

Propiedades de Doce Razas Occidentales de Maíz Nativo (*Zea mays* L. poaceae) para Elaboración de Tortilla

JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel*†, VÁZQUEZ-CARRILLO, Gricelda, RODRÍGUEZ-CHÁVEZ, Reyna y CARRIZALES-MEJÍA, Norberto

Instituto para Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. Departamento de Producción Agrícola, CUCBA, Universidad de Guadalajara.

Recibido 3 de Julio, 2015; Aceptado 25 de Septiembre, 2015

Resumen

Evaluamos colectas de Ancho, Bofo, Dulce, Elotes occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Reventador, Pepitilla, Ratón, Tabloncillo, Tabloncillo perla y Tuxpeño, de Jalisco y Nayarit, para identificar calidad de grano y tortilla. Hubo significancia estadística para todos los caracteres ($p < 0.05$). Observamos variación en color de grano (blanco, moteado, naranja, morado y negro), textura (semiharinosa a cristalina), tamaño (pequeño a grande), dureza (muy suave a dura), proporción de pedicelo, pericarpio y germen (reducido a grande). Maíces que cumplen los requerimientos industriales son Liso y Ratón de color blanco, peso hectolítrico >74 kg hL⁻¹, grano duro, desprendimiento del pericarpio $<40\%$, endosperma cristalino $>62\%$ y poco pedicelo $<5.5\%$, aunque no tienen germen grande ($<13\%$). Tuxpeño chino y Tabloncillo mostraron buen color, peso hectolítrico, endosperma cristalino y poco pedicelo, pero adolecieron en dureza del grano, desprendimiento de pericarpio y tamaño del germen. Tabloncillo, Tuxpeño chino, Ratón, Pepitilla y Liso son los mejores en conversión nixtamal a masa (1.92 a 2.0 kg de masa kg de maíz nixtamalizado-1); peso de tortilla caliente (174 a 185 g); rendimiento de tortilla caliente (1.50 a 1.57 kg tortilla kg de maíz nixtamalizado-1); peso (169 a 179 g) y rendimiento de tortilla fría (1.46 a 1.49 kg tortilla kg maíz nixtamalizado-1).

Maíz nativo, calidad masa, tortilla.

Abstract

Western Mexico maize landraces Ancho, Bofo, Dulce, Elotes occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Liso, Pepitilla, Ratón, Tabloncillo, Tabloncillo perla and Tuxpeño, from the states of Jalisco and Nayarit, were evaluated to determine grain and tortilla quality. Results show variation in grain color (white, specked, orange, purple and black), size (small to large), hardness (soft to very hard), pedicel, pericarp and embryo proportion (small to large). Liso and Ratón samples fits industrial requirements with white and hard grain, hectoliter weight >74 kg hL⁻¹, pericarp loss $<40\%$, corneus endosperm $>62\%$ and small pedicel $<5.5\%$, although they have small embryo proportion ($<13\%$). Tuxpeño chino and Tabloncillo showed adequate white color, hectoliter weight, corneus endosperm and small pedicel, but had insufficient pericarp loss, hardness and embryo size. Tabloncillo, Tuxpeño chino, Ratón, Pepitilla and Liso were the best races for nixtamal to dough conversion (1.92 a 2.0 kg dough kg nixtamalized grain-1); hot tortilla weight (174 a 185 g); hot tortilla yield (1.50 a 1.57 kg tortilla kg nixtamalized grain-1); weight (169 a 179 g) and cold tortilla yield (1.46 a 1.49 kg tortilla kg nixtamalized grain-1).

Maize landraces, dough, tortilla quality.

Citación: JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel, VÁZQUEZ-CARRILLO, Gricelda, RODRÍGUEZ-CHÁVEZ, Reyna y CARRIZALES-MEJÍA, Norberto. Propiedades de Doce Razas Occidentales de Maíz Nativo (*Zea mays* L. poaceae) para Elaboración de Tortilla. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-4: 519-530

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ajc_swlabr@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En México, la tortilla elaborada con maíz, es la principal forma de consumo de este grano. En el abundante acervo genético de los maíces de nuestro país, existen numerosas variantes que reúnen los componentes esenciales para elaborar tortilla. El objetivo del trabajo fue identificar las características de grano, nixtamal, masa y tortilla de cultivares nativos de doce razas de maíz del occidente de México. La calidad del grano para tortilla. La industria de harina nixtamalizada, necesita maíz de alto rendimiento industrial y que satisfaga un mínimo de aspectos que el consumidor desea. Existe una estandarización entre lo que la industria de harinas requiere y lo que la industria de semillas puede hacer para sincronizarse con la demanda. Pero no se toman en cuenta aspectos de la calidad presentes durante siglos y que muchos habitantes de nuestro país prefieren, propiedades organolépticas, como sabor, olor, textura y color, para las cuales los maíces fueron seleccionados durante siglos. La norma mexicana NMX-034, 2002 de maíz para nixtamalización, señala los siguientes parámetros de calidad:

- El grano debe ser íntegro, no más de 3% de grano quebrado
- Máximo de impurezas 2% y otros daños no más del 5%
- Color crema o blanco uniforme
- Densidad aparente mayor a 74 kg hL⁻¹
- Índice de flotación menor a 40%
- Humedad de nixtamal entre 36 y 42%
- Pérdida de materia seca inferior a 5%

- Pericarpio remanente en el nixtamal 40%
- Pedicelo menor a 5.5%, germen mayor a 13%

La industria de harina nixtamalizada, reconoce que la calidad depende del color del grano, la granulometría, la absorción de agua, la gelatinización del almidón y la textura de la masa hidratada (Vázquez et al., 2008). Desde el punto de vista industrial, las características esenciales del grano son rendimiento, propiedades físicas y químicas, tecnológicas, fitosanitarias y nutrimentales (Bressani, 2008). Características físicas y químicas del grano. Las características físicas y químicas del grano de maíz determinan los métodos de procesamiento y la calidad de masa y tortilla, como textura, sabor y color del producto final. Entre 86 y 89% del endosperma del maíz es almidón (French, 1984), cuya morfología tamaño y características moleculares son propias de cada población racial. El almidón está compuesto por amilosa de cadena lineal, y amilopectina de cadena ramificada. Dentro de los gránulos, el almidón tiene un arreglo semicristalino y la cristalinidad se debe al ordenamiento y longitud de las cadenas de amilopectina (Robin et al., 1974; Hizuruki, 1986; Oates, 1997). La proporción de amilosa y amilopectina en el endosperma, da lugar a la textura. Los maíces con una proporción mayoritaria de amilosa son de textura harinosa o suave; si el tejido del endosperma contiene amilopectina en forma preponderante, la textura es cristalina o dura (Rojas-Molina et al., 2007). Existen texturas intermedias que pueden ser semiharinosas o semicristalinas, de acuerdo al contenido de uno u otro almidón. Para harina nixtamalizada, las variedades con mayor peso o volumen y con endospermo duro son superiores.

El maíz de endosperma duro o cristalino, tiene mejores propiedades de procesamiento cuando se realiza la cocción para nixtamalizarlo; tiene períodos de cocción más prolongados, aunque su cocción es más predecible y pierden menos materia seca que los maíces de endosperma suave (Rooney y Serna-Saldívar, 1987). En los maíces duros, los gránulos de almidón se encuentran inmersos en una densa matriz de proteína que los rodea por completo. El endosperma es más compacto y dificulta que el almidón absorba el agua. En consecuencia, el rendimiento y la textura de la masa están afectados por la textura del endosperma, por el grado de secado, las condiciones de almacenamiento y la calidad e integridad de los granos de maíz. Los maíces con diferente endosperma requieren períodos de procesamiento distintos para llegar al mismo grado de cocción, lo que se refleja en la ruptura del pericarpio. La dureza del endospermo, que está determinada por la relación amilosa/amilopectina en el almidón, afecta significativamente la plasticidad de la masa preparada por el método de cocción del maíz con cal. Durante la nixtamalización, hay una gelatinización total de los gránulos de almidón en las capas externas y en el 10% del endosperma exterior, y una gelatinización parcial de las capas más internas del endosperma. Las siguientes son las principales características de calidad para producción de harina, tortilla y otros alimentos de maíz nixtamalizado (Rojas-Molina et al., 2007; Arámbula-Villa, et al., 2004; Salinas y Vázquez, 2006; Vázquez et al., 2008):

- Maíz poco dentado, con alta proporción de endosperma duro.
- Grano con maduración completa y natural, sano, sin roturas e impurezas, limpio, de color brillante, sin daño de hongos o insectos.

- Alta densidad de grano, bajo porcentaje de granos flotadores.
- Grano blanco de olote blanco.
- Pericarpio de fácil remoción.
- Baja pérdida de sólidos durante la nixtamalización.

Características tecnológicas. La nixtamalización, proceso crucial en la industria de masa y tortilla (IMyT) y de harina de maíz nixtamalizada, fue desarrollada, muy probablemente, por las mujeres de las culturas precolombinas, y en su esencia, no ha sido superada por la tecnología moderna (Bressani, 1990; Serna Saldívar, 1990). En el tratamiento alcalino del maíz durante el remojo y la cocción, es crítica la difusión del agua e iones de calcio que llegan al interior del grano. Este fenómeno da lugar a cambios fisicoquímicos en las estructuras anatómicas del pericarpio, el endosperma y el germen, que se reflejan en las propiedades nutrimentales y sensoriales de los productos finales (Paredes-López y Sarahopulos, 1982; Bressani et al., 1990; Serna et al., 1990). El calcio se incorpora durante la cocción alcalina solo a las capas externas del endosperma, aproximadamente en el 20% de este tejido (Gutiérrez et al., 2007). Durante la cocción alcalina del maíz, las fracciones de hemicelulosa y lignina del tejido del pericarpio se solubilizan, y pasan al nejayote, el líquido residual con el que se eliminan las capas externas del grano (González et al., 2004). El remojo del nixtamal resulta en la pérdida de minerales y fibra (Gutiérrez et al., 2007). La calidad tecnológica es de poca importancia para el pequeño productor en las regiones de agricultura tradicional de México, en donde rara vez se utilizan otros granos que los de su propia cosecha. El ama de casa rural sabe ajustar las condiciones de cocción de acuerdo al maíz que dispone para su consumo (Vázquez et al. 2008).

Materiales y métodos

Se estudiaron colectas de las razas de maíz nativo Ancho, Bofo, Dulce, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Reventador, Pepitilla, Ratón, Tabloncillo, Tabloncillo Perla y Tuxpeño, de Jalisco y Nayarit.

Las muestras de un kilogramo de grano de las doce razas, se obtuvieron del Campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, U DE G. El análisis se realizó en el Laboratorio de Calidad de Maíz del Campo Experimental del Valle de México, INIFAP.

Resultados y discusión

Características físicas del grano. Todas las variables sobre características del grano analizadas, mostraron significancia estadística ($p < 0.05$), excepto proporción de pedicelo. Al evaluar la densidad aparente, medida como peso hectolítrico, las colectas con mayor expresión fueron Tabloncillo, Reventador y Tabloncillo Perla, con valores entre 75 y 79 kg hL⁻¹ (Gráfica 1), superiores a los 74 kg hL⁻¹ de la norma.

La densidad, como indicador de dureza del grano, se obtuvo por índice de flotación; entre más duro el grano tiene menor flotación, entre más suave tiene mayor flotación. Los maíces con mayor dureza, fueron Reventador y Ratón (duro); las colectas de Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Pepitilla, Ancho y Dulce presentaron un grano muy suave (Gráfica 1). Reventador con grano muy duro es el único maíz nativo estudiado que llena el requisito de dureza para la industria de harina nixtamalizada, de acuerdo a los criterios señalados por Vázquez et al. (2008), aunque los duros se ajustan a las necesidades de la Industria de Masa y Tortilla. Cuando se elabora harina nixtamalizada, son mejores las variedades con mayor peso hectolítrico y con endosperma duro. Maíces con estas características permiten obtener un mayor rendimiento de masa. El contenido de materia seca en la masa, depende de la textura del maíz (Bressani y Scrimshaw, 1958; Cortez y Wild-Altamirano, 1972).

VARIABLES	METODO O REFERENCIA
Humedad en grano	Método 44-11. AACC. Método dieléctrico (1976).
Peso hectolitrico	Método 84-10. AACC. Balanza hectolitrica (1976).
Dureza del grano	Método indirecto por flotación Pomeranz <i>et al.</i> (1984). Salinas <i>et al.</i> (1992).
Peso de 100 granos	Peso en báscula
Color del grano	Colorimetro de reflectancia Hunterlab
Textura del grano	Por disección. Salinas y Vázquez (2006)
Determinación de almidón de granos de maiz	Salinas y Vázquez (2006)
Calidad de nixtamal	Salinas y Vázquez (2006)
Pericarpio remanente en grano nixtamalizado	Salinas y Vázquez (2006)
Humedad en nixtamal	Salinas y Vázquez (2006)
Humedad en masa	Salinas y Vázquez (2006)
Rendimiento de masa	Salinas y Vázquez (2006)
Humedad de tortilla	Salinas y Vázquez (2006)
Color de tortilla	Colorimetro de reflectancia Hunterlab
Rendimiento de tortilla	Salinas y Vázquez (2006)
Almidón, amilosa y amilopectina	Salinas y Vázquez (2006)

Tabla 1 Variables y metodología utilizada para su determinación en doce razas de maíz del occidente de México.

En la Tabla 1 se incluyen las variables estudiadas y los métodos para su determinación en el grano de doce razas de maíz del occidente de México.

El color de grano estimado en colorímetro Hunterlab, proporciona el valor croma; los granos más blancos tienen un croma bajo, los granos oscuros un croma alto. El grano blanco más claro correspondió a la colecta M05011 de Tabloncillo; con un color ligeramente menos blanco siguieron Pepitilla, Tabloncillo (M05001) y Tabloncillo perla (Gráfico1). La industria requiere grano color blanco o crema para obtener tortilla blanca, y los maíces señalados cumplen con el requisito. El color de Elotes Occidentales y Elotero de Sinaloa es oscuro y no es aceptado en la industria, aunque es muy apreciado en la cocina tradicional.

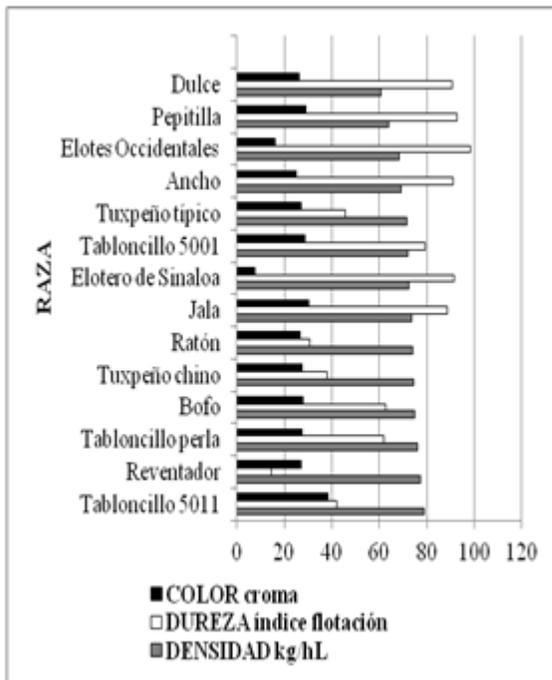


Gráfico 1 Color, dureza y densidad del grano de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

En la Gráfico 2 se muestra que colectas de las razas Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Reventador y Ratón tienen la mayor proporción de endosperma cristalino (62.4 a 68.9%). Las razas Ancho, Tabloncillo, Tuxpeño (chino), Jala, Pepitilla y Elotero de Sinaloa, tienen un contenido de endosperma cristalino entre 49 y 60%.

Los granos con 48% o más endosperma córneo o cristalino, requieren más tiempo de cocción, pero tienen mejores propiedades de procesamiento (Rooney y Serna-Saldívar, 1987), porque tienen un mayor rendimiento de masa o harina nixtamalizada. Los granos de textura suave o harinosa se cuecen más rápido al nixtamalizarlos, pero tienen mayor pérdida de sólidos.

Las colectas con una menor proporción de pericarpio son de las razas Elotes occidentales, Tabloncillo Perla, Bofo, y Tabloncillo (M05011), con un valor inferior a 4.4% (Gráfica 3). Las razas con más pericarpio son Dulce, Tuxpeño (chino) y Pepitilla (6.1 a 9.2%). Entre menos pericarpio tenga el grano, habrá un residuo menor en el nixtamal, lo cual es deseable para una mejor calidad y cantidad de tortilla (González et al., 2004).

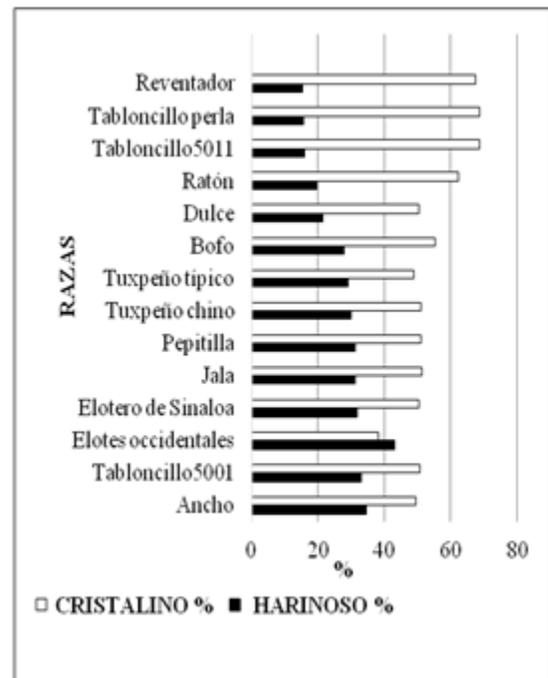
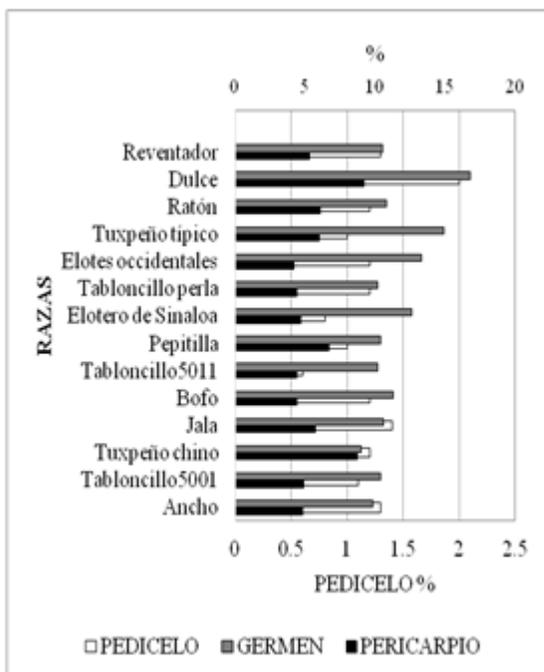


Gráfico 2 Proporción de endosperma cristalino y harinoso del grano de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

Todas las razas estudiadas mostraron una proporción de pedicelo menor a 2% (Gráfica 3). Las razas de este trabajo cumplen el requisito de pedicelo menor a 5.5% (Norma Mexicana de Maíz para Nixtamalización NMX-034, 2002). Tuxpeño típico, Pepitilla, Elotero de Sinaloa y Tabloncillo tienen el menor tamaño de pedicelo al mostrar valores <1%.

Las colectas con el germen o embrión más grande, son de las razas Dulce, Tuxpeño (típico) y Elotes occidentales con valores superiores a 13% (Gráfica 3). Los maíces con germen grande son preferidos para elaborar harinas nixtamalizadas (>13%), porque el aceite que contiene el germen contribuye a la suavidad y elasticidad de la tortilla. En el extremo inferior, las colectas de la raza Tuxpeño chino y Ancho presentan un porcentaje de germen con un valor menor a 9.8%.

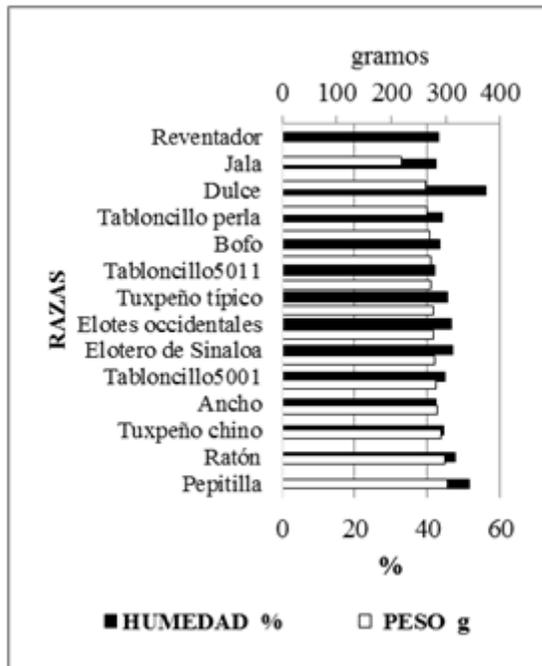


Gráfica 3 Proporción de pedicelo, germen y pericarpio en el grano de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

Características del nixtamal. Las cuatro variables de nixtamal estudiadas, mostraron diferencia estadísticamente ($p < 0.05$). Es deseable una humedad de nixtamal entre 36 y 42% para consumir menos energía al elaborar la tortilla. Las razas que presentan un menor contenido de humedad en el nixtamal son Tabloncillo (M05011), Jala y Ancho con valores inferiores al 42% de humedad (Gráfica 4). Las colectas de las razas Dulce, Pepitilla y Ratón, presentan una mayor absorción de agua en nixtamal con valores que superan el 47%. Las colectas de la raza Pepitilla, Ratón, Tuxpeño (chino) y Ancho cuentan con un peso de nixtamal superior a 283 gramos (Gráfica 4). Pepitilla y Ratón tienen más nixtamal (302 y 297 gramos), pero también tienen el mayor contenido de humedad (>47%). En cambio Ancho y Tuxpeño (chino), tienen peso elevado de nixtamal (284 y 292 gramos) pero un menor contenido de humedad (42 y 44%), lo que los hace más convenientes en términos de uso industrial. La raza Reventador presenta el menor peso de nixtamal con un valor de 218 gramos.

Todas las razas estudiadas tienen pérdida de sólidos al nixtamalizar, que no alcanza el 5%. Tabloncillo (M05011), Dulce, Pepitilla, Bofo y Jala tienen la menor pérdida de sólidos, inferior al 1.7% (Gráfica 5). La norma oficial señala que esta pérdida no debe superar el 5%. Una menor pérdida de materia al nixtamalizar el grano, resulta en una mayor conversión a masa.

Las colectas de las razas Tuxpeño (chino), Jala, Pepitilla, Ratón y Ancho presentan desprendimiento del pericarpio adecuado, con rango de 23 a 32.7% (Gráfica 5), que es inferior al parámetro industrial (<40%).

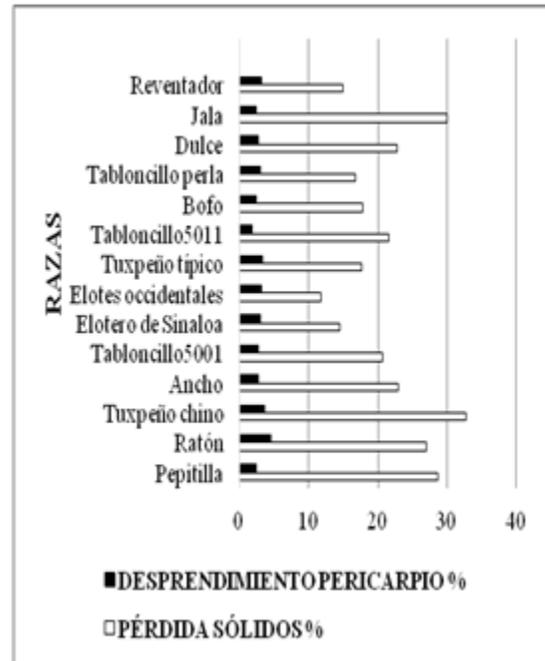


Gráfica 4 Humedad y peso de nixtamal de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

En la cocción alcalina del grano, la hemicelulosa y lignina del tejido del pericarpio se solubilizan, y se eliminan en el líquido residual o nejayote (González et al., 2004). Entre menos pericarpio tenga el grano, habrá un residuo menor en el nixtamal, lo cual es deseable para una mejor calidad y cantidad de tortilla.

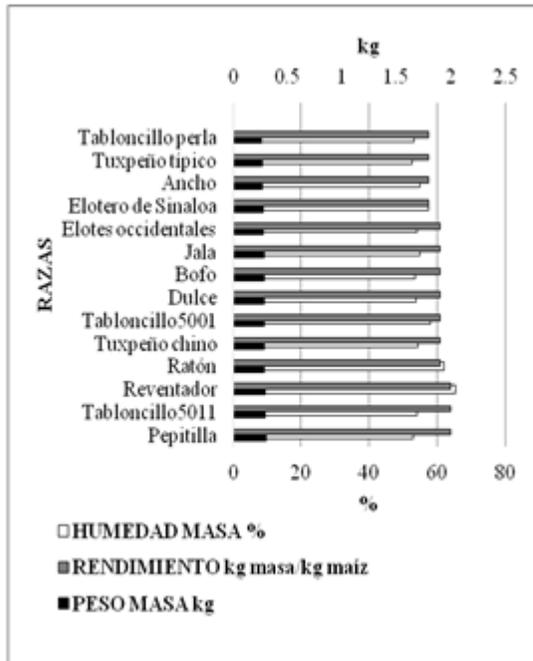
Características de masa. No se encontró diferencia estadística en las variables para masa, excepto humedad; Reventador, Ratón, Tabloncillo (M05001) y Elotero de Sinaloa (57.6 a 65.5%) presentaron la mayor humedad (Gráfica 6).

Solo se observó una tendencia para mejor conversión de nixtamal a masa en Tabloncillo (M05011), Pepitilla y Reventador con valores de 2.0 kg masa kg maíz nixtamalizado-1, y las mismas razas en la variable mayor peso de masa con un valor superior a 293 gramos

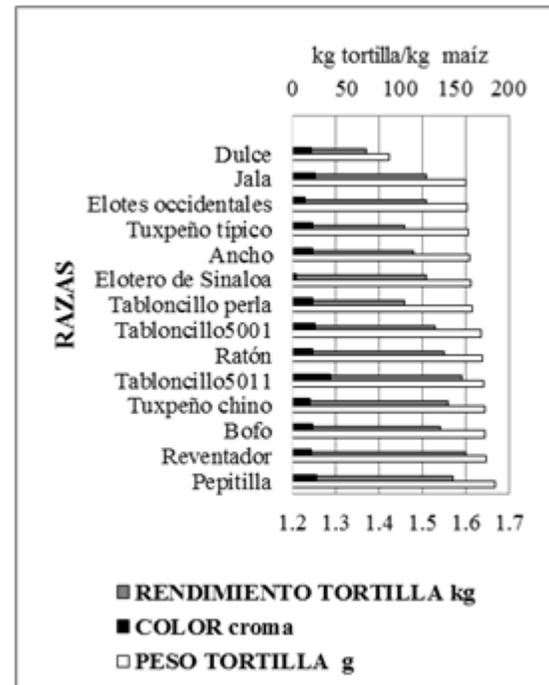


Gráfica 5 Desprendimiento de pericarpio y pérdida de sólidos en la nixtamalización del grano de doce razas de maíz nativo del occidente de México.

Características de tortilla. Las razas con características de tortilla caliente más sobresalientes son Pepitilla, Reventador, Bofo y Tuxpeño (chino), como se muestra en la Gráfica 7. Las colectas de estos grupos raciales muestran los mejores valores de peso (177 a 187 gramos), rendimiento (1.54 a 1.60 kg tortilla kg maíz nixtamalizado-1), aunque su humedad también fue la mayor (40.8 a 45.4%), En cuanto a color, Tabloncillo (M05011) y Pepitilla fueron los materiales con color de tortilla más blanco, mientras Elotero de Sinaloa y Elotes occidentales mostraron la tortilla más oscura (Gráfica 7).

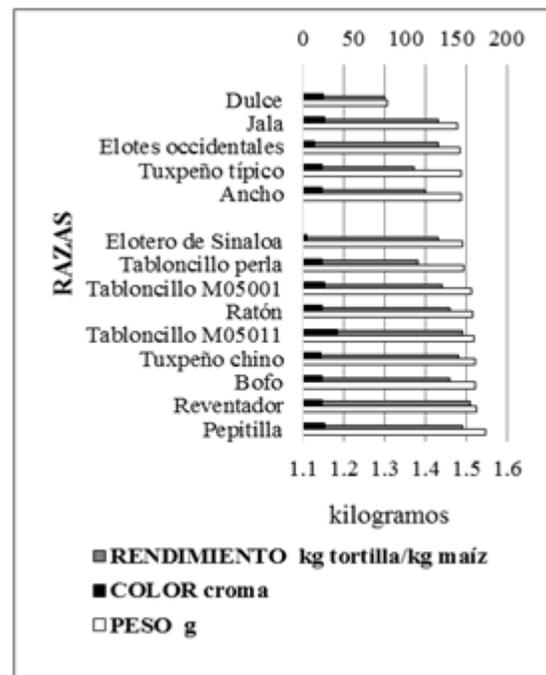


Gráfica 6 Humedad, rendimiento y peso de masa en doce razas de maíz nativo del occidente de México.



Gráfica 7 Rendimiento, color, y peso de tortilla caliente en doce razas de maíz nativo del occidente de México.

El peso de tortilla fría (Gráfica 8) es mayor en las colectas de la raza Tuxpeño (chino), Reventador y Pepitilla con un valor superior a 169 gramos. El menor peso de tortilla fría se presenta en la colecta de la raza Jala y Dulce con un valor inferior a 152 gramos. En las colectas de las razas Tabloncillo, Pepitilla y Reventador se presenta el mayor rendimiento de tortilla fría con un valor mayor a 1.49 kg tortilla kg maíz nixtamalizado-1. El menor rendimiento de tortilla fría se presenta en las colectas de las razas Tabloncillo Perla, Tuxpeño y Dulce con un valor inferior a 1.38 kg tortilla kg maíz nixtamalizado-1.

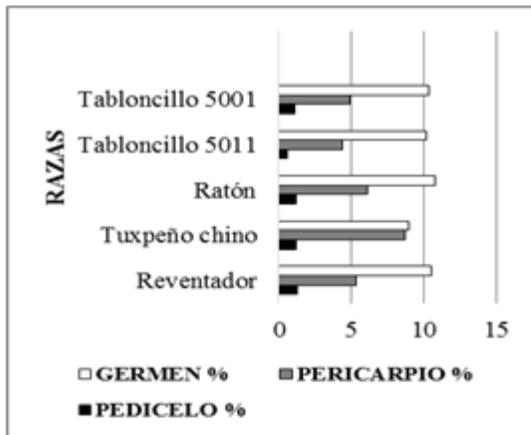


Gráfica 8 Rendimiento, color, y peso de tortilla fría en doce razas de maíz nativo del occidente de México.

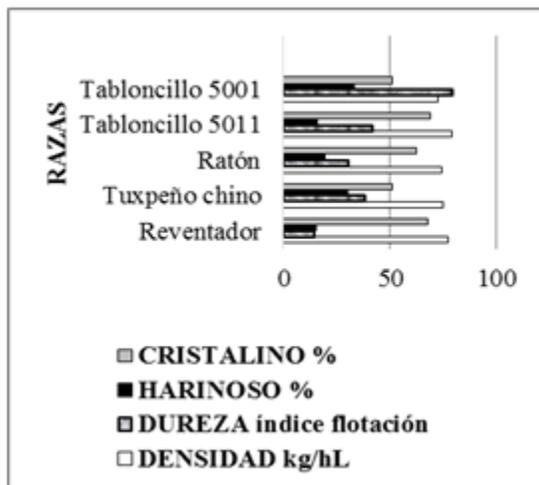
Evaluaciones de maíces de INIFAP (Vázquez et al., 2008) muestran como mejor rendimiento de tortilla caliente en híbridos un valor de 1.5 kg; rendimiento de tortilla fría en el orden de 1.46 kg. Esta evidencia indica que las razas mencionadas poseen características de conversión nixtamal a tortilla, similares a los híbridos.

Razas con características adecuadas para la Industria de Masa y Tortilla (IMyT).

Las razas con utilidad potencial para esta industria son Tabloncillo (M05001 y M05011), Ratón, Tuxpeño (chino) y Reventador. En las Gráficas 9 y 10 se encuentran las características de grano de las colectas de estos complejos raciales.



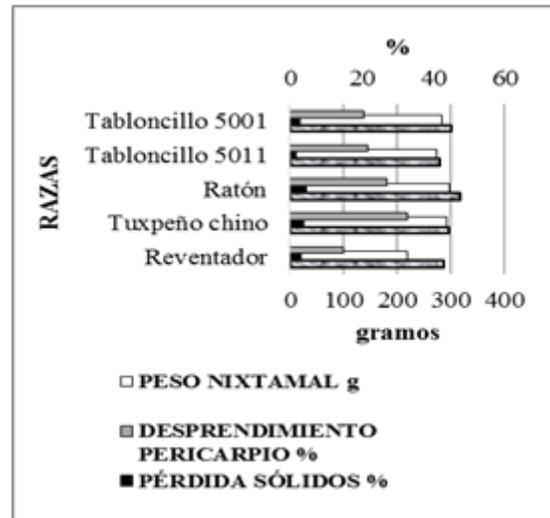
Gráfica 9 Proporción de germen, pericarpio y pedicelo de cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.



Gráfica 10 Proporción endosperma cristalino y harinoso, dureza y densidad del grano de cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.

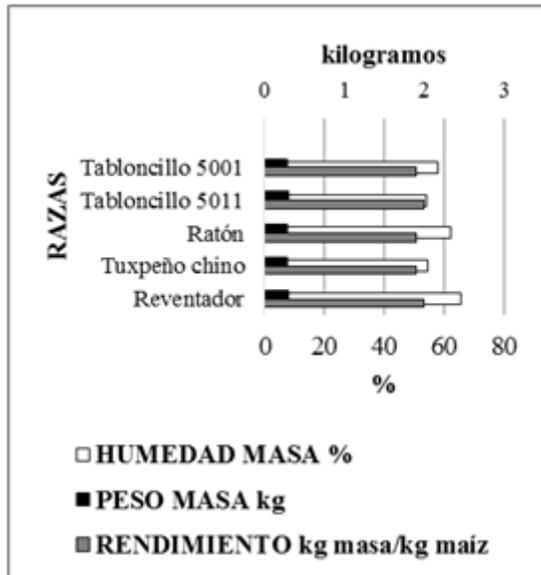
Los valores observados en estos materiales son inferiores o muy cercanos a los requeridos en la norma (Norma Mexicana de Maíz para Nixtamalización NMX-034, 2002).

Datos relativos al nixtamal de las colectas de estas razas, se encuentra en la Gráfica xx. La literatura (Vázquez et al. 2008) muestra que el nixtamal de híbridos para tortilla tienen xxx, por lo que el material estudiado se considera dentro de lo apropiado para elaborar tortilla.



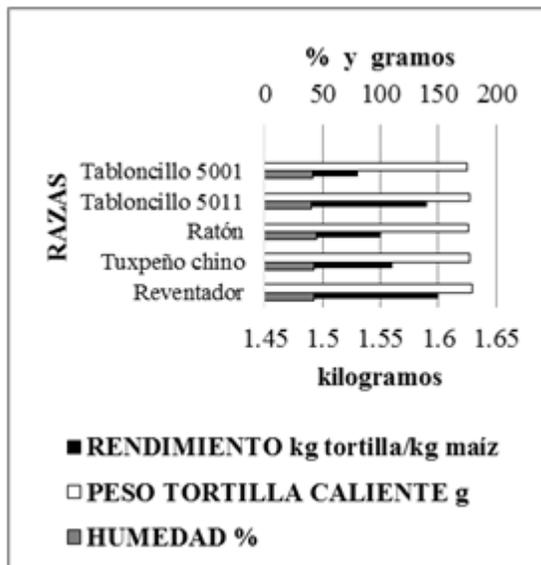
Gráfica 11 Peso, proporción de pericarpio desprendido y pérdida de sólidos en el nixtamal de cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.

Las características de la masa del grupo de maíces con potencial industrial, se anotan en la Gráfica 12.



Gráfica 12 Humedad, peso y rendimiento de masa en cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.

Por último, las variables de tortilla se encuentran representadas en la Gráfica 13.



Gráfica 13 Humedad, peso y rendimiento de tortilla caliente en cinco razas de maíz nativo con potencial para la Industria de Masa y Tortilla.

La información obtenida muestra que varias de las razas estudiadas tienen características adecuadas para la Industria de Masa y Tortilla, como son Tabloncillo (M05001 y M05011), Ratón, Tuxpeño (chino) y Reventador. Razas por su grano oscuro (Gráfica 1) como Elotes Occidentales (morado) y Elotero de Sinaloa (negro), o por su grano suave o semiduro como Pepitilla, Ancho y Jala (Gráfica 1), no son convenientes para propósitos industriales, aunque sus propiedades organolépticas (color, olor, sabor, textura) son altamente apreciadas en las áreas rurales, en ciudades pequeñas y en sectores ciudadanos donde puede obtenerse la “tortilla criolla”, preparada en forma tradicional.

Conclusiones

Colectas de los complejos raciales Tabloncillo (M05001 y M05011), Ratón, Tuxpeño (chino) y Reventador, tienen particularidades en su grano que pueden ser adecuadas para la elaboración industrial de tortilla.

Las razas Pepitilla, Ancho y Jala con grano de textura suave, no llenan las necesidades de la Industria de Harina Nixtamalizada ni la de Masa y Tortilla, las cuales necesitan granos duros.

Las razas Elotes Occidentales y Elotero de Sinaloa con su grano oscuro y suave, tampoco se ajustan al requerimiento industrial.

En los dos últimos grupos señalados, aunque no tienen aceptación industrial, su tortilla es preferida en los hogares rurales, ciudades pequeñas y entre consumidores de las ciudades grandes que aprecian la calidad de esta clase de maíces, preparados en forma tradicional.

Referencias

- Almeida H., L.W. Rooney. 1996. Avances en la manufactura y calidad de productos de maíz nixtamalizado. Seminario de la asociación americana de soya. México, D.F. Industria alimentaria 6:4-13.
- Arámbula-Villa, G., J.A. Méndez-Albores, J. González-Hernández, E. Gutiérrez-Arias, y E. Moreno-Martínez. 2004. Evaluación de una metodología experimental para determinar características de textura de tortilla de maíz. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54 (2): 216-222.
- Bedolla, S. and L.W. Rooney. 1984. Characteristic of US-Mexican instant maize flour for tortilla and snack preparation. *Cer. Food World* 29:732-735.
- Bello-Pérez, L.A., D.P. Osorio, A.E. Agama, S.C. Núñez y L.O. Paredes. 2002. Propiedades químicas, físicoquímicas y reológicas de masa y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*. 36:319-328.
- Bressani, R. and N.S. Scrimshaw. 1958. Effect of lime treatment on in vitro availability of essential amino acid and solubility of protein fractions in corn. *J. Agr. Food Chem.* &:774-778.
- Bressani, R. 1990. Chemistry technology and nutritive value of maize tortillas. *Food revs. Int.* 6:225-264.
- Bressani, R., Benavides, B., Acevedo, E., and Ortíz, M. A. 1990. Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality-protein maize during rural tortilla preparation. *Cereal Chem.* 67:515-518.
- Bressani, Ricardo. 2008. Cambios nutrimentales en el maíz inducidos por el proceso de nixtamalización. In: Nixtamalización, del maíz a la tortilla, aspectos nutrimentales y toxicológicos. M.E. Rodríguez García, S.O. Serna Saldívar y F. Sánchez Sinencio (Eds.). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro., México. 313 p.
- González, R., E. Reguera, L. Mendoza, J.M. Figueroa and F. Sánchez-Sinencio. 2004. Physicochemical changes in the hull of corn grains during their alkaline cooking. *J. Agric. Food Chem.*52:3831-3837.
- Gutiérrez, E., I. Rojas-Molina, J. Pons-Hernández, H. Guzmán, B. Aguas-Ángel, J. Arenas, P. Fernández, A. Palacios, G. Herrera and M.E. Rodríguez. 2007. Study of calcium ion diffusion in nixtamalized quality protein maize as a function of the cooking temperatura. *Cereal Chem.* 84:186-194.
- Hernández García, Armando. 2007. Determinación de la relación amilosa/amilopectina y de algunas propiedades físico químicas de maíces criollos enfocadas a sus usos potenciales. Tesis licenciatura. UNAM, Fac. De Química. México, D.F. 127 p.
- Jackson, D. S., Rooney, L. W., Kunze, O. R. and Waniska, R. D. 1988. Alkaline processing properties of stress cracked and broken corn (*Zea mays* L.). *Cereal Chem.* 65:133-137.
- Martínez-Bustos, F., H.E. Martínez-Flores, E. Martín-Martínez, F. Sánchez-Sinencio, Y.K. Chang, D. Barrera-Arellano and E. Ríos. 2001. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalization process. *J. Sci. Food Agric.* 81(15):1455-1462.

Narváez-González, E.D., J.D. Figueroa-Cárdenas, S. Taba. 2007. Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo con su origen geográfico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30:321-325.

Norma mexicana para maíces destinados al proceso de nixtamalización. 2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano, cereales maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y métodos de prueba. SAGARPA dirección general de normas. México D.F. 18p.

Paredes López, O. and M.F. Sarahopulos. 1982. Scanning electron microscopy studies of lime corn kernels for tortilla making. *J. Food. Tec.* 17:687-693.

Rojas Molina, I., E. Gutiérrez-Cortez, A. Palacios-Fonseca, L. Baños, J.L. Pons Hernández, S.H. Guzmán Maldonado, P. Pineda Gómez and M.E. Rodríguez. 2007. Study of structural and thermal changes in endosperm of quality protein maize during traditional nixtamalization process. *Cereal Chem.* 84(4):304-312.

Rooney, L.W. and E.L. Suhendro. 1999. Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks. *Cereal Foods World* 44:466-470.

Rooney, L. and S.O. Serna-Saldívar. 1987. Food uses of whole corn and dry milled fractions. In: S.A. Watson and P.E. Ramsted (eds.). *Corn (Zea mays L.) chemistry and technology.* Am. Ass. Of Cer. Chemists, St. Paul, pp. 339-429.

Salinas Moreno, Y. y P. Pérez Herrera. 1997. Calidad nixtamalera-tortillera en maíces comerciales de México. *Rev. Fitot. Mex.* Vol 20. 121-136.

Salinas Moreno, Y. y M.G. Vázquez Carrillo. 2006. Metodologías de Análisis de la Calidad Nixtamalero-Tortillera en Maíz. Folleto Técnico No. 24. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Edo de México. México. 91 p.

Steel, Robert G.D. and James H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. MacGraw Hill book, Inc. New York. 481 p.

Serna-Saldívar, S.O.; Gomez, M.H. and Rooney, L.W. 1990. The chemistry, technology and nutritional value of alkaline-cooked corn products. In: Pomeranz, Y. (ed.). *Advances of cereal science and technology.* Am. Ass. Cereal Chem. St. Paul, MN. 10:243-307.

Vázquez Carrillo, M.G., J.L. Ramírez Díaz, V.A. Vidal Martínez, M. Chuela Bonaparte, G.A. Velázquez Cardelas, E. Betanzos Mendoza y Y. Salinas Moreno. 2008. Caracterización de maíces subtropicales del INIFAP para la producción de harina nixtamalizada y tortillas. Folleto Técnico No. 2. INIFAP. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán, Jal. México. 36 p.

Vázquez Carrillo, M.G., J.P. Pérez Camarillo, J.M. Hernández Casillas, M.L. Marrufo Díaz y E. Martínez Ruiz. 2010. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Fitot. Mex.* Vol. 33 núm 4. pp. 49-56. Chapingo, Méx.

Vázquez Carrillo, M.G., A. Ortega Corona, M.J. Guerrero Herrera, B. Coutiño Estrada. 2011. Evaluación bioquímica e industrial de razas de maíz nativas de la región serrana de Sonora. In: *Aptitud, mejoramiento, usos y riesgos de la diversidad genética de maíz en México,* R.E. Preciado Ortiz y S. Montes Hernández (eds.). Soc. Mex. Fit., Chapingo, Méx. pp. 97-142.