiento del contenido nutricional de los maíces criollos en México dado que es una excelente alternativa alimenticia. Para ello, se debe contar con información referente a la zona geográfica, variedad y uso alimentario. Por esas razones, es necesario profundizar los estudios mediante la incorporación de variables climáticas, manejo agronómico, grupo racial y zona geográfica, y demás datos del contenido nutricional de los granos, ya que conocer la potencialidad de estos cultivos podrá favorecer su conservación en favor de las poblaciones humanas para su manutención y desarrollo económico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (2018). Maíz grano cultivo representativo de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>. (consultado: 26/06/2021).
- Ahumada-Cervantes, R., Velázquez-Angulo, G., Flores-Tavizón, E., Romero-González, J. (2014). "Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz", en *Investigación y Ciencia*, 22(61): 48-53.
- Alezones, J., Ávila, M., Chassaing, A., Barrientos, V. (2010). "Caracterización del perfil de ácidos grasos en granos híbridos de maíz blanco cultivados en Venezuela", en *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(4): 397-404.
- Ángeles, E., Ortiz, E., López, P.A., López, G. (2010). "Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla", en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4): 287-296.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2010). *Official methods of analysis*. 18th ed. Washington, DC. EUA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2010). "Fat (Crude) or Ether Extract in Flour". 920.85. En: *Official methods of analysis*. 18<sup>th</sup> ed. Washington, DC. USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (2010). "2Protein (Total) in Flour". 920.87. En: *Official methods of analysis*. 18<sup>th</sup> ed. Washington, DC. USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Bello-Pérez, L. A., Camelo-Méndez, G. A., Agama-Acevedo, E., Utrilla-Coello, R. G. (2016). "Aspectos nutracéuticos de los maíces pigmentados: digestibilidad de los carbohidratos y antocianinas", en *Agrociencia*, 50: 1041-1063.
- Carrillo, C. (2009). "El origen del maíz naturaleza y cultura en Mesoamérica", en *Revista Ciencias*, 93: 4-13. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad) (2011). Proyecto global "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyecto-Maices.html> (consultado: 4/06/2020).
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad) (2021). Razas de maíz de México. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz> (consultado: 25/06/2021).

- Cowan, C., Orchardson, E., Rico, S. (2020). El maíz criollo vuelve a casa 50 años después. Disponible en: <https://www.cimmyt.org/es/multimedia/el-maiz-criollo-vuelve-a-casa-50-anos-despues/> (consultado: 25/06/2021).
- Cowan, C. (2019). Tras los pasos del maíz criollo, 50 años después. Disponible en: <https://www.cimmyt.org/es/noticias/tras-los-pasos-del-maiz-criollo-50-anos-despues/> (consultado: 25/06/2021).
- Delucchi, C., Percibaldi, M., Trejo, M., Eyhéabide, G. (2019). "Mejoramiento genético del perfil de ácidos grasos del aceite de maíz", en *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(2): 1-23.
- Drozd, J. (1985). *Chemical derivatization in gas chromatography*. Vol. 19. 2a ed., Nueva York, EUA: Elsevier Science Publishers.
- Fernández, R., Morales, L.A., Gálvez, A. (2013). "Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable", en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36 (Suplemento 3-A): 275-283.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura) (2019). Panorama Agroalimentario. Disponible en: <https://www.gob.mx/fira/documentos/panorama-agroalimentario> (consultado: 27/02/2020).
- Gaytán-Martínez, M., Figueroa-Cárdenas, J.D., Reyes-Vega, M.L., Morales-Sánchez, E., Rincón-Sánchez, F. (2013). "Selección de maíces criollos para su aplicación en la industria con base en su valor agregado", en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(Suplemento 3-A): 339-346.
- González-Castro, M.E., Palacios-Rojas, N., Espinoza-Banda, A., Bedoya-Salazar, C. A. (2013). "Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales", en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(Suplemento 3-A): 329-338.
- Guzmán-Maldonado, S.H., Vázquez-Carrillo, M.G., Aguirre-Gómez, J.A., Serrano-Fujarte, I. (2015). "Contenido de ácidos grasos, compuestos fenólicos y calidad industrial de maíces nativos de Guanajuato", en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(2): 213-222.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2016). Marco geoestadístico municipal. Disponible en: <https://www.cuentame.inegi.org.mx/> (consultado: 21/06/2021).
- Isengard, H.D., Breithaupt, D. (2009). "Análisis de alimentos". En: Campbell-Platt, G. (comp.). *Ciencia y tecnología de los alimentos*. España: Acribia.
- Larkins, A. (2019). "Proteins of the Kernel". En: Serna-Saldivar, S.O. (comp.). *Corn: Chemistry and technology*. EUA: Elsevier Inc.
- Martin, C., Butelli, E., Petroni, K., Tonelli, C. (2011). "How can research on plants contribute to promoting human health?", en *The Plant Cell*, 23: 1685-1699.

- Mesa-García, M.D., Aguilera-García, C.M., Gil-Hernández, A. (2006). "Importancia de los lípidos en el tratamiento nutricional de las patologías de base inflamatoria", en *Nutrición Hospitalaria*, 21(Suplemento 2): 30-43.
- Milán-Carrillo, J., Gutiérrez-Dorado, R., Cuevas-Rodríguez, E.O., Sánchez-Magaña, L.M., Rochín-Medina, J.J., Reyes-Moreno, C. (2017). "Bebida funcional con potencial antidiabético y antihipertensivo elaborada con maíz azul y frijol negro bioprocesados", en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(4): 451-459.
- Molfino, F. (2020). ¿Se podrá rescatar el maíz criollo con tortillerías especializadas?. Disponible en: <https://goula.lat/se-podra-rescatar-el-maiz-criollo-con-tortillerias-especializadas/> (consultado: 5/05/2021).
- Navarro-Garza, H., Hernández-Flores, M., Castillo-González, F., Pérez-Olvera M.A. (2012). "Diversidad y caracterización de maíces criollos. Estudio de caso en sistemas de cultivo en la Costa Chica de Guerrero, México", en *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 9(2): 149-165.
- NMX-F-017-SCFI-2011. Alimentos. Aceites y grasas. Determinación de la composición de ácidos grasos por cromatografía en columna empacada. Método de prueba. Diario Oficial de la Federación el 28 de abril de 2011. México: Secretaría de Economía.
- NMX-FF-034/1-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Cereales. Parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación el 22 de mayo de 2002. México: Secretaría de Economía.
- Noa, M., Pérez, N., Díaz, G., Vega, S. (2005). *Cromatografía de gases y de líquidos de alta resolución. Aplicación en el análisis de alimentos*. México: Serie Académicos CBS/Universidad Autónoma Metropolitana.
- Peña, S., Gutiérrez, R., Schettino, B. (2017). "Proximate composition, fatty acid profile and mycotoxin contamination in several varieties of Mexican maize", en *Food and Nutrition Sciences*, 8: 861-868.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) (2020). Maíz el cultivo de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-el-cultivo-de-mexico?idiom=es> (consultado: 26/06/2021).
- Salazar, H., Godínez, M. (2010). "El maíz y sus usos estratégicos". En: De León, C., Rodríguez R. (comp). *El cultivo del maíz, Temas selectos II*. México: Mundi Prensa México.
- Serna-Saldivar, S.O., Gutiérrez-Uribe, J.A., Mora-Rochin, S., García-Lara, S. (2013). "Potencial nutraceutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión", en *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(Suplemento 3-A): 295-304.

- Serna-Saldivar, S.O., Gutiérrez-Urbe, J.A., García-Lara, S. (2015). "Phytochemical Profiles and Nutraceutical Properties of Corn and Wheat Tortillas". En: Rooney, L.W., Serna-Saldivar, S.O. (comp.). *Tortillas: Wheat Flour and Corn Products*. EUA: AACC International, Inc.
- Shantha, N.C, Napolitano, G.E. (1992). "Gas chromatography of fatty acids", en *Journal of Chromatography*, 624: 37-51.
- Torres-Morales, B., Coutiño-Estrada, B., Muñoz-Orozco, A., Santacruz-Varela, A., Mejía-Contreras, A., Serna-Saldivar, S., García-Lara, S., Palacios-Rojas, N. (2010). "Selección para contenido de aceite en el grano de variedades de maíz de la raza comiteco de Chiapas, México", en *Agrociencia*, 44: 679-689.
- Urango M. L. A. 2018. Componentes del maíz en la nutrición humana. En: Algunos componentes generales particulares y singulares del maíz en Colombia y México. Edit. Gloria Marcela Hoyos Gómez. Universidad de Antioquía. pp. 185-208.
- Vázquez-Carrillo, M.G., Santiago-Ramos, D., Salinas-Moreno, Y., López-Cruz, J., Ybarra-Moncada, M.C., Ortega-Corona, A. (2014). "Genotipos de maíz (*Zea mays* L.) con diferente contenido de aceite y su relación con la calidad y textura de la tortilla", en *Agrociencia*, 48(2): 159-172.
- Wang, T. y White P. J. 2019. Lipids of the kernel. In: Corn. Chemistry and technology. Serna-Saldivar S.O. Ed. AACC International, Woodhead Publishing. Pp. 337-368.

