

CALIDAD NIXTAMALERA Y TORTILLERA EN MAÍCES CRIOLLOS DE MÉXICO

ALKALINE COOKING AND TORTILLA QUALITY OF MEXICAN MAIZE RACES

Oralia Antuna Grijalva^{1*}, Sergio A. Rodríguez Herrera¹, Gerónimo Arámbula Villa², Arturo Palomo Gil¹, Edmundo Gutiérrez Arias², Armando Espinoza Banda¹, Edson F. Navarro Orona¹ y Enrique Andrio Enríquez¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez Km. 2. 27059, Torreón, Coahuila, México. Tel. y Fax 01(871) 729 7676. ²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Unidad Querétaro. Libramiento Norponiente Núm. 2000, Fraccionamiento Real de Juriquilla. 76230, Querétaro, Qro.

* Autor para correspondencia (oantuna_77@hotmail.com)

RESUMEN

En México, como en gran parte de Centro y Sudamérica, el maíz (*Zea mays* L.) es utilizado principalmente para consumo humano, pues con él se elaboran diferentes alimentos, como las tortillas. El grano que va a ser nixtamalizados para la elaboración de tortillas debe producir masa con alta humedad, buena extensibilidad y resistencia al corte de las tortillas. En esta investigación se evaluaron cinco tipos raciales de maíces criollos para elaborar tortillas, excepto la raza Dulce. De cada raza de maíz se determinaron las propiedades físicas del grano, masa y tortillas; en grano se determinó: dureza, tamaño, humedad, peso hectolítrico, perfil amilográfico y color; en la masa: adhesividad, cohesión y humedad; en las tortillas: tensión, corte, color y humedad. Se encontró que el largo del grano osciló de 11.97 a 18.57 mm, valores que corresponden al maíz Dulce y Pepitilla, respectivamente. La dureza del grano fluctuó entre 11.46 (Tuxpeño) y 4.71 kg (Pátzcuaro 2). La viscosidad máxima de la harina del grano de los maíces evaluados osciló entre 357 y 1813 cp. En el peso por hectolitro, Jala y Tuxpeño cumplen con los requerimientos mínimos establecidos en la norma de calidad (74 kg hL⁻¹) para maíces destinados al proceso de nixtamalización. La humedad del grano, masa y tortilla fluctuaron entre 10.0-11.6 %, 54.2-58.0 % y 42.30-44.28 %, respectivamente. En textura de tortilla, el maíz Tuxpeño fue el que presentó la menor resistencia a la tensión y al corte, y el que produjo la mejor tortilla elaborada.

Palabras clave: *Zea mays*, razas, características físicas de grano, masa, tortilla.

SUMMARY

In México, like in Central and South America, maize (*Zea mays* L.) is mainly used for human consumption, in different manners,

such as tortillas. The maize grains used for making tortillas should produce a dough (mass) with high humidity, extensibility and cut strength. In this study five races of maize were evaluated for making tortillas. Grain, mass and tortilla physical properties of five maize races (with exception of Dulce) were evaluated. Hardness, size, density (kg hL⁻¹), moisture content, color and amylographic profile of grain were determined. Adhesiveness, cohesiveness and moisture content were evaluated in mass; while tensile strength, cutting force, color and humidity content were evaluated in tortillas. Grain length values varied between 11.97 and 18.57 mm for Dulce and Pepitilla, respectively. Grain hardness oscillated between 11.46 (Tuxpeño) and 4.71 kg (Pátzcuaro 2). Pátzcuaro y Jala showed the highest viscosity, 1813 and 1672 cp, respectively. Jala and Tuxpeño reached the minimum requirements of the nixtamalization quality norms (74 kg hL⁻¹). The minimum and maximum values of moisture content in grain, mass and tortillas, were: 10.0-11.6 %, 54.2-58.0 % and 42.3-44.28 %, respectively. The texture of tortillas elaborated with Tuxpeño had the lowest tension and cutting strength, thus resulting in the best raze for making tortillas.

Index words: *Zea mays*, landraces, physical and chemical features of kernel, dough, tortilla.

INTRODUCCIÓN

México posee la mayor diversidad genética de maíz (*Zea mays* L.), la cual se manifiesta en variación de caracteres morfológicos vegetativos, así como de espiga, mazorca y grano, y en la composición química del grano. De las 436 razas de maíz reportadas en el continente americano, 50 se encuentran en México (Goodman y Brown, 1988). De ellas 25 son utilizadas para consumo humano, las cuales difieren en características físicas y funcionales (USDA-ARS, 2005). En éstas se han hecho múltiples cruzamientos para obtener mejores características genéticas, aunque la mayoría de ellas son de tipo agronómico. Pocos atributos importantes para los campesinos y consumidores han sido estudiados, como los relativos a la calidad de la tortilla. Un aspecto importante de estas mejoras y que hasta hoy no se ha sistematizado, es la evaluación del potencial que tienen dichas razas para usos específicos. En los últimos años ha crecido la demanda del maíz destinado al proceso de nixtamalización industrial, lo que ha estimulado el estudio de las características de calidad del grano tanto en los programas de mejoramiento genético como en el proceso industrial de fabricación de productos de maíz nixtamalizado. Como atributos de una tortilla de buena calidad puede considerarse los siguientes: fácil enrollado, suavidad al tacto, olor, sabor, textura y plasticidad. Tales atributos se obtienen mediante un procesamiento con concentraciones adecuadas de cal y tiempos apropiados de cocción; además es deseable lograr óptimas condiciones sanitarias y reconocida calidad nutricional.

Para la elaboración de tortillas se requiere un grano que produzca masa con alta humedad, buena extensibilidad y resistencia, entre otras características (Arámbula *et*

al., 2001b). La firmeza de la masa está determinada por el tipo de maíz, la dureza del grano, las condiciones de secado, la absorción de agua y el grado de gelatinización de los almidones (Bedolla y Rooney, 1984). Las tortillas de buena calidad se asocian con masas cuyos valores de viscosidad máxima oscilan entre 220 y 330 unidades Brabender (UB) (Bedolla y Rooney, 1984).

El objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades físicas de grano y masa, de cinco tipos raciales de maíces criollos, y evaluar su potencial para ser usados en la producción de tortillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los tratamientos consistieron en cinco razas de maíz (Cuadro 1), pertenecientes a los grupos raciales Dulce, Jala, Pepitilla, Pátzcuaro 2 y Tuxpeño. La semilla fue proporcionada por el banco de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, que fue sembrada y cosechada en el ciclo P-V 2006 en Celaya, Gto. El tipo Dulce se incluyó para conocer su comportamiento y comparar en el futuro con cruzas con otros tipos raciales.

Propiedades físicas del grano

Tamaño de grano. De cada raza se tomaron 10 granos al azar y con un vernier digital Mitutoyo modelo CD-6" CS (Mitutoyo Corp., Japón) se les midió el largo, ancho y espesor del centro del grano. Los resultados se expresaron en mm.

Peso hectolítrico y humedad. El peso hectolítrico y humedad del grano, masa y tortillas se determinaron, respectivamente, con los métodos aprobados 55-10 y 44-19 por la Asociación Americana de Químicos (AACC, 1998).

Dureza. Se determinó en una muestra de 10 granos, mediante una prueba de resistencia a la penetración medida con un analizador de textura (TA-XT2) provisto con un punzón cónico (ángulo 30°), a una velocidad de 0.5

mm s⁻¹ y una distancia de penetración de 2 mm. Los datos se reportaron en kg-f.

Perfil de viscosidad amilográfica. Esta determinación se hizo con un aparato Rapid Visco Analyzer (RVA-3D). Se colocaron 3 g de muestra, ajustados a 14 % de humedad, y se agregó agua para completar 28 g. Se obtuvieron las curvas al aplicar un ciclo de calentamiento y enfriamiento de la siguiente manera: inició en 50 °C y permaneció en esta temperatura por 1 min, enseguida se aplicó la rampa de elevación de temperatura de 7.5 °C min⁻¹ hasta alcanzar 92 °C donde permaneció durante 5 min, después se enfrió a una tasa de 7.5 °C min⁻¹ hasta 50 °C en la que permaneció durante 1 min, y terminó la prueba a los 22 min. La viscosidad máxima desarrollada se reportó en centipoises (cp).

Color. Se determinó con un colorímetro de reflexión Hunter Lab, Modelo Miniscan (USA), el cual registra la intensidad de luz absorbida por el color negro o la reflejada por el blanco (escala L), así como la descomposición de la luz en los colores básicos: la escala "a" que va del rojo al verde y la "b" del amarillo. Con estos valores se estimó el valor de ΔE basado en la fórmula:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

donde ΔE = diferencia total de color, entre el color de la muestra y el de la referencia y ΔL ; Δa y Δb = diferencias absolutas de los valores de L, a y b determinados en la muestra, menos el valor de la placa de referencia.

Elaboración de nixtamal, masa y tortillas

La nixtamalización del grano de maíz se hizo en la forma tradicional (Serna *et al.*, 1990). Para la elaboración de la masa se separó el nejayote o agua de coccimiento del nixtamal; luego se lavó el nixtamal y se molvió en un molino de piedras marca FUMASA modelo US-25 (Méjico). A todos los tratamientos se les adicionó la cantidad de agua necesaria para que la consistencia de la masa fuera adecuada durante el troquelado.

Cuadro 1. Descripción de cinco razas de maíz nativas de México.

Raza	Origen	Tipo de endospermo	Color de grano	Altitud de adaptabilidad (m)
Tuxpeño	Michoacán	Dentado	Crema	1300
Jala	Nayarit	Semicristal-dentado	Amarillo claro	1000
Pepitilla	Guerrero	Harinoso	Blanco-crema	1500
Dulce	Guanajuato	Azucarado-cristalino	Rojo	1700
Pátzcuaro 2	Michoacán	Suave-harinoso	Rojo	1300

La masa adecuada para elaboración de las tortillas se troqueló en una máquina tortilladora manual de rodillo (Casa Herrera, México). Las características físicas de las tortillas fueron: 12 cm diámetro y 1.3 mm de espesor. Las tortillas se cocieron en un comal a 260 ± 10 °C. Se aseguró un cocimiento adecuado de la tortilla para obtener un buen inflado.

Propiedades de la masa de maíz

Adhesión y cohesión. Para estas características se utilizó el aparato Texture Analyzer TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scardales, N.Y./ Stable Micro System, Godalming, Surrey, U. K.) equipado con el accesorio TA-18. Se obtuvo la fuerza máxima registrada en gramos fuerza (g-f).

Propiedades de textura de las tortillas producidas

Fuerza a la tensión y fuerza al corte. Para estas pruebas se utilizó el equipo Texture Analyzer TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scardales, N.Y./ Stable Micro System, Godalming, Surrey, U. K.) provisto con el accesorio TA-96 para la primera y TA-90 en la segunda. Estas variables se expresaron en g-f.

Color. Se determinó de igual forma que para el grano, en una tortilla tomada al azar y con tres determinaciones hechas en diferentes partes de la misma.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue uno completamente al azar con tres repeticiones, y se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la comparación de medias. Los resultados fueron analizados con el paquete estadístico SAS ver. 9.0 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas del grano

Se detectaron diferencias ($P \leq 0.05$) en los granos de los cinco tipos raciales de maíz utilizados en este trabajo (Cuadro 2). El largo del grano osciló de 11.97 a 18.57 mm, valores que corresponden al maíz Dulce y Pepitilla, respectivamente. Por su parte, Arámbula *et al.* (1999) reportaron longitudes de 8 a 12 mm para maíces semicristalinos, que son los más utilizados para producción de tortilla. La dureza del grano fluctuó entre 11.46 (Tuxpeño) y 4.71 kg (Pátzcuaro 2); los términos "duro" y "suave" se emplean para designar la relación de áreas harinosa/cristalina presentes en el endospermo del grano, característica que influye en la dureza del grano. En este caso las razas Tuxpeño y Dulce presentaron la mayor dureza entre todos los criollos analizados. En el peso hectolítico, que es una forma de medir la densidad del grano, los valores variaron entre 68.22 y 75.49 kg hL⁻¹; esta característica se utiliza como medida de calidad en el comercio de granos de maíz. De las razas evaluadas, Jala y Tuxpeño cumplieron con el requerimiento mínimo de peso hectolítico establecido en la norma de calidad (74 kg hL⁻¹) para maíces destinados al proceso de nixtamalización (Secretaría de Economía, 2001).

La humedad inicial del grano de todos los maíces estuvo comprendida entre 10.03 y 11.60 %. El tamaño de grano influye en el contenido de humedad, pues los tamaños pequeños como los de las razas Dulce, Tuxpeño y Pátzcuaro-2 favorecen la hidratación del grano durante la nixtamalización de grano (Sánchez *et al.*, 2007). En el caso del color (ΔE) del grano, donde los valores altos de ΔE denotan mayor alejamiento del color de la muestra respecto al estándar (placa de porcelana blanca), resultó que los maíces Dulce ($\Delta E = 65.65$) y Pátzcuaro 2 ($\Delta E = 66.79$) fueron los menos blancos, debido a su coloración oscura (rojo).

Cuadro 2. Características físicas y físicoquímicas de granos de cinco maíces criollos nativos de México.

Raza	Dureza (kg-f)	Dimensiones			Humedad (%)	Peso hectolítico (kg hL ⁻¹)	Color (ΔE)
		Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)			
Dulce	9.51 ab	11.97 b	8.21 c	4.86 b	11.1 c	70.83 c	65.65 a
Jala	6.64 c	12.19 a	10.83 a	5.85 a	10.9 d	73.66 b	40.42 c
Pepitilla	8.68 b	18.57 a	7.43 c	3.86 c	10.0 e	70.74 c	37.58 d
Pátzcuaro-2	4.71 c	12.13 b	9.28 b	5.26 ab	11.6 a	68.22 d	66.79 a
Tuxpeño	11.46 a	12.11 b	9.68 b	4.54 bc	11.2 b	75.49 a	42.57 b
DMS (0.05)	1.96	1.31	0.91	0.94	0.05	0.25	1.20

ΔE = Diferencia de color con referencia a la placa blanca; DMS = Diferencia mínima significativa (Tukey, 0.05).

El color del maíz criollo tipo Jala fue amarillo, con un ΔE de 40.42. El color del grano de maíz varía ampliamente entre genotipos y aunque no se considera una propiedad importante para el uso alimentario del mismo, influye considerablemente en la preferencia del consumidor (Mauricio *et al.*, 2004).

Los perfiles amilográficos de los granos fluctuaron de 1813 a 357 cp, donde el valor más alto correspondió a la raza Pátzcuaro 2 y el más bajo a Dulce; Jala fue el segundo más alto en viscosidad (Figura 1). Este comportamiento se debe a que el desarrollo de viscosidad está dado principalmente por el contenido del almidón, como en todos los cereales; en las razas Pátzcuaro 2 y Jala debe esperarse que sus contenidos sean mayores que el resto de los maíces evaluados. La viscosidad está relacionada inversamente con el grado de gelatinización de los almidones. Un almidón gelatinizado y deshidratado, al rehidratarse no desarrolla viscosidad; por el contrario, uno nativo tiende a desarrollar la viscosidad a su máxima capacidad (Arámbula *et al.*, 2001a).

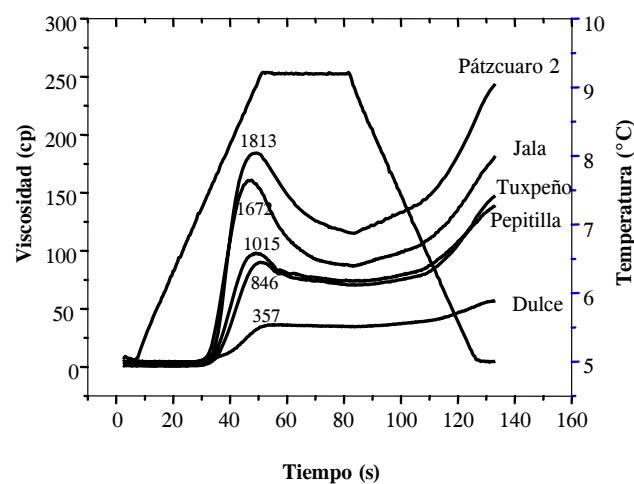


Figura 1. Perfiles amilográficos (viscosidad) de harina de granos de cinco razas de maíces nativos de México.

Propiedades de la masa y tortillas producidas

Los valores de adhesión y cohesión de las masas producidas con los maíces criollos evaluados se presentan en el Cuadro 3. En las masas de maíz nixtamalizado se requiere cierta fuerza de adhesividad para que el material se pueda troquelar (Ramírez *et al.*, 1994), ya que sin adhesividad carece de la consistencia necesaria para troquelar la tortilla; una masa demasiado adhesiva, chiclosa, tampoco permite que se pueda formar la tortilla (Arámbula *et al.*, 2001b). En la evaluación de las propiedades de masa y tortilla no se incluyó la raza Dulce, ya que no es apropiada para la elaboración de tortilla.

Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el grado de adhesividad de las razas, donde Tuxpeño y Pátzcuaro 2 resultaron con los mayores valores (30.3 y 29.7 g, respectivamente), y el menor valor fue para Jala (20.1 g); los valores más altos se encuentran dentro del rango (28-60 g) reportado por Arámbula *et al.* (2001) como adecuado para la producción de tortillas. El contenido de humedad (58 %) de la masa del maíz Pepitilla fue superior ($P \leq 0.05$) al resto de los maíces que presentaron un comportamiento similar entre ellos, con valores de alrededor de 55 %. Arámbula *et al.* (2000) concluyeron que en una masa de maíz de buena calidad para elaboración de tortillas, la humedad debe oscilar entre 50 y 58 %, rango en el cual están comprendidos los valores de las razas evaluadas. La humedad de la tortilla osciló de 42.3 a 44.28 %, que concuerdan con los reportados en las tortillas elaboradas con diversos tipos de maíz (42.9 %), en un rango de 32.5 a 47.9 %.

El color de la tortilla también presentó diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre las razas evaluadas, lo cual se debió a diferencias iniciales en el color del grano. La tortilla elaborada con la raza Pepitilla dio el menor ΔE (33.65) y fue la más cercana al color blanco (placa de porcelana blanca), a diferencia de las elaboradas con maíz Pátzcuaro 2 cuyo ΔE fue de 62.63, el más alejado del blanco; las tortillas de Pátzcuaro 2 presentaron un color bastante oscuro.

Cuadro 3. Características de masa y tortilla elaboradas con cuatro maíces criollos nativos de México.

Raza	Textura masa		Humedad		Color (ΔE)	Textura tortilla	
	Cohesión (g)	Adhesión (g)	Masa (%)	Tortilla (%)		Tensión (g)	Corte (g)
Jala	162.6 b	21.1 d	54.2 c	42.30 d	35.08 b	256 a	1.523 a
Pepitilla	100.3 d	25.2 c	58.0 a	43.83 b	33.65 c	247 b	1.119 c
Pátzcuaro 2	156.7 c	29.7 b	55.5 b	42.82 c	62.63 a	155 d	1.303 b
Tuxpeño	178.4 a	30.3 a	55.5 b	44.28 a	33.81 c	204 c	891 d
DMS (0.05)	4.96	1.83	0.16	0.20	0.53	7.57	174

ΔE = Diferencia de color con referencia a la placa blanca; DMS = Diferencia mínima significativa (Tukey, 0.05).

La fuerza a la tensión y resistencia al corte son propiedades de textura de las tortillas con las que se evalúan la plasticidad y el grado de dureza del producto; entre más suave y blanda sea una tortilla, requiere menos trabajo para su masticación y el producto será de mejor calidad. En estas características también hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las razas de maíz (Cuadro 3). La mayor fuerza al corte la presentaron las tortillas elaboradas con masa del maíz tipo Jala (1523 g), y el menor en las elaboradas con el tipo Tuxpeño (891 g). Los valores del Tuxpeño son similares a los reportados por Rangel-Meza *et al.* (2004) para la tortilla de maíz blanco elaborada de manera tradicional, cuya dureza promedio es de 800 g. Los maíces que poseen características para tortilla se caracterizan por tener valores altos de peso de mil granos, ancho del grano, y de rendimiento de tortilla, así como baja resistencia al corte de tortilla (Mauricio *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

El maíz Tuxpeño superó a las demás razas evaluadas en dureza y peso hectolítrico. En general, la humedad de la masa de todos los maíces nixtamalizados se encontró en el rango considerado adecuado para producir tortillas (54.2 a 58.0 %), lo que aseguró se produjeran tortillas con buena humedad con valores que oscilaron de 42.30 a 44.28 %. En la textura de las tortillas producidas, el maíz Tuxpeño fue el que presentó la menor resistencia tanto a la tensión como al corte, lo que dio como resultado la mejor tortilla elaborada.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association of Cereal Chemists, AACC (1998)** Approved Methods of the AACC. The Association. 10th ed. St. Paul, Minnesota. 1200 p.
- Arámbula V G, S R Mauricio A, J D Figueroa C, J González Hernández, F C Ordóñez A (1999)** Corn masa and tortillas from extruded instant corn flour containing hydrocolloids and lime. *J. Food Sci.* 64:120-124.
- Arámbula V G, M Yáñez L, Y Vorobiev, J González H (2000)** Coeficiente efectivo de difusión de agua en masas de maíz nixtamalizado por extrusión. *Agrociencia* 34:717-727.
- Arámbula V G, J González H, C A Ordóñez J (2001b)** Physico-chemical structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. *J. Cereal Sci.* 33:245-252.
- Arámbula V G, L Barrón A, J González H, E Moreno M, G Luna B (2001a)** Efecto del tiempo de coccimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortillas de maíz. *Arch. Latinoam. Nutr.* 51:187-194.
- Bedolla S, L W Rooney (1984)** Characteristics of U.S. Mexican instant maize flour for tortilla and snack preparation. *Cereal Food Wld.* 29:732-735.
- Goodman M N, L W Brown (1988)** Races of corn. In: G F Sprague, J W Dudley (eds). *Corn and Corn Improvement*. ASA Monograph 18 ASA, Madison, Wisconsin. pp:33-79.
- Mauricio S R A, J D Figueroa, S Taba, M L Reyes, F Rincón, A Mendoza (2004)** Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:213-222.
- Rangel Meza E, A Muñoz Orozco, G Vázquez-Carrillo, J Cuevas-Sánchez, J Merino-Castillo, S Miranda-Colín (2004)** Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia* 38:53-61.
- Ramírez-Wong B, VE Sweat, I Torres P, Rooney (1994)** Cooking time, grinding, and moisture content effect on fresh masa texture. *Cereal Chem.* 71:337-343.
- Sánchez F C, Y Salinas M, G Vázquez M, G Velázquez A, G Aguirar M (2007)** Efecto de las prolaminas del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre de la tortilla. *Arch. Latinoam. Nutr.* 57:295-301.
- SAS Institute (2002)** SAS User's Guide. Version. 9.0, SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Secretaría de Economía (2001)** NHMX-FF-034-2001-SCFI. 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. Dirección General de Normas. SA-GARPA. México D.F. 18 p
- Serna S O, M Gómez H, L W Rooney (1990)** Technology, chemistry and nutritional value of alkaline-cooked corn products. In: *Advances in Cereal Science and Technology*, Vol. X. Y Pomeranz (ed). American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. pp: 243-307.
- USDA ARS. (2005)** Races of Maize Collection. North Central Regional Plant Introduction Station. Iowa State University; Ames, Iowa. Digital compilation (<http://www.ars.usda.gov/pandp/people/publications.htm.personid=12358>) (28 de noviembre de 2007).