

# Diferencias en atributos sensoriales de tortillas de maíz

Gabriela Palacios Pola<sup>3</sup>

Lurline Álvarez Rateike<sup>3</sup>

David Santiago-Ramos<sup>4</sup>

David Eduardo Calderón Sánchez<sup>5</sup>

## Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es la especie agronómica más cultivada en el país y se caracteriza por ser una planta domesticada. En México se producen cerca de 60 razas de maíz, de las cuales 23 son sembradas en Chiapas. Las tortillas elaboradas con diferentes tipos de maíz criollo se consumen en comunidades en las que los/as campesinos/as han mantenido vigentes estas semillas, aunque no se han documentado sus atributos sensoriales, es decir, las cualidades percibidas por los sentidos usados para describir un producto. De tal forma que el objetivo del presente trabajo fue determinar los atributos sensoriales de tres muestras de tortillas elaboradas con diferentes genotipos de maíces criollos y distin-

---

<sup>3</sup> Laboratorio de Evaluación Sensorial. Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Libramiento Norte Poniente #1150, col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, C.P. 29018, México.

<sup>4</sup> Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), km. 13.5 Carretera Los Reyes-Texcoco, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, C.P. 56250, México.

<sup>5</sup> Centro de Investigación y Desarrollo, Grupo Lala, Torreón Coahuila, México.

tos procesos de elaboración. Un grupo de 100 consumidores asiduos de este tipo de tortillas realizaron la determinación de atributos usando la técnica Check All That Apply (CATA). Las instrucciones fueron dadas verbalmente, aunque también aparecían escritas en la papeleta de evaluación. A cada participante se le proporcionaron tres mitades de tortillas que fueron servidas a una temperatura de 85°C aproximadamente. Los participantes tuvieron acceso a agua a libre demanda para realizar enjuagues entre muestras. El análisis de datos se realizó mediante el software XLSTAT 2017 (Addinssoft Software).

Se identificaron los atributos afines a cada producto entre los que destacan olor a maíz y sabor a nixtamal para tortillas blancas de maíz olotón; sabor industrial y fácil de enrollar para las muestras procesadas en tortillería con tono intermedio (70 % de nixtamal de maíz tuxpeño + 30 % de harina de maíz industrial); en tanto que las tortillas amarillas de maíz olotón se caracterizaron por el sabor intenso a maíz y su grosor.

**Palabras clave:** olotón, tuxpeño, tortillas de nixtamal, olor, sabor, rolabilidad.

## Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) ha permanecido constante durante los últimos siglos en el centro de la economía rural, la ecología y la cultura (Tuxil *et al.*, 2010), se desarrolló en Mesoamérica con una agricultura que hace 5,000 a 7,500 años A.C. se llevaba a cabo en cuencas y valles semiáridos del centro de México, con lo que se inició su domesticación (Garibay & De la Torre, 2011).

De acuerdo a Colunga y Zizumbo (2004) el maíz se extendió rápidamente desde el centro de México en el contexto del comercio regional y las redes de intercambio. Los agricultores indígenas lograron la domesticación y diversificación del maíz, lo cual ha sido hasta la actualidad uno de los mayores logros de la mejora vegetal, cuyo cultivo produjo el máximo cambio morfológico que se ha presentado en cualquier planta producto de labranza (Garibay & De la Torre, 2011). Chiapas es uno de los tres estados de México con mayor diversidad en sus maíces cultivados, esta variación es producto de la adaptación de los maíces a diferentes ambientes biofísicos y de la selección humana. Se han regis-

trado más de 20 razas de maíz que exhiben diferentes características asociadas a la región de cultivo (Perales & Hernández, 2005).

En las diferentes regiones de México se preparan numerosos platillos de maíz, que varían en cada región dependientes de las tradiciones culinarias, la disponibilidad de razas nativas y los gustos personales (Linares & Bye, 2012).

Cabe señalar que en forma de tortilla, el maíz es uno de los principales componentes de la dieta del pueblo mexicano, con un consumo de alrededor de 12.3 millones de toneladas de maíz, de las cuales 64 % se realizan a través del método tradicional de maíz-masa-tortilla y el resto se elabora a través de la industria harinera (Sierra-Macías *et al.*, 2010).

Generalmente, las tortillas consumidas en las áreas rurales se elaboran con el maíz que se produce en las localidades, pudiendo ser blanco, amarillo o de otros colores (rojo, azul, mixtos). Estos granos son nixtamalizados, es decir, se cuecen en una solución de cal para remover el pericarpio y suavizar el interior del grano, de tal forma que pueda ser molido y convertido en una masa cohesiva que se puede moldear en círculos delgados que posteriormente son cocidos sobre comales (Billeb & Bressani, 2001).

Es preciso mencionar que la preferencia entre los distintos tipos de maíz es debida principalmente a atributos sensoriales desarrollados durante la nixtamalización, es decir, las características percibidas por los sentidos, como color, sabor y textura de la tortilla, así como la facilidad para trabajar la masa, en tanto que los industriales de la masa y la tortilla prefieren procesar maíces de tamaño y color uniforme y optan por los de color blanco crema brillante y con textura intermedia a dura (Jiménez-Juárez *et al.*, 2012).

Las tortillas elaboradas principalmente con maíz nativo, se encuentran en comunidades rurales o suburbanas que se han preocupado por mantener vigentes sus semillas ya que implica el sustento familiar diario, aunado a eso la creciente población urbana en nuestro país muestra una tendencia de consumo hacia los productos del campo de buena calidad y revalora las tortillas y antojitos elaborados tradicionalmente con estos maíces (Ortega-Paczka, 2007); sin embargo, los criterios de preferencia y los atributos sensoriales de tortillas provenientes de maíz criollo chiapaneco no han sido documentados.

## Objetivos

### *General*

Determinar los atributos sensoriales de tres muestras de tortillas elaboradas con diferentes genotipos de maíz criollo y distintos procesos de elaboración.

### *Específicos*

- Enunciar las características físicas de las tres muestras de tortilla de maíz, elaboradas con dos razas de maíces criollos olotón (blanco y amarillo) y tuxpeño.
- Conocer el método de nixtamalización de las muestras de tortillas de maíz de San Cristóbal de Las Casas y ejido el Jobo de Tuxtla Gutiérrez.
- Describir el proceso de elaboración de tortillas de maíz de origen artesanal y mecanizada utilizadas en el estudio.
- Aplicar la técnica Check All That Apply (CATA) con consumidores de tortilla de maíz tomando en cuenta atributos de apariencia, textura en mano, olor, sabor y textura en boca.

## Hipótesis

Los procesos de nixtamalización y elaboración de tortillas determinan las características sensoriales percibidas por los consumidores en el color, sabor, aroma y textura de la tortilla.

## Metodología

### *Muestras de tortilla de maíz*

Se recolectaron tres muestras de tortillas de maíz, dos provenientes de un establecimiento ubicada en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas

y una que se produce en una tortillería localizada en el ejido El Jobo del municipio de Tuxtla Gutiérrez, ambas en el estado de Chiapas, México.

Los criterios de selección de las tortillas fueron los siguientes: elaboradas con las dos razas de maíz criollo de gran prevalencia en el estado, olotón y tuxpeño; son de los colores más consumidos, blancos y amarillo y; su fabricación por dos formas diferentes, artesanal y mecanizada (tabla 1).

Las muestras de tortillas de San Cristóbal de Las Casas son elaboradas con maíz de la raza olotón cosechado en el ejido Pasté del municipio de Zinacantán, ubicado a 2279 metros de altitud, se caracteriza por tener un olote (corazón de la mazorca) grueso en relación con la longitud del grano, los cuáles son en general grandes y cristalinos (Wellhausen *et al.*, 1951); en tanto que las muestras provenientes de la tortillería se elaboran a partir de una mezcla de harina de maíz comercial y maíz criollo nixtamalizado característico de la región tropical correspondiente a la raza tuxpeño, que se caracteriza por tener una longitud mediana o larga, su forma es regularmente delgada y cilíndrica con granos anchos medianamente gruesos y con una fuerte depresión (Wellhausen *et al.*, 1951).

Tabla 1. Muestras de tortillas de maíz empleadas en las pruebas sensoriales

Nombre de muestra	Fuente	Tipo de muestra
Olotón blanco	Tradicional obtenida de maíz cultivado en Pasté, Zinacantán, Chiapas	Artesanal
Olotón amarillo	Tradicional obtenida de maíz cultivado en Pasté, Zinacantán, Chiapas	Artesanal
Mezcla (tuxpeño y harina de maíz)	Producida por una tortillería en el ejido El Jobo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas	Mecanizado

Se usaron dos tipos de muestras, tortillas de origen artesanal y mecanizado, que son las formas más frecuentes de elaboración de tortillas. La forma artesanal consiste en moler el nixtamal fresco con un molino de piedras, posteriormente amasar con agua purificada y darle forma

circular empleando una prensa o las manos, a continuación, son cocidas sobre comales a temperaturas de aproximadamente 250 °C. La forma mecanizada se realiza en establecimientos que cuentan con equipos para amasar, moldear y cocer las tortillas provenientes generalmente de harina de maíz empacadas en costales de diversas marcas.

### *Nixtamalización del maíz para la elaboración de las tortillas*

Las tres muestras de tortillas provienen de nixtamal,  $X_1$  y  $X_2$  contienen 100 % de maíz criollo nixtamalizado, en tanto que  $X_n$  es una mezcla de 70 % de maíz criollo nixtamalizado y 30 % de harina de maíz marca Proinsa. Para conocer el método de nixtamalización se acudió a los establecimientos a realizar una entrevista, de la que se derivan los datos indicados en la tabla 2.

Como puede apreciarse en la tabla, el porcentaje de cal añadida en relación a la cantidad de maíz corresponde al 1 % para las dos razas, sin embargo, los tiempos de cocción y reposo que se presentan durante la nixtamalización son diferentes, siendo mayores para la raza tuxpeño que para el olotón.

Tabla 2. Características de la nixtamalización de las razas criollas estudiadas

<b>Características</b>	<b><math>X_1</math></b>	<b><math>X_2</math></b>	<b><math>X_n</math></b>
Raza criolla	Olotón	Olotón	Tuxpeño
Nixtamalización			
Maíz	3 kg	3 kg	1 kg
Cal	0.03 kg	0.03 kg	0.01 kg
Cocción	1 h	1 h	2 h
Reposo	0.5 h	0.5 h	Mínimo 12 h

### *Caracterización física de las tortillas*

Se realizaron determinaciones de parámetros físicos de las tortillas que correspondieron al tamaño, peso, color y humedad de las muestras.

El tamaño fue determinado empleando una regla para medir el diámetro en centímetros de las muestras; el peso se estimó por los gramos de las tortillas mediante una balanza analítica marca Ohaus; para el color se usó un colorímetro marca Kónica Minolta que nos arrojó los indicadores L, a\* y b\*; por último el porcentaje de humedad se determinó a través de una termobalanza marca Ohaus.

### *Análisis sensorial de tortillas*

Se aplicó una prueba con consumidores en la Universidad Intercultural de Chiapas (UNICH) ubicada en San Cristóbal de Las Casas. Los consumidores no entrenados (N= 100) fueron jóvenes de entre 18 y 26 años de edad, con frecuencia elevada de consumo de productos de nixtamal (especialmente de tortillas), debido a su origen étnico. El estudio aplicado se denomina CATA (Check All That Apply) y consiste en una prueba rápida en la que se presentan una serie de descriptores de las muestras por analizar y deben ser seleccionadas a juicio de cada participante. Los descriptores incluidos en este estudio son 33 términos sensoriales que fueron generados con base en la literatura científica para tortillas de harina de maíz, además del criterio sensorial de ocho panelistas entrenados de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Se puede apreciar en la tabla 3 que el orden de presentación de los descriptores está de acuerdo a los atributos de apariencia (del 1 al 7), textura en mano (del 8 al 18), olor (del 19 al 22), sabor (del 23 al 31) y textura en boca (32 al 33).

Tabla 3. Descriptores empleados en el análisis CATA de las muestras de tortillas

1. Gruesa	12. No se rompe	23. Sabor intenso a maíz
2. Delgada	13. Se quiebra fácil	24. Sabor leve a maíz
3. Muchos puntos en superficie	14. Seca	25. Sabor a humo
4. Pocos puntos en superficie	15. Áspera	26. Sabor a cal
5. Harinosa/Polvosa	16. Húmeda	27. Sabor a nixtamal

6. Amarilla	17. Pegajosa/Cohesiva	28. Sabor salado
7. Blanca	18. Grumosa	29. Sabor amargo
8. Fácil de enrollar	19. Olor a humo	30. Sabor tradicional
9. Difícil de enrollar	20. Olor a maíz	31. Sabor industrial
10. Dura o rígida	21. Olor a rancio	32. Fácil de masticar
11. Suave	22. Olor a nixtamal	33. Difícil de masticar

En platos de cartón fueron presentadas tres mitades de cada muestra de tortilla a temperaturas de aproximadamente 85°C y en orden ascendente de tonalidad amarilla ( $X_1-X_n-X_2$ ), con la finalidad de mantener control en el registro de la información por cada participante. Las instrucciones fueron dadas verbalmente, aunque también aparecían escritas en la papeleta de evaluación. Los participantes tuvieron acceso a agua a libre demanda para realizar enjuagues entre las muestras.



Figura 1. Análisis sensorial CATA realizado por jueces no entrenados.



### *Análisis estadístico*

Los datos registrados fueron capturados en el programa Excel; para determinar la significancia de las características físicas se empleó la prueba de Tukey mediante el software MINITAB versión 17, en tanto que los atributos sensoriales se analizaron por el programa estadístico XLSTAT 2017 (Addinsoft Software).

### **Resultados y discusión**

Las razas de maíz seleccionadas para conocer las diferencias sensoriales en las tortillas son dos de las tres más abundantes en Chiapas, siendo el maíz olotón frecuente en zonas altas por encima de los 1800 m de altitud, la raza comiteco es dominante entre los 1400 y 1900 msnm, en tanto que el tuxpeño se cultiva en regiones tropicales y crece por debajo de los 900 metros de altitud (Brush y Perales, 2007).

En relación con las formas de elaboración de las tortillas se infiere que las muestras de nixtamal fresco manufacturadas artesanalmente en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas por mujeres tzotziles de la comunidad Pasté, Zinacantán (ubicada a 18 kilómetros) mantienen el conocimiento heredado en línea maternal del saber hacer las prácticas tradicionales de nixtamalización, molienda, prensado y cocción de las tortillas, en las que el único instrumento no manual que se ha adoptado es el molino eléctrico (Vizcarra Bordi, 2018). Mientras que en las regiones de clima tropical donde cultivan maíz tuxpeño se han incorporado tortillerías en la mayoría de las comunidades, aunque todavía hay hogares en los que se nixtamalizan los granos y se elaboran las tortillas en sus formas tradicionales, por lo que resultan comunes los establecimientos con mezclas de maíz nixtamalizado y harina de maíz industrializado.

La dureza reportada por medio del índice de flotación para los maíces criollos olotón y tuxpeño es diferente, reportándose de acuerdo a la NMX-FF-034/1-SCFI-2002 (Secretaría de Economía, 2002) que la primera posee una dureza que va de intermedia a dura (Vázquez-Carrillo *et al.*, 2003), en tanto que la raza tuxpeño resulta clasificada como maíz duro (González Amaro, 2016).

El endospermo es la parte del grano que se suaviza durante la nixtamalización y está directamente relacionado con la dureza del maíz, por lo que se han realizado estudios en los que se han observado las estructuras microscópicas en ésta sección y derivado de ellos se han clasificado en dos tipos: endospermo suave o harinoso y vítreo o duro (Narváez González *et al.*, 2006).

De acuerdo con los reportes de Narváez-González *et al.*, (2006), las razas olotón y tuxpeño tienen características microestructurales que muestran diferencias en los grados de compactación de los gránulos de almidón, reportándose a la raza olotón con un grado de compactación 2 que significa de dureza media comparado con la raza tuxpeño cuyo grado de compactación es 4 y significa altos porcentajes de dureza.

Cuando el endospermo es suave o harinoso las temperaturas requeridas para la gelatinización del almidón son menores comparadas con las que se presentan en maíces de endospermo duro, esto ocurre debido a que el almidón presenta una morfología esférica y una compactación débil que permite una mayor difusión de agua (Narváez-González *et al.*, 2006; Santiago-Ramos *et al.*, 2018).

Lo anterior es fundamento para explicar las diferencias en las formas de nixtamalizar los granos de maíz olotón y tuxpeño que se indican en la tabla 2, debido a que la raza olotón con endospermo suave requiere menores tiempos de cocción y reposo que la raza Tuxpeño cuyo endospermo duro mantiene una morfología poligonal y alto grado de compactación de los gránulos de almidón que hace más lenta la difusión de las moléculas de agua al interior del grano, por lo que requiere mayores tiempos de nixtamalización.

En la tabla 4 se muestran las características físicas de las tortillas analizadas con estas dos razas de maíz, se puede observar que existe similitud en el diámetro (14 a 15 cm), lo que significa que el tamaño estándar manejado por las productoras de tortillas artesanales ha sido imitado por los equipos que se usan en las tortillerías.

Tabla 4. Características físicas de muestras de tortillas de dos razas de maíz.

Características	Olotón blanco	Olotón amarillo	Mezcla
Diámetro (cm)	15.1 (a)	14.9 (a)	14.0 (a)
Peso (g)	32.01 (a)	26.23 (b)	21.60 (c)
Color			
L	74.39 (a)	68.04 (b)	77.31 (a)
A	0.89 (a)	7.14 (c)	4.72 (b)
B	18.45 (a)	30.05 (b)	30.10 (b)
Humedad (%)	32.75 (a)	33.90 (a)	38.30 (b)

\*Letras diferentes en las filas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha < 0.05$ )

En relación con el peso, humedad y color sí existen diferencias estadísticas significativas ( $\alpha < 0.05$ ) entre las muestras. El peso de las tortillas de maíz olotón blanco y amarillo son mayores al de la muestra elaborada con mezcla de maíz tuxpeño y harina de maíz industrial, aunque su humedad muestra una tendencia contraria, siendo más alto el porcentaje para la mezcla que lo reportado para los productos elaborados con olotón.

Con relación al color de las tortillas, el parámetro L que mide luz-oscuridad muestra que la tortilla de oloton blanco y la tortilla elaborada con la mezcla son más claras que la muestra de olotón amarillo. La intensidad de luz es el único parámetro que permite agrupar las muestras por sus similitudes.

Por otro lado, los resultados de la prueba CATA arrojaron que existen diferencias estadísticas significativas ( $\alpha < 0.05$ ) en los atributos relacionados con la textura por lo que se puede atribuir a las propiedades del almidón durante el procesamiento de elaboración de las tortillas provenientes de nixtamal fresco y procesado.

De forma esquemática, en la figura 2 se muestran los resultados de las agrupaciones de los principales atributos para cada muestra de tortilla, se puede observar que las tortillas artesanales de maíz olotón blanco y amarillo se destacan por sus olores característicos a maíz y a nixtamal, derivado de su proveniencia de nixtamal fresco, aunado a la

presencia del sabor a nixtamal que no se distingue en las tortillas de elaboración mecanizada en las que prevalece el sabor industrial.

Con respecto a los descriptores asociados a la textura percibida en mano, hay diferencias que se relacionan directamente con la elaboración de las tortillas como es la sensación dura o rígida encontrada en las que se hacen de forma artesanal y la suavidad y facilidad de enrollar que presentan las realizadas en tortillería. Cabe mencionar que la textura es una característica fácil de identificar por los consumidores y hay una asociación común del grosor con la sensación suave-dura, siendo las tortillas de nixtamal fresco comúnmente más gruesas y las de tortillerías más delgadas, lo que se refleja en su flexibilidad para enrollarse, de ahí que sean percibidas como suaves por su delgadez.

Herrera-Corredor *et al.* (2007) en un estudio de preferencias de tortillas de diferentes procedencias describen que la mayoría de los consumidores en México tienen preferencia por las tortillas hechas a mano o de fabricación en pequeñas tortillerías debido a sus atributos de rolabilidad (capacidad de enrollarse), resistencia al corte y facilidad de masticación.

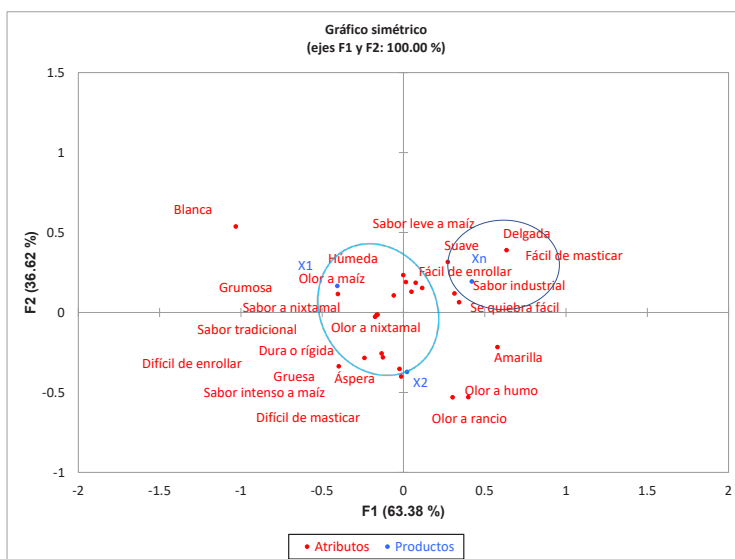


Figura 2. Atributos principales identificados en las tortillas de elaboración artesanal ( $X_1$  y  $X_2$ ) y mecanizada ( $X_n$ ).

## Conclusiones

Recientemente se ha generado un fenómeno de venta de tortillas elaboradas con nixtamal fresco en centrales de abasto, mercados populares, mercados alternativos (orgánicos), de casa en casa, así como en calles y avenidas de gran afluencia peatonal y vehicular. Esta situación ha originado el interés por parte de los consumidores, quienes han generado la demanda hacia estos productos, por lo que es importante enfatizar los atributos de calidad a pesar de las desventajas asociadas a su elaboración como son el rendimiento y la vida útil.

Este estudio presenta las diferencias en las características físicas y en los atributos sensoriales de tortillas elaboradas a partir de nixtamal fresco y las que provienen de una mezcla de nixtamal y harina de maíz, se concluye que el tamaño regular o mediano es popular en las tres muestras de tortillas, sin embargo, en parámetros como peso, humedad y tonalidades hay oscilaciones que están asociadas al tipo de grano, así como a los procesos de nixtamalización del maíz y elaboración de las tortillas. En tanto que las percepciones por jueces no entrenados asiduos a este producto están influenciadas por el gusto y la textura, distinguiéndose en las primeras sabores y olores asociados al proceso de nixtamalización y en las segundas texturas en mano relacionadas con su elaboración mecanizada.

Es necesario realizar más investigaciones sobre cómo las diferentes condiciones de procesamiento afectan la aceptabilidad sensorial de los productos de tortilla.

## Referencias

- Billeb D.S. AC y Bressani R. (2001). Características de cocción por nixtamalización de once variedades de maíz. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51(1):86–94.
- Brush SB y Perales HR. (2007). A maize landscape: Ethnicity and agrobiodiversity in Chiapas Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121, 211–221.

- Colunga-GarcíaMarin P, Zizumbo-Villarreal D. (2004). Domestication of Plants in Maya Lowlands. *Economic Botany*, 58(2004), S88–S100.
- Garibay RM y De la Torre M. (2011). Maíz criollo, milpa y agrobiodiversidad. *Ciencia y desarrollo*, 237(255),10–16.
- González Amaro RM. (2016). *Usos locales y preferencias de consumo como factores de la diversidad del maíz nativo de Oaxaca*. México:El Colegio de la Frontera Sur.
- Herrera-Corredor JA, Saidu JEP, Khachatryan A, Prinyawiwatkul W, Carballo-Carballo A. y Zepeda-Bautista R. (2007). Identifying drivers for consumer acceptance and purchase intent of corn tortilla. *Journal of Food Science*, 72(9).
- Jiménez-Juárez JA, Arámbula-Villa G, Cruz-Lázaro E de la, Aparicio-Trapala MA. (2012). Características del grano , masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia*, 28(2):145–152.
- Linares, E. y Bye, R. ( 2012). *La milpa: patrimonio biológico y cultural de México, en El frijol, un regalo de México al mundo*. México: Fundación Herdez.
- Narváez-González ED, Figueroa-Cárdenas JDD., Taba S. y Sánchez FR. (2006). Kernel microstructure of Latin American races of maize and their thermal and rheological properties. *Cereal Chemistry*, 83(6):605–610.
- Narváez-González ED, Figueroa-Cárdenas JDD, Taba S, Tostado EC, Peniche RÁM y, Sánchez FR. (2006). Relationships between the microstructure, physical features, and chemical composition of different maize accessions from Latin America. *Cereal Chemistry*, 83:595–604.
- Ortega-Paczka R. (2007). El maíz como cultivo. En Esteva G, Marielle C, editors. *Sin maíz no hay país*. ( pp. 123–154.).1a ed. Estado de México: CONACULTA.
- Santiago-Ramos D, Figueroa-Cárdenas J de D, Mariscal-Moreno RM, Escalante-Aburto A, Ponce-García N, Véles-Medina JJ. (2018). Physical and chemical changes undergone by pericarp and endosperm during corn nixtamalization-A review. *Journal of Cereal Science*, 81:108–117.

- Secretaría de Economía. (2002). Norma Mexicana NMX-FF-034/1-SCFI-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. Dirección General de Normas:18.
- Sierra-Macías M, Palafox-Caballero A, Vázquez-Carrillo G, Rodríguez-Montalvo F, Espinosa-Calderón A. (2010). Caracterización agronómica, calidad industrial y nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1):21-29.
- Tuxill J, Reyes LA, L.L. M, V.C. U, Jarvis DI. (2010). All Maize Is Not Equal: Maize Variety Choices and Mayan Foodways in Rural Yucatan, Mexico. En Staller J, Carrasco M, editors. *Pre-Columbian Foodways*. New York, NY. p. 467-486.
- Vázquez-Carrillo MG, Guzmán-Báez L, Andrés-García JL, Márquez-Sánchez F, Castillo-Merino J. (2003). Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26:231-238.
- Vizcarra Bordi I. (2018). *Volteando la tortilla. Género y maíz en la alimentación actual de México*. 1a edición. Editores JP, editor. Ciudad de México. 452 p.
- Wellhausen EJ, Roberts L.M., Hernández X. E. (1951). *Razas de Maíz en México, su origen, características y distribución*. 1a Edición, Ciudad de México: Aldina Rosell y Sordo Noriega S. DE R.L.