

Physicochemical characterization of creole corn (*Zea mays* L.) (blue and red) from the State of Mexico

Caracterización físico-química de maíz (*Zea mays* L.) criollo (azul y rojo) del Estado de México

García-Campos, Alan Uriel¹; Cruz-Monterrosa, Rosy Gabriela¹; Rayas-Amor, Adolfo Armando¹; Jiménez-Guzmán, Judith¹; Fabela-Morón, Miriam Fabiola¹; Salgado-Cruz, Ma. de la Paz^{2,5}; Cortés-Sánchez, Alejandro de Jesús³; Villanueva-Carvajal, Adriana⁴; Díaz-Ramírez, Mayra^{1*}

¹Departamento de Ciencias de la Alimentación. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Av. de las Garzas 10. Col. El panteón, Lerma de Villada, Estado de México. C. P. 52005. ²Departamento de Ingeniería Bioquímica. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional, Av. Wilfrido Massieu Esq. Cda. Miguel Stampa s/n. Gustavo A. Madero, Ciudad de México. C. P. 07738. ³Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Unidad Nayarit del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (UNCIBNOR+). Calle Dos No. 23. Cd. del Conocimiento. Av. Emilio M. González C.P. 63173. Tepic, Nayarit. ⁴Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario El Cerrillo. Km 15, Carr. Toluca-Ixtlahuaca, Entronque El Cerrillo. Toluca, Estado de México. C. P. 50200. ⁵Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: m.diaz@correo.ler.uam.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the physical and chemical characteristics of the creole corn (blue and red) from the State of Mexico.

Design/methodology/approach: Size (mm), hectoliter weight (kg/Hl⁻¹), color and a_w were evaluated on blue and red creole corn. Besides, moisture, ash, ethereal extract, and protein content were evaluated. Statistical analysis was performed to assess possible significant differences using the Tukey test ($p < 0.05$).

Results: Red creole corn had lower moisture and higher protein and ethereal extract contents also it was larger and had higher hectoliter weight therefore the flour yield of red corn could be higher than in blue corn.

Study limitations/implications: Biological activity of the evaluated creole corn kernels is necessary for its use as a functional food.

Findings/Conclusions: Red corn had better physicochemical characteristics than blue corn

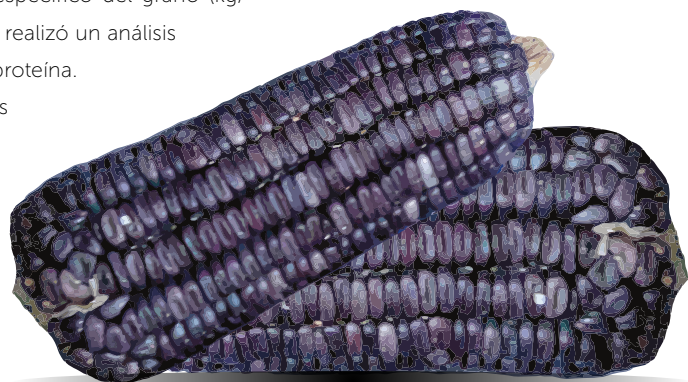
Key words: creole corn, physicochemical characterization, color, a_w .

RESUMEN

Objetivo: Evaluar las características físicas y químicas de maíces criollos azul y rojo del Estado de México.

Diseño/metodología/aproximación: Para la caracterización física y química de maíces criollos azul y rojo, las variables que se evaluaron fueron tamaño (mm), peso específico del grano (kg/hL), color (escala Lab) así como la actividad de agua (a_w). Además se realizó un análisis químico proximal determinando humedad, cenizas, extracto etéreo y proteína.

Se realizó un análisis estadístico para evaluar las posibles diferencias significativas utilizando la prueba de Tukey ($p < 0.05$).



Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 7, julio, 2020. pp: 95-100.

Recibido: febrero, 2020. **Aceptado:** junio, 2020.

Resultados: El maíz rojo tuvo menor valor de humedad, mayor contenido de extracto etéreo y proteína que el maíz azul, además tiene mayor tamaño y peso específico lo que lo hace buen candidato para la obtención de harina.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La determinación de la actividad biológica es necesaria para poder recomendar el uso de estos maíces criollos como alimentos funcionales.

Hallazgos/conclusiones: El maíz rojo tiene mejores características físicas y químicas que el maíz azul.

Palabras clave: maíz criollo, características físicas y químicas, color, a_w .

INTRODUCCIÓN

Los cereales como, el trigo, el maíz, el arroz, la avena, el mijo, el centeno, y el sorgo han sido parte de las dietas de las civilizaciones humanas. En México, el maíz es el cereal de mayor consumo y tiene un alto valor cultural y social. Este alimento muestra una gran variedad genética debido a los diferentes tipos de cultivos y técnicas utilizados para obtener distintos maíces de diferentes tamaños, colores y formas rescatando su alto valor biológico y genético (Massieu-Trigo y Lechuga-Montenegro, 2002). Los pequeños productores a través de sus técnicas de producción tradicional para el cultivo de variedades locales del maíz influyen sustancialmente en su preservación, conservación, diversificación, producción y generación de la variedad genética del cultivo de maíces criollos. De la manipulación tradicional de las semillas de maíz existen como resultado de las distintas variedades criollas, 59 razas con respecto a su clasificación basada en características morfológicas e isoenzimáticas (Sánchez *et al.*, 2000).

En el Estado de México, existen diversas regiones donde se cultivan variantes criollas de maíces rojo y azul, principalmente las razas que se cultivan son de tipo Chalqueño, Cónico y Cacahuacintle (Herrera-Cabrera *et al.*, 2004). Este maíz pigmentado proporciona varios beneficios nutrimentales y aplicaciones en la industria alimentaria ya que contiene diversas propiedades bioactivas principalmente antioxidantes (Salinas *et al.*, 2010). Estas propiedades se pueden mejorar a través de los procesos culinarios tradicionales que se llevan a cabo en la preparación de alimentos como el proceso de nixtamalización, el cual está basado en un tratamiento alcalino que es fundamental para mejorar el valor nutricional del maíz (Roque-Maciél *et al.*, 2016), al incrementar sensiblemente el valor biológico de la proteína y aumentar la concentración de aminoácidos esenciales como triptófano y lisina (Fernández-Suárez *et al.*, 2013). No obstante, la importancia de este tipo de maíz actualmente sigue siendo escasa la información sobre las características físicas y químicas de maíces pigmentados criollos originarios de México, es por ello que el objetivo de este estudio es evaluar dichas características en maíces azul y rojo, originarios del municipio de Lerma, Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Los maíces criollos rojo y azul fueron cultivados y obtenidos de la comunidad de Santa María Tlalmimilolpan, en los parajes denominados Iglesia Vieja, Po-

trero Grande y San Porfirio, Lerma, Estado de México, cosecha 2018-2019. Los reactivos utilizados en las diferentes determinaciones fueron todos de grado reactivo.

Caracterización física de maíces rojo y azul

En la caracterización física del grano maíz se hizo la evaluación del tamaño, peso específico del grano, y color. La determinación de tamaño de grano incluyó largo, ancho y grosor, este análisis se realizó con un vernier de precisión en 20 granos tomados al azar. Para determinar el peso específico del grano se pesaron 100 gramos de maíz de cada muestra, en una microbalanza OHAUS con sensibilidad de 0.0001 g en un recipiente de volumen conocido, y el resultado en gramos se multiplicó por 10. La determinación del peso específico del grano se reportó en kg hL^{-1} . Para evaluar el color se utilizó un colorímetro Konica Minolta Chroma Meter CR-400/410 generando los parámetros de color L^* , a^* y b^* . Esta determinación se realizó por triplicado y se reportaron los siguientes parámetros: L que se refiere a la luminosidad que señala si la muestra es clara $51 \leq L \leq 100$ u oscura $0 \leq L \leq 50$; los valores de a y b que indican las coordenadas de cromaticidad, donde los valores positivos de "a", están relacionados con el color rojo y los negativos con el color verde; mientras que, los valores positivos del parámetro "b", están asociados con el color amarillo y los negativos con el color azul. Con los valores a y b se calculó h^0 : $\left(\arctan \frac{b}{a}\right)$ que es un valor angular que indica el cuadrante correspondiente al color de la muestra en un sistema cartesiano, donde el eje X corresponde a los valores de a y el eje Y a los de b (0° =color rojo-

púrpura; 90°=amarillo; 180°=azul verdoso; y 270°=azul) (Espinosa-Trujillo et al., 2006); y la cromaticidad (C), que indica la intensidad o concentración del color predominante dentro del cuadrante (McGuire, 1992) que se calculó con la fórmula: $C = \sqrt{a^2 + b^2}$.

Actividad de agua (a_w) y análisis químico proximal

Este parámetro se determinó empleando un equipo para medición de actividad de agua marca HBD5-MS2100Wa. Se utilizaron muestras de maíces rojo y azul molidas a una temperatura de 21 ± 2 °C, tomándose las lecturas directamente del equipo. Las pruebas se hicieron por triplicado.

Análisis químico proximal. Se usó la metodología descrita para analizar variedades de maíz criollo pigmentado de la región de Hidalgo establecidas por Ortiz-Prudencio (2006).

Determinación de Humedad. Se pesaron 2 gramos de muestras de maíces molidos azul y rojo en estufa a una temperatura de 130 °C hasta peso constante. La pérdida de humedad se determinó por la diferencia de peso, utilizando la ecuación siguiente:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(B-A)-(C-A)}{B-A} \times 100$$

[Ecuación 1]

Dónde: A: Peso del crisol a peso constante (g). B: Peso del crisol a peso constante con muestra (g). C: Peso del crisol con muestra seca (g).

Determinación de Cenizas. Se realizó por el método de incineración, se colocaron 5 g de muestra seca y se realizó una carbonización con una parrilla de calentamiento en el interior de una campana de extracción de humos, para después llevar a incineración a la mufla durante 5 horas por una temperatura de 525 °C. Las muestras se enfriaron y pesaron. El cálculo se llevó a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{(A-B)}{C} \times 100$$

[Ecuación 2]

Donde: A: Peso del crisol a peso constante con muestra seca (g). B: Peso del crisol con ceniza (g). C: Peso de la muestra seca (g).

Determinación de extracto etéreo. La determinación se realizó por la técnica de extracción Soxhlet. Para esta determinación se utilizaron cartuchos de celulosa con peso constante y se colocaron 5 g de muestra seca. Se montó el equipo de extracción colocándose 120 mL de éter de petróleo, la prueba se llevó durante 6 horas. Las muestras se secaron a 130 °C y se registró su peso. El cálculo se realizó a partir de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{C-(B-A)}{C} \times 100$$

[Ecuación 3]

Donde: A: Peso del cartucho limpio y seco (g). B: Peso del cartucho con la muestra desgrasada (g). C: Peso de la muestra (g).

Determinación de proteína. Se pesó 1 gramo de muestra seca y se colocó en un tubo de digestión junto con una pastilla catalizadora compuesta de sulfato de cobre y sulfato de potasio, adicionando 10 mL de ácido sulfúrico al 98%. Además de un blanco que fue trabajado en conjunto en todo el proceso. Los tubos fueron colocados en un digestor BÜCHI Digestion Unit K-424 conectado a un sistema de neutralización de gases BÜCHI Scrubber B-414 que fueron neutralizados con una solución NaOH. La digestión tuvo una duración aproximada de 4 horas hasta observar la presencia de un color verde esmeralda. Destilación. Una vez enfriados los tubos, se colocaron 50 mL de agua destilada para disolver los residuos a cada tubo de muestra y se colocaron en el destilador automático BÜCHI Distillation Unit K-350 el cual fue programado para realizar la destilación de amoníaco, donde se colocó 25 mL de ácido bórico en un matraz Erlenmeyer (H_3BO_3 al 3% con un pH ajustado a 4.6) la destilación se prolongó hasta la obtención de un mínimo de 150 mL aproximadamente. El proceso de titulación se realizó con HCl 0.31 N hasta el vire de azul a anaranjado. Registrándose el porcentaje de nitrógeno obtenido y proteína a través de la siguiente ecuación:

Cálculos:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{1.4 \times (\text{ml de HCl en muestra} - \text{ml de HCl en blanco}) (\text{Normalidad del ácido})}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

[Ecuación 4]

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} \times 6.25$$

El factor de conversión de nitrógeno a proteína cruda, para el maíz es de 6.25 tomado en la NMX-F-068-S-1980.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra los resultados de la evaluación del tamaño (longitud, ancho y grosor) y peso específico de los granos de maíces rojo y azul, donde se observa que la longitud del maíz azul es significativamente menor que la del maíz rojo; sin embargo, en el ancho y grosor no existen diferencias significativas. Mauricio *et al.* (2004) reportan para maíz azul un valor de largo 10.8 mm, grosor 6.3 mm y ancho 8.3 mm por lo que el maíz estudiado en este trabajo es más pequeño. Por otro lado, el grano de maíz azul presentó un peso específico significativamente menor (74.79 ± 1.350 kg/hL) que el del grano de maíz rojo (76.08 ± 0.0004 kg/hL) así que, de acuerdo con la clasificación de dureza según su peso específico (Salinas-Moreno y Aguilar-Modesto, 2010), el maíz azul tiene una dureza suave y el rojo una dureza intermedia. Ambos valores se encuentran dentro del valor al valor mínimo establecido por la norma NMX-034-2002 de 74 kg/hL. Estos resultados muestran que el grano de maíz rojo podría tener mayor rendimiento para la obtención de harina ya que el peso específico se relaciona directamente con su obtención (Salinas-Moreno y Aguilar-Modesto, 2010). La variabilidad del tamaño, densidad y dureza del grano, así como composición química dependen principalmente del factor genético, las técnicas de cultivo, las condiciones climáticas y el tipo de suelo (Agama-Acevedo *et al.*, 2011).

Análisis del color

El Cuadro 2 muestra los valores de

color obtenidos para las muestras de maíces rojo y azul de grano entero. Los resultados mostraron que existen diferencias significativas con respecto a la luminosidad del maíz siendo este valor mayor en los granos de maíz azul.

Por otro lado, el ángulo de color del maíz rojo se encontró dentro de la escala de un tono de color rojo a naranja con un valor h^0 : 36.14 y un croma de 30.50; mientras que, para el maíz azul presenta un croma mucho menor 3.31 y un ángulo de color de h^0 : 81.90 que de acuerdo con la escala del espacio de color se encuentra en un tono azul-verdoso.

El color del maíz se debe al contenido de antocianinas que se encuentran en el endospermo y en la capa de aleurona (Abdel-Aal *et al.*, 2006). La acumulación de estos pigmentos en las estructuras del grano depende de la genética, así como de sus características agronómicas (Espinoso-Trujillo *et al.*, 2006).

Actividad del agua y análisis químico proximal

En el Cuadro 3 se muestran los valores de actividad de agua de maíces rojo y azul, donde se observó

que no existe diferencia significativa entre ambas muestras. La actividad de agua (a_w) es un parámetro que nos indica la disponibilidad de agua en un alimento para que existan reacciones químicas, bioquímicas, oxidación de lípidos, reacciones enzimáticas, reacciones de Maillard y desarrollo microbiano (Comaposada *et al.*, 2000); por ello, es usado como indicador para predecir la vida útil de un alimento. De acuerdo con Asif (2011), valores de humedad y actividad de agua bajos, son importantes en los cereales para tener mejor resistencia al deterioro por microorganismos e insectos durante el almacenamiento; no obstante, los valores obtenidos en este trabajo reflejan un valor de actividad de agua alto por lo que la vida útil de ambos granos se puede reducir considerablemente.

Se observa que el porcentaje de humedad en maíz azul (13.94 ± 0.02) es significativamente mayor que en maíz rojo (12.98 ± 0.04). Ortíz-Prudencio (2006) reportó valores de humedad altos para maíces criollos del estado de Hidalgo con un porcentaje de hasta 9.80%, tanto para maíz rojo como azul. Por otro lado, Mex-Álvarez *et al.* (2016) reportan

Cuadro 1. Tamaño de los granos de los maíces rojo y azul.

Maíz	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Peso HL (g)
Rojo	10.295 ± 0.558 a	14.785 ± 0.233 a	5.61 ± 0.286 a	76.08 ± 0.0004 a
Azul	8.96 ± 0.205 b	15.12 ± 0.327 a	5.545 ± 0.255 a	74.79 ± 1.350 b

Valores \pm DE seguidos de distinta letra en cada columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Cuadro 2. Color del maíz azul y rojo en escala L* a* b*.

Maíz	L*	a*	b*	h^0	C
Rojo	41.55 ± 1.74 b	25.71 ± 0.07 a	16.34 ± 0.84 a	36.14 ± 1.54 b	30.50 ± 0.98 a
Azul	50.14 ± 0.39 a	3.14 ± 0.08 b	0.99 ± 0.13 b	81.90 ± 2.53 a	3.31 ± 0.08 b

Valores \pm DE seguidos de distinta letra en cada columna son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$). L: es luminosidad o brillantez; a* y b*: indican las coordenadas de cromaticidad; h^0 : es color o tono y C: es croma o pureza de color.

Cuadro 3. Valores obtenidos de la actividad del agua y análisis químico proximal de variedades de maíz azul y rojo.

Maíz	Actividad de agua (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Extracto etéreo (%)	Proteína (%)
Rojo	0.78±0.035 a	12.97±0.040 b	1.29±0.030 a	6.13±0.06 a	10.67±0.38 a
Azul	0.73±0.033 a	13.94±0.018 a	1.43±0.0067 a	5.15±0.05 b	8.81±0.19 b

Valores ± DE seguidos de distinta letra en cada columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

valores de humedad hasta de 6.86% y de 10.43% para maíz rojo y morado del estado de Campeche respectivamente, así que los valores en este trabajo para ambos maíces son mayores a los reportados en la literatura. La humedad del grano depende del tipo y condiciones de cultivo además de las condiciones de almacenamiento.

En cuanto al porcentaje de cenizas se observó que los valores de las dos muestras no presentan diferencia significativa entre ellas. Ortiz-Prudencio (2006) reporta para maíz criollo pigmentado rojo valores de entre 1.41% a 1.53%, mientras que, para maíz azul se reporta un valor de entre 1.38% hasta 1.68%. Por tanto, sólo en el caso de los valores obtenidos para maíz azul están acorde con los de reportados en este estudio. Respecto al maíz rojo, Mex-Álvarez et al. (2016) reportaron valores de porcentaje de ceniza de 1.39% siendo este valor mayor al obtenido en este trabajo; no obstante, es aceptable de acuerdo a la NMX-F-046-S-1980 que señala un límite máximo permisible de 1.5 para harina de maíz.

El porcentaje de extracto etéreo (Cuadro 3) del maíz rojo es significativamente mayor que el valor del maíz azul. Los valores obtenidos concuerdan con los de Ortiz-Prudencio (2006), que reporta valores de 5.27% a 6.18% para muestras de maíz rojo, y entre 3.57% y 6.61% para maíz azul. También Agama-Acevedo et al. (2011) reportan un porcentaje de extracto etéreo de 4.46% a 5.98% para maíz azul criollo.

En cuanto al porcentaje de proteína cruda (Cuadro 3), el maíz azul presentó un valor significativamente menor con respecto al maíz rojo. Ortiz-Prudencio (2006) señala que el porcentaje de proteína de maíces rojos es de 10.04% a 11.27% y de 8.85% a 11.50% para maíces azules, siendo estos últimos valores ligeramente menores a los obtenidos en este trabajo. Agama-Acevedo et al. (2011) reportan valores de proteína para maíz azul desde 6.73% a 9.37%. Méndez-Montevalvo (2005) menciona que los tipos de maíz cristalino y semicristalino influyen más en el contenido total de proteína que en maíces de tipo dentado o semidentado, aunque algunas variaciones de maíces con endospermo harinoso pueden llegar a con-

tener un alto contenido de proteína; por tanto, la constitución genética de la variedad de los maíces criollos es un aspecto a considerar en el porcentaje de proteína y al momento de la elaboración de productos con maíz.

CONCLUSIONES

Se observó que el maíz rojo puede usarse en la obtención de harinas por sus características de tamaño y peso específico del grano. Además, tuvo menor valor de humedad, mayor porcentaje de extracto etéreo y proteína que el maíz azul. Los maíces criollos estudiados además de ser una fuente de estos nutrimentos pueden contener compuestos fitoquímicos con actividad biológica que conlleven a la prevención de diferentes enfermedades crónico-degenerativas.

LITERATURA CITADA

- Abdel-Aal, M. P., Young, J. C., & Rabalski, I. (2006). Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple and red cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 4696-4704. <https://doi.org/10.1021/jf0606609>
- Agama-Acevedo, E., Salinas-Moreno, Y., Pacheco-Vargas, G., & Bello-Pérez, L. A. (2011). Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 317-329.
- Asif, M. (2011). Chemical and physical properties of breakfast cereals and snacks made from specialty sorghums and sorghum bran using twin screw extruder. Texas A&M University. Tesis Doctoral. <file:///Users/uaml/Downloads/ASIF-DISSERTATION.pdf>
- Comaposada, J., Gou, P., & Arnau, J. (2000). The effect of sodium chloride content and temperature on pork meat isotherms. *Meat Science*, 55(3), 291-295. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00154-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00154-0)
- Espinosa-Trujillo, E., Mendoza-Castillo, M. C., & Castillo-González, F. (2006). Diversidad fenotípica entre poblaciones de maíz con diferentes grados de pigmentación. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(Es2), 19-23. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61009804>
- Fernández-Suárez, R., Morales-Chávez, L. A., & Gálvez-Mariscal, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(Supl. 3-a), 275-283.
- Herrera-Cabrera, B. E., Castillo-González, F., Sánchez-González, J. J., Hernández-Casillas, J. M., Ortega-Paczka, R. A., & Goodman, M. M. (2004). Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia*, 38, 191-206.

- Massieu-Trigo, Y., & Lechuga-Montenegro, J. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*, 17(36), 281-303.
- Mauricio, S. R. A., Figueroa, J. D., Taba, C., Reyes, S., Rincón, M. L., & Mendoza, S. (2004). Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27, 213-222.
- McGuire, R.G. (1992). Reporting of objective colour measurements. *Horticultural Science*, 27(12), 1254-1255.
- Méndez-Montealvo, G., Solorza-Feria, J., Velázquez del Valle, M., & Gómez-Montiel, N. (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia*, 39(1), 267-274.
- Mex-Álvarez, R. M. J., Garma-Quen, R., Bolívar-Fernández, N. J., & Guillén- Morales, M.M. (2016). Análisis Proximal y Fotoquímico de Cinco Variedades de Maíz del Estado de Campeche (México). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(2), 74-80.
- 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. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-046-S-1980. Harina de maíz nixtamalizado. Norma Mexicana. Dirección General de Normas.
- Ortiz-Prudencio, S. del A. (2006). Determinación de la composición química proximal y fibra dietaria de 43 variedades criollas de maíz de 7 municipios del sureste del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca Hidalgo. 68 pp. Tesis de Licenciatura. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/630>
- Roque-Maciel, L., Arámbula-Villa, G., López-Espíndola, M., Ortiz-Laurel, H., Carballo-Carballo, A., & Herrera-Corredor, J. A. (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.
- Salinas-Moreno, Y., & Aguilar-Modesto, L. (2010). Effect of maize (*Zea mays* L.) grain hardness on yield and quality of tortilla. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 2(1), 5-11.
- Salinas, Y., Soria, J., & Espinoza, E. (2010). Aprovechamiento y distribución de maíz azul en el Estado de México. México: Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuaria.
- Sánchez J. J., Goodman, M. M., & Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany*, 54, 43-59.

