



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
POSGRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA**

VALOR SIMBÓLICO, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, TEXTURALES Y SENSORIALES DE TORTILLA TLAYUDA ELABORADA CON MAÍCES NATIVOS

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de:**

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

Presenta:

FEBE CRUZ GARCÍA

Bajo la supervisión de: OFELIA SANDOVAL CASTILLA, DRA.



Chapingo, Estado de México, noviembre de 2025

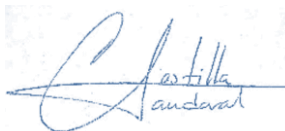


**VALOR SIMBÓLICO, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, TEXTURALES Y
SENSORIALES DE TORTILLA TLAYUDA ELABORADA CON MAÍCES NATIVOS**

Tesis realizada por **Febe Cruz García** bajo la supervisión del comité asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de:

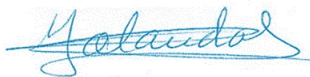
MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

DIRECTORA: _____



DRA. OFELIA SANDOVAL CASTILLA

CO-DIRECTORA: _____



DRA. YOLANDA SALINAS MORENO

ASESOR: _____



DR. EMMANUEL FLORES GIRÓN

ASESORA: _____



DRA. VERENICE TORRES SALAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
DEDICATORIAS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DATOS BIOGRÁFICOS	xi
RESUMEN GENERAL.....	xii
GENERAL ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Objetivo general.....	4
1.2 Objetivos particulares	4
1.3 Hipótesis.....	4
1.4 Organización de la tesis.....	5
1.5 Referencias consultadas.....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.1.1 Producción e importancia del maíz en México	7
2.1.2 Razas de maíz en México	7
2.1.3 Productos alimenticios del maíz	8
2.1.4 Casos de estudio de la tortilla-tlayuda.....	8
2.2 Marco teórico	9
2.2.1 Características de la tortilla tlayuda.....	9
2.2.2 Composición química de la tortilla.....	10
2.2.3 Propiedades sensoriales de la tortilla tlayuda	11
2.2.4 Propiedades texturales de la tortilla tlayuda.....	13
2.2.5 Sistema de producción de la tortilla tlayuda	14

2.2.6	Valor simbólico de la tortilla tlayuda	16
2.3	Referencias consultadas.....	17
3.	VALOR SIMBÓLICO Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA TORTILLA TLAYUDA.....	22
3.1	Introducción	24
3.2	Materiales y métodos.....	25
3.2.1	Área de estudio	25
3.2.2	Sistema de producción de la tlayuda en la Región Valles Centrales, Oaxaca	26
3.2.3	Costos de producción.....	26
3.2.4	Análisis del valor simbólico y grado de conocimiento de la tortilla tlayuda	27
3.2.5	Análisis estadístico.....	27
3.3	Resultados y discusión	28
3.3.1	Sistema de producción de la tortilla tlayuda	28
3.3.2	Costos de producción.....	34
3.3.3	Análisis del valor simbólico de la tortilla tlayuda: comunidades de significados.....	36
3.3.4	Grado de conocimiento, actitudes y prácticas de los consumidores de tortilla tlayuda	40
3.4	Conclusiones	43
3.5	Referencias consultadas.....	44
4.	ANÁLISIS QUÍMICO, TEXTURAL Y SENSORIAL DE TLAYUDAS ELABORADAS CON MEZCLAS DE MAÍCES NATIVOS DE OAXACA.....	47
4.1	Introducción	49
4.2	Materiales y métodos.....	51
4.2.1	Caracterización fisicoquímica de los granos	51
4.2.2	Proceso de nixtamalización y molienda	52
4.2.3	Elaboración y cocción de las tlayudas.....	53
4.2.4	Propiedades fisicoquímicas de las tortillas	54
4.2.5	Propiedades texturales en masa y tortilla.....	54

4.2.6	Análisis sensorial descriptivo en las tortillas.....	56
4.3	Resultados y discusión	59
4.3.1	Análisis fisicoquímicos de los granos	59
4.3.2	Rendimiento de nixtamal, masa y tortilla	63
4.3.3	Propiedades fisicoquímicas de tlayudas	65
4.3.4	Propiedades texturales de masa y tortilla.....	68
4.3.5	Análisis sensorial descriptivo de tlayudas	83
4.4	Referencias consultadas.....	93
5.	CONCLUSIONES GENERALES.....	99

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química y mineral en tortillas elaboradas a partir de tres razas de maíz azul/morado.....	10
Cuadro 2. Características de segmentos de la cadena de valor de maíz-tortilla en Oaxaca.	15
Cuadro 3. Costos de inversión inicial para elaboración de tortilla tlayuda a nivel artesanal en los municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoros, Oaxaca.	35
Cuadro 4. Costos de producción de tortilla tlayuda a nivel artesanal en los municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoros, Oaxaca.	35
Cuadro 5. Categorías de ideas o palabras expresadas por los consumidores a partir de las encuestas aplicadas sobre la tortilla tlayuda.	36
Cuadro 6. Comunalidades de significados por sexo para tortilla tlayuda.	39
Cuadro 7. Porcentaje de aciertos y errores obtenidos por los entrevistados en la variable conocimiento.	40
Cuadro 8. Comparación de los consumidores de tortilla tlayuda de acuerdo al género, edad y escolaridad.....	41
Cuadro 9. Actitudes de acuerdo al grado de conocimiento de los consumidores de tortilla tlayuda.....	42
Cuadro 10. Prácticas de consumo de acuerdo al grado de conocimiento de los consumidores de tortilla tlayuda.....	43
Cuadro 11. Tratamientos de las diferentes mezclas de maíces para la elaboración de la tortilla tlayuda.	53
Cuadro 12. Atributos y referencias utilizadas por los panelistas entrenados para evaluar la tortilla tlayuda.	57
Cuadro 13. Características físicas de los granos de maíz colectados.	59
Cuadro 14. Componentes estructurales y color de los granos de maíz.....	61

Cuadro 15. Análisis químico proximal del grano de los maíces utilizados en la elaboración de tortilla tlayuda.	62
Cuadro 16. Parámetros de color de las tlayudas elaboradas.	65
Cuadro 17. Dimensiones de las tlayudas elaboradas.	66
Cuadro 18 . Análisis químico proximal de las tortillas tlayudas provenientes de los diferentes tratamientos de mezclas de granos.....	68
Cuadro 19. Análisis de perfil de textura de las masas obtenidas de los diferentes tratamientos de mezclas de grano de maíz Bolita con otros maíces.	69
Cuadro 20. Análisis de correlación de las variables físicas, químicas, texturales y de color de las tortillas tlayudas evaluadas.....	80
Cuadro 21. Significancias de las fuentes de variación y su interacción obtenido del ANOVA de los atributos evaluados a las tortillas tlayudas con el panel sensorial (n=10).	85
Cuadro 22. Significancias de variación y su interacción obtenido del ANOVA de los atributos evaluados a las tortillas tlayudas con eliminación de panelistas. .	86
Cuadro 23. Perfil descriptivo de tortilla tlayuda y Comparación de medias de las intensidades de sus atributos sensoriales.	88
Cuadro 24. Cargas de correlación de las variables sensoriales evaluadas en tortillas tlayudas a partir de mezclas de maíces criollos e híbridos.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de municipios estudiados para descripción del Sistema de Producción tortilla tlayuda.	25
Figura 2. Sistema de producción de la tortilla tlayuda en municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoros, región Valles Centrales, Oaxaca.	29
Figura 3. Mujer zapoteca del municipio de Magdalena Teitipac elaborando tortillas tlayudas en forma artesanal.....	31
Figura 4. Proceso artesanal de elaboración de tortilla tlayuda en los municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoros, Oaxaca.	32
Figura 5. Significados otorgados por los consumidores entrevistados respecto a la tortilla tlayuda.	38
Figura 6. Rendimiento de masa, nixtamal y tortilla tlayuda de los maíces analizados y tratamientos utilizados..	63
Figura 7. Análisis de textura en tortilla tlayuda de mezclas de maíz nativo e híbrido mediante el uso del texturómetro TAXT por compresión con aguja a dos temperaturas.....	72
Figura 8. Elongación en tortillas tlayuda elaboradas con maíces nativos e híbrido determinada mediante perfil de textura a dos temperaturas.....	74
Figura 9. Elasticidad en tortillas tlayuda elaboradas con maíces nativos e híbrido determinada mediante perfil de textura a dos temperaturas.....	77
Figura 10. Elasticidad en tortillas tlayuda elaboradas con maíces nativos e híbrido determinada mediante perfil de textura a dos temperaturas.....	78
Figura 11. Análisis de componentes principales de variables fisicoquímicas, texturales y de color evaluados en tortillas tlayudas.	82
Figura 12. Análisis de componentes principales de atributos sensoriales evaluados en tortillas tlayudas.	91

DEDICATORIAS

A mi familia: mis hijos (Marc) y bebé Ángel (en camino) por ser mi motivación y darle más felicidad a mi vida, mi esposo Marcelo por tu apoyo y por compartir conmigo cada paso de este camino. Les dedico este logro con mucho amor y agradecimiento.

A mi madre Ángela (†) que nunca dejó de alentarme a continuar con mis estudios hasta en sus últimos días; Gracias mamá por nunca rendirte y darme hermosos consejos. A mi papá que me permitió un lugar en su hogar para crear proyectos de vida y estar con mi familia.

A mis hermanos y hermanas (Mered, Noemí, Caleb, Mardoqueo, Ezequías, Ino, Osías y Marti) que a pesar de la distancia me procuraban sus buenos consejos.

A mi amiga Antonia que desde la distancia me llenaba de alegría con sus ocurrencias.

A mis compañeros de generación que me apoyaron en compartir sus conocimientos durante los dos años de estudio.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico durante la realización de esta investigación.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria por permitirme continuar con mi formación académica.

A la Dra. Ofelia Sandoval Castilla, por su comprensión, paciencia, dirección y apoyo en cada etapa de la presente investigación.

A mis asesores: Dra. Yolanda Salinas Moreno, Dr. Emmanuel Flores Girón y Dra. Verenice Torres Salas. Por facilitarme material de análisis, material bibliográfico y sus aportaciones acertadas en la presente investigación.

Al MC. Flavio Aragón Cuevas por facilitarme muestras de maíz para uso en esta investigación.

Al grupo del panel sensorial (Verenice, Marcelo, Paulina, Caleb, Isabel, Sayuri, Néstor, Yirlem, Blanca, Estela), me apoyaron con su tiempo y conocimientos durante las sesiones. También a Andrés por apoyarme en la realización de estas prácticas.

A la señora Martina, productora de tortilla tlayuda de la comunidad de Magdalena Teitipac, quien me abrió las puertas de su casa y me apoyó en la elaboración de las tlayudas.

A los laboratoristas: Víctor, Ricardo, Mauricio, Horacio y Fabian que me permitieron trabajar en sus laboratorios a cargo, para realizar los análisis.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Febe Cruz García

Fecha de nacimiento: 06 de octubre de 1994

Lugar de nacimiento: El Tortuguero, Oaxaca.

CURP: CUGF941006MOCRRB04

Profesión: Ingeniero Agroindustrial

Cédula profesional: 13641162



Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo

Licenciatura: Ingeniería Agroindustrial. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

VALOR SIMBÓLICO, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, TEXTURALES Y SENSORIALES DE TORTILLA TLAYUDA ELABORADA CON MAÍCES NATIVOS

La tlayuda, patrimonio cultural gastronómico, constituye un alimento identitario ligado a la historia, tradición y economía del estado de Oaxaca. Para su elaboración se utiliza maíz de la raza Bolita, la escasez de esta raza ha propiciado la incorporación de otras variedades e híbridos, lo que genera cambios en la calidad del producto. De manera exploratoria se analizó el sistema de producción y el valor simbólico mediante entrevistas y encuestas a consumidores y productoras. Se caracterizaron maíces nativos (Bolita, Olotillo, Zapalote chico) y un híbrido (Halcón), evaluando sus propiedades fisicoquímicas. Con estos maíces se utilizó un diseño de mezclas simplificado de 6 tratamientos y un control, de ello se elaboraron tlayudas de manera artesanal y se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales. Los análisis sensoriales, mediante QDA y ANOVA, identificaron atributos clave como aroma y sabor a maíz, flexibilidad, crocancia, rugosidad y doble capa, que permitieron diferenciar tratamientos. Los resultados mostraron que la tlayuda es altamente valorada por su significado cultural y social, asociado a la añoranza, tradición y convivencia, aunque existe desconocimiento sobre su proceso de elaboración y diferencias entre maíces nativos e híbridos. Se encontró que la oposición crocancia-flexibilidad constituye el principal eje de variación. La combinación de maíces nativos con proporciones controladas de híbridos puede optimizar rendimiento y textura sin perder la identidad sensorial, aportando bases para preservar y valorizar este alimento tradicional de gran importancia cultural y económica.

Palabras clave: Maíz nativo, alimento tradicional, atributo sensorial, tlayuda.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Febe Cruz García

Directora: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

GENERAL ABSTRACT

SYMBOLIC VALUE, PHYSICOCHEMICAL, TEXTURAL AND SENSORY PROPERTIES OF TLAYUDA TORTILLA MADE WITH NATIVE CORN

The tlayuda, gastronomic cultural heritage, is an identity food linked to the history, tradition and economy of the state of Oaxaca. For its production, maize of the Bolita race is used, the scarcity of this race has led to the incorporation of other varieties and hybrids, which generates changes in the quality of the product. As an exploration, its production system and its symbolic value were analyzed through interviews and surveys with consumers and producers. Native maize (Bolita, Olotillo, Zapalote chico) and a hybrid (Halcón) were characterized, evaluating their physicochemical properties. With these maizes, a simplified design of mixtures of 6 treatments and a control were used, from which tlayudas were made in an artisanal way and their physicochemical, textural and sensory properties were evaluated. Sensory analyses, using QDA and ANOVA, identified key attributes such as maize aroma and flavor, flexibility, crunchiness, roughness, and double layer, which allowed differentiating treatments. The results showed that tlayuda is highly valued for its cultural and social significance, associated with nostalgia, tradition and coexistence, although there is a lack of knowledge about its production process and differences between native and hybrid corn. It was found that the crunchiness-flexibility opposition constitutes the main axis of variation. The combination of native maize with controlled proportions of hybrids can optimize yield and texture without losing sensory identity, providing bases to preserve and value this traditional food of great cultural and economic importance.

Palabras clave: Native maize, traditional food, sensory attribute, tlayuda.

Master of Science Thesis, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria,
Universidad Autónoma Chapingo

Author: Febe Cruz García

Advisor: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El maíz (*Zea mays L.*) es el cultivo agrícola más importante de México, desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social (SADER, 2020).

Es el cereal base de la alimentación en nuestro país con un aporte nutricional importante, con diversos usos en la alimentación a partir de la gran variedad de maíces nativos; por ejemplo, los totopos del Istmo se hacen con Zapalote chico, las tlayudas de Oaxaca se hacen con maíz Bolita (CONABIO, 2020).

La tlayuda o clayuda es una tortilla típica de gran tamaño, delgada, plana y correosa la cual se prepara a partir de masa obtenida por nixtamalización de granos de maíz (Vázquez-Carrillo et al., 2023).

En nombre Tlayuda, deriva del náhuatl *tlaō-li* que significa maíz desgranado, complementado con el sufijo *uda*, que denota abundancia. Tradicionalmente, la tlayuda es esa tortilla enorme, casi tostada, cubierta de frijoles negros, carne y diversos ingredientes que lo hacen un platillo completo, versátil y balanceado (SADER, 2020).

La tlayuda representa un patrimonio cultural gastronómico de la región Valles Centrales. Es un alimento al se asocian historia, tradición, arraigo y saber-hacer; y sostiene un sistema agroalimentario que tiene territorialidad. Esta territorialidad se establece a través de redes especialmente familiares que establecen vínculos con los mercados locales y externos (Vasconcelos et al., 2020).

El maíz Bolita es señalado como la raza específica de maíz con la que se pueden elaborar las tlayudas, con este se obtiene su textura característica semiquebradiza, asociada al tipo de maíz empleado, lo que le confiere una consistencia única, calidad, sabor, olor, rendimiento y presentación, comparada con cualquier otro maíz (García, 2020). Mediante pruebas sensoriales de productos a base de maíces nativos de Oaxaca, se expuso que estos maíces brindan calidad a los productos que satisfacen al consumidor, sobre todo en productos que tienen un sólido mercado regional, incluso a nivel nacional e internacional como las tlayudas y totopos (González, 2016).

Vázquez-Carillo et al. (2023) determinaron que las condiciones de nixtamalización y el tipo de maíz son factores que influyen sobre la calidad general, la textura y las propiedades sensoriales y nutricionales de las tlayudas. Además, muestras de maíz nativo dan lugar a una masa más blanda y menos adhesiva respecto a maíz mejorado; un rasgo importante para poder moldear las enormes tlayudas.

Las diferentes técnicas de nixtamalización brindan posibilidades en la investigación para el mejoramiento en las propiedades reológicas de la masa, nutricionales y fisicoquímicas, así como la adición de alimentos a la mezcla para la preparación de subproductos, con el fin de incrementar su valor nutricional (Galindo et al., 2021).

De acuerdo con Salinas-Moreno et al. (2017), las tortillas elaboradas con maíz Bolita presentan un contenido elevado de proteína (10 ± 0.2 %), que está relacionado con la dureza del grano y bajos contenidos de aceite (2.4 ± 0.2 %) comparado con tortillas de otras razas de maíz (Chalqueño, 3.5 ± 0.8 %); Elotes cónicos, 3.2 ± 0.4 %), el cual se relaciona con el uso principal que es obtener grandes tortillas que tengan mayor vida de anaquel.

Dada la importancia de esta particular tortilla, hay un mercado nacional e internacional creciente de la tlayuda que permite una fuente de ingresos económicos para las familias oaxaqueñas. Sin embargo, la producción de maíz

Bolita es insuficiente para elaborar tortillas tlayudas debido al abandono de la actividad agrícola local lo que ocasiona altos precios del maíz (Ramírez-Jaspeado, 2022). Esta situación genera que las productoras adapten la técnica de elaboración de la tlayuda, sin que exista una estandarización del proceso (Vasconcelos et al., 2020).

De acuerdo con Ramírez-Jaspeado (2022), las productoras de tlayudas utilizan diferentes fuentes de maíz: un 40.5 % de procedencia externa a la región, como maíz híbrido de origen Sinaloa, Puebla, Guanajuato y Estado de México, en tanto que 27.4 % emplean una combinación de dos tipos de maíces criollos locales, y el 32.1 % recurren al uso de ambas fuentes de maíz tanto externa como local. Dentro del complejo de maíz nativo utilizado para producir tlayudas, se encuentran mayoritariamente las razas Bolita, Tabloncillo y en ocasiones el Pepitilla. Por lo tanto, la tlayuda no es elaborada exclusivamente a partir del maíz raza Bolita.

Vasconcelos et al. (2020) encontraron que 13 % de las productoras del municipio de Tlalixtac de Cabrera, Oaxaca, no ha adoptado un cambio en la elaboración de tlayudas, mientras que 67 % añade algún ingrediente y el 22 % cambió la técnica y uso de ingredientes. Estos trabajos dan muestra de los cambios que ocurren actualmente en torno al proceso de elaboración de la tlayuda oaxaqueña.

En consecuencia, se desconocen las proporciones de las mezclas de los maíces y la calidad final de la tlayuda. No se han reportado estudios de análisis sensorial detallado que revelen el grado de aceptación de la tlayuda elaborada de maíz Bolita en mezcla con granos de otras razas nativas.

Este estudio permitirá determinar las representaciones sociales que el consumidor tiene hacia la tortilla tlayuda, además permitirá caracterizar las tortillas tlayudas elaboradas de mezclas de maíces nativos de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales.

Para ello, esta investigación se centra en dos apartados: el primero es una descripción del sistema de producción maíz-tortilla tlayuda en dos municipios de Oaxaca y un análisis del valor simbólico que representa la tortilla tlayuda para los oaxaqueños y consumidores; así como conocer su nivel de apropiación de lo que la tlayuda representa y su relación con sus actitudes y prácticas respecto a esta tortilla. La segunda parte se orienta en caracterizar los granos de maíz a utilizar, así como las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales de la tortilla tlayuda obtenida de mezclas de maíces nativos de Oaxaca, para proponer una alternativa ante la escasez de maíz Bolita con el que tradicionalmente se elabora la tortilla tlayuda.

1.1 Objetivo general

Descripción simbólica de la tortilla tlayuda y caracterización de las propiedades físico-químicas, texturales y sensoriales al ser elaborada a partir de diferentes mezclas de maíces nativos de Oaxaca.

1.2 Objetivos particulares

- Describir del valor simbólico de la tortilla tlayuda y su sistema de producción.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de granos de maíz Bolita, Olotillo y Zapalote chico de Oaxaca.
- Determinar las propiedades texturales de la masa de mezclas de maíces nativos de Oaxaca.
- Evaluar las características fisicoquímicas, texturales y sensoriales de las tlayudas a partir de mezclas de maíces nativos de Oaxaca.

1.3 Hipótesis

La descripción sensorial, textural y fisicoquímica permite diferenciar las tortillas tlayudas elaboradas a partir de mezclas de maíces nativos.

1.4 Organización de la tesis

El presente documento consta de dos secciones: La primera es una descripción exploratoria del Sistema de producción de la tortilla tlayuda (TT) en dos municipios de la región de Valles Centrales, Oaxaca, y análisis del valor simbólico de esta tortilla por los consumidores. La segunda sección incluye análisis fisicoquímicos de los granos de maíz criollos, análisis químicos y texturales de tortillas tlayudas elaboradas de mezclas de maíces criollos nativos, así como un análisis sensorial descriptivo.

1.5 Referencias consultadas

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020). Qué nos aportan los maíces. México. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/quenosaportan/N_maices.
- Galindo Olguín, C.N., Cruz Cansino, N. del S., Ramírez Moreno, E., Ariza Ortega, J.A., Camacho Bernal, G.I. & Cervantes Elizarrarás, A. (2021). El maíz y la nixtamalización: modificación de sus componentes, técnicas de proceso y enriquecimiento de tortilla. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 10(19):205-213. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i19.7236>
- García, K. (2020). El poder de la tlayuda. El poder del consumidor. Disponible en: <https://elpoderdelconsumidor.org/2020/07/el-poder-de-la-tlayuda/#:~:text=La%20tlayuda%20representa%20un%20alimento,en%20fibra%2C%20vitaminas%20y%20minerales>.
- González Amaro., R. M. (2016). Usos locales y preferencias de consumo como factores de la diversidad del maíz nativo de Oaxaca. Tesis doctoral, ECOSUR.
- Ramírez Jaspeado, A., Cadena Iñiguez, J., Trejo Téllez., B.I., Morales Flores, F.J. & Mancera Rico, A. (2022). Cadena de valor de la tlayuda con participación de género: implicaciones para la conservación de Zea mays l. Raza bolita. *26th International Congress on Project Management and Engineering Terrassa*.
- Salinas Moreno, Y., Hernández Martínez, V., Trejo Téllez, L.I., Ramírez Díaz, J.L. & Iñiguez Gómez, O. (2017). Composición nutricional y de compuestos bioactivos en tortillas de poblaciones nativas de maíz con grano azul/morado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7):1483-1496

- Secretaria Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). Maíz blanco o amarillo es cultivo de tradición y desarrollo. Consultado el 10 de agosto del 2025, disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-blanco-o-amarillo-es-el-cultivo-de-tradicion-y-desarrollo>
- SADER. (2020). Los sabores de México presentes en una Tlayuda. Consultado el 05 de junio del 2025, disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/los-sabores-de-mexico-presentes-en-una-tlayuda>
- Vasconcelos Ramírez., A., Tapia Guerrero, L.A. & López Cruz, L.C. (2020). Transferencia de saberes tradicionales alimentarios. El caso de las productoras de tlayudas en Tlaxiaco de Cabrera, Oaxaca (México). *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55):2395-9169. <http://dx.doi.org/10.24836/es.v30i55.866>
- Vázquez Carrillo, M.G., Toledo Aguilar, R., Aragón Cuevas, F., Salinas Moreno, Y., Palacios Rojas, N. & Santiago Ramos, D. (2023). From maize to tlayuda, a traditional big-flat leathery tortilla. Effect of two nixtamalization processes on some physicochemical and nutraceutical properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100661>

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

2.1.1 Producción e importancia del maíz en México

El maíz es un producto global y el cultivo número uno en el mundo, superando en volumen de producción al arroz y al trigo. En México, el maíz no solo se trata de un alimento básico, sino de un componente fundamental del patrimonio gastronómico, cultural y de la identidad de los mexicanos (CIMMYT, 2019).

Datos reportados por SIAP (2025), en el año 2024, indican que el cultivo de maíz en grano reportó una superficie sembrada de 6,655,097.21 ha con una producción de 24,326,508.24 t, la cifra más baja desde el año 2014 (La Jornada, 2024) y un valor de producción de \$138,310,306.51. El estado de Oaxaca, para el mismo año 2024 cerró con una superficie sembrada de 602,597.49 ha de maíz-grano, con un valor en la producción de \$7,029,815.64

2.1.2 Razas de maíz en México

México, es el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz, influenciado por tres factores: domesticación a partir de los teocintles, gran variedad de climas, y diversidad de prácticas agrícolas (CONABIO, 2013).

De acuerdo con la CONABIO, en México se tienen identificado 64 razas de las cuales 59 son nativas; cada una agrupada con base en caracteres morfológicos, de adaptación y genéticos (Rosado-Ortega et al., 2021).

Mediante estudios de colectas de maíces nativos en Valles Centrales, Oaxaca, se encontraron poblaciones principalmente de raza Bolita, Pepitilla, Tuxpeño, Tabloncillo (Ramírez-Jaspeado et al., 2013; Ramírez-Jaspeado et al., 2022).

De las razas identificadas en el país, 35 se encuentran en el estado de Oaxaca, las cuales se encuentran asociadas a cada grupo étnico; por ejemplo, el maíz Zapalote chico se cultiva en el Istmo de Tehuantepec por la etnia Zapoteca y los Zapotecos de Valles Centrales siembran el maíz Bolita (Aragón et al., 2006).

2.1.3 Productos alimenticios del maíz

La cocina tradicional mexicana es considerada Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad (UNESCO, 2010), tiene como base a las razas nativas de maíz las cuales le confieren características únicas a las preparaciones culinarias (Ortega, 2003). Estos platillos a su vez agrupan diversos platillos que se fragmentan en diversas categorías, por ejemplo: tortillas por su maíz y color, por su forma y tamaño, por la manera de elaboración, por el modo de cocción (Kato et al., 2009).

Así mismo, existe una correlación estricta entre la raza de maíz y el tipo de preparación culinaria. Por ejemplo, la raza Bolita es la idónea para elaborar la tortilla “tlayuda” y el “tejate”, con la raza Cacahuacintle se prepara el “pozole”, la raza Bofo se usa para hacer “huacholes”, el Zapalote chico es ideal para el “totopo istmeño” (Fernández-Suárez et al., 2013). Estos son solo algunos ejemplos de la asociación entre un producto alimenticio y un tipo especial de maíz nativo. Pero los productos a partir del grano de maíces nativos son múltiples: pinole, elotes, tortilla, pozole, sopas, menudos, elotes, palomitas, esquites, botanas, totopos, tamales, atoles, harinas, sopas, aceites, y demás (Rosado-Ortega et al., 2021); siendo la tortilla la de mayor importancia en México.

2.1.4 Casos de estudio de la tortilla-tlayuda

La Tlayuda forma parte de la cocina mexicana. Este alimento se puede encontrar en fondas y mercados, a nivel regional o Nacional sobrepasando fronteras hacia Estados Unidos (Vázquez-Carrillo et al., 2023). Debido a esta popularidad, se ha generado información científica valiosa que ha permitido identificar sus características que hacen posible una revalorización y promoción de productos tradicionales.

En el estudio de Ramírez-Jaspeado et al. (2022) sobre la cadena de valor de la tortilla tlayuda, se detallan los diferentes eslabones de su cadena de valor. Las mujeres tienen un papel relevante por ser las que transforman el maíz en tlayuda e indirectamente promueven la conservación del maíz raza Bolita; Sin embargo, el éxito comercial de la tortilla tlayuda ha rebasado la oferta de maíz Bolita para este uso, por lo que se han introducido distintos maíces: a) maíz mejorado o híbrido de otros estados (40.5 %), b) al menos dos tipos de maíces nativos (27.4 %) y una tercera, c) utiliza tanto maíz criollo como híbridos (32.1 %). Por cada kg de maíz nativo usado en la elaboración de tlayuda, se incluyen de medio a siete kilogramos de maíz híbridos procedentes de otra región. Las razas de maíz nativo mayoritariamente utilizada son Bolita y Tabloncillo.

En cuanto a las características del producto, Vázquez-Carrillo et al. (2023) analizaron el efecto de dos procesos de nixtamalización en maíz Bolita sobre algunos aspectos fisicoquímicos y propiedades nutraceuticas de la tortilla tlayuda; concluyen que mayores concentraciones de cal producen una masa más blanda y una tortilla menos correosa.

Igualmente, Preciado et al. (2025) caracterizaron las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de tlayudas enriquecidas con extractos de *Ganoderma lucidum*. Las tlayudas revelaron ser un alimento con gran potencial para la adición de propiedades funcionales provenientes de *G. lucidum*, pues la cocción no afectó las propiedades bioactivas presentes en las tlayudas.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Características de la tortilla tlayuda

La tlayuda o clayuda es una tortilla típica de los Valles Centrales del estado de Oaxaca, caracterizada por su gran tamaño (32-40 cm de diámetro), delgada, plana y correosa o gomosa la cual se prepara a partir de masa obtenida por nixtamalización de granos de maíz, principalmente de la raza Bolita; un maíz nativo del lugar (Vázquez-Carrillo et al., 2023).

2.2.2 Composición química de la tortilla

En el Cuadro 1 se presentan valores proximales que se obtuvieron en tortillas elaboradas a partir de maíz raza Bolita comparada con otras razas de maíz.

Cuadro 1. Composición química y mineral en tortillas elaboradas a partir de tres razas de maíz azul/morado.

Composición	Bolita	Chalqueño	E. Cónicos
*Lípidos	2.4 ± 0.2	3.5 ± 0.8	3.2 ± 0.4
*Cenizas	1.8	1.6 ± 0.1	1.6 ± 0.1
*Proteínas	10 ± 0.2	7.7 ± 0.4	7.3 ± 0.6
*Almidón	65.3 ± 1.4	69.5 ± 1.9	68 ± 1.6
**Calcio	130 ± 20	118 ± 2.8	160 ± 20
**Hierro	3.05 ± 0.09	3.5 ± 0.76	2.87 ± 0.14
**Zinc	1.93 ± 0.04	2.4 ± 0.06	1.5 ± 0.03

Fuente: Salinas-Moreno et al. (2017); *: g/ 100 g de tortilla bs; **: mg 100 g⁻¹ bs.

La tortilla de maíz Bolita contiene más proteína que las tortillas de los maíces Chalqueño y Elotes Cónicos, lo que se debe a que es un grano de textura dura. Destaca el bajo contenido de aceite en la tortilla del maíz Bolita, factor que favorece la vida de anaquel, que en combinación con el bajo contenido de humedad de la tortilla tlayuda que según Preciado et al. (2025) es de 6.4 %, explica la larga vida útil de la tortilla tlayuda.

Aunque la tlayuda tradicional se prepara a partir de grano blanco o amarillo de la raza Bolita, en esta raza también hay variantes de grano azul morado y rojo cereza. El pigmento (antocianinas) en estos granos se ubica en la capa de aleurona, y al ser sometidos al proceso de nixtamalización provoca un cambio en los componentes nutricionales del grano de maíz a tortilla (Salinas-Moreno et al, 2017; Méndez et al., 2022; García, 2016). Entre los cambios más notables se encuentran la degradación de las antocianinas, lo que reduce el contenido de antioxidantes de la tortilla con relación al grano.

Mismos autores, García (2016) y Salinas-Moreno et al. (2017) reportaron valores similares de compuestos bioactivos en tortillas de maíz Bolita, 21.67 y 14.74 mg eq. de cianidina 3-glucosido/100 g b.s., 175 y 68.8 mg eq. ácido gálico/100 g b.s., 61.65 y 29.6 % de actividad antioxidante por DPPH reducido, respectivamente.

2.2.3 Propiedades sensoriales de la tortilla tlayuda

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a las características de los alimentos (Lawless y Heymann, 2010). Es una herramienta para obtener información sobre algunos aspectos de la calidad de los alimentos, a los que no se puede tener acceso con otras técnicas analíticas (Veloso et al., 2020).

La evaluación sensorial de los alimentos es fundamental para el diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios. Aporta información acerca del grado de satisfacción que brindará un determinado producto, lo que permite anticipar la aceptabilidad que éste tendrá (Cárdenas-Mazón et al., 2018).

Un análisis sensorial de productos a base de maíces nativos en el estado de Oaxaca, reveló que la opinión de los entrevistados apoya la idea de que los productos especiales de maíz promueven la presencia de los tipos que brindan calidad a los productos para satisfacer al consumidor, sobre todo en productos que tienen un sólido mercado en la región, incluso a nivel nacional en internacional como las tlayudas y totopos (González, 2016). Sin embargo, las pruebas sensoriales sugieren que el argumento de la preferencia de un maíz específico para un alimento especial puede tener más contenido afectivo que una discriminación sensorial.

Por su parte Salinas-Moreno et al. (2024) determinaron que una evaluación sensorial permite identificar las tortillas de maíz nativo entre referencias comerciales de tortillas de maíz, con base en atributos de apariencia, aroma, sabor y textura. Así mismo, los atributos de aroma sabor y apariencia fueron los más relevantes para diferenciar tortillas de maíces nativos de tortillas comerciales elaboradas con maíz híbrido. Las tortillas de maíz nativo fueron evaluadas positivamente lo cual puede impulsar el consumo de tortillas preparadas con variedades nativas y elaboradas con el método tradicional.

La incorporación de extractos del hongo *G. lucidum*, para enriquecer la tortilla tlayuda no detectó diferencias con respecto a la no enriquecida mediante la evaluación sensorial realizada por 31 jueces, y mostró alta proporción de aceptación (87-94 %) (Preciado et al., 2025).

Por consiguiente, para evaluar la calidad de los productos alimenticios nuevos, mejorar los existentes, y ajustarlos a las demandas de los consumidores es común la evaluación sensorial con métodos de análisis discriminativos, descriptivos y afectivos (cualitativos o cuantitativos). Para esto, en las pruebas se plantean preguntas adicionales, específicas para atributos como apariencia, aroma, sabor, textura, entre otros caracteres. Esos datos se pueden obtener al solicitar a los panelistas evaluar los atributos utilizando escalas hedónicas, escalas de intensidad y escalas Just About (Reyes et al., 2020).

Análisis sensorial descriptivo cuantitativo (QDA).

El análisis descriptivo cuantitativo (QDA) es una de las técnicas sensoriales descriptivas más comunes utilizadas para describir la naturaleza y la intensidad de las propiedades sensoriales a partir de una única evaluación de un producto (Stone, et al., 1974).

Las pruebas descriptivas son las herramientas más complejas con las que cuenta el análisis sensorial. Estas pruebas definen los atributos y parámetros que caracterizan un producto y, por ello, son útiles para describir las diferencias entre productos. Este tipo de pruebas han de ser realizadas por jueces entrenados y en condiciones ambientales controladas. En general, para llevar a cabo un análisis descriptivo se abordan una serie de etapas; seleccionar y entrenar un panel, definir un lenguaje sensorial para describir las características del producto y cuantificar los descriptores seleccionados, y por último es la evaluación de los descriptores seleccionados (Pérez y Salvador, 2022).

La intensidad de determinadas propiedades o características se mide en una escala de intensidad mediante una descripción objetiva de la percepción humana (Schwarz, 2025).

2.2.4 Propiedades texturales de la tortilla tlayuda

La textura de los alimentos es un factor importante en la aceptabilidad de los consumidores, más allá de la apariencia visual y el sabor (Pereira, 2021). Las propiedades texturales de un alimento son el conjunto de características físicas que surgen de sus elementos estructurales, se perciben principalmente mediante el tacto, se relacionan con la deformación, desintegración y el flujo del alimento bajo una fuerza; Se miden objetivamente en función de la masa, tiempo y distancia (Bourne, 2002).

A través de diversos análisis de perfil de textura en tortillas y masas de maíz (nativos e híbridos) se encontró que: la composición estructural de los granos (endospermo duro y blando) afecta las propiedades texturales (tensión, rolabilidad y elasticidad) de las tortillas, mientras que la dureza del grano se correlacionó solo con la tensión de la tortilla Palacios et al. (2021); Las razas nativas de maíz produjeron tortillas con menor extensibilidad (12.34 %) en comparación con sus contrapartes producidas a partir de híbridos y variedades (Acosta et al., 2023); Así mismo, la fuerza de ruptura en tortillas fue mayor en aquellas elaboradas a partir de razas nativas de maíz (Bolita, Cónico y Pepitilla) comparadas con tortillas comerciales (Salinas-Moreno et al., 2024); Por su parte, Vázquez-Carillo et al. (2023) evidenció que una nixtamalización artesanal implica una mayor concentración de cal y un enjuague más exhaustivo, lo que provoca mayor pérdida de pericarpio y esto a su vez se asocia con una masa más suave y una textura de tlayuda menos correosa; Preciado et al. (2025) encontró que tlayudas funcionales elaboradas con extractos de hongos mejoraron sus propiedades físicas al volverse tortillas más resistentes.

La textura es un factor de calidad importante en las tortillas: deben ser suaves, extensibles y fácilmente enrollables sin agrietarse. Una buena textura de tortilla

está fuertemente correlacionada con una textura de masa apropiada. La masa debe tener altos valores de viscosidad y elasticidad para tolerar el amasado, y debe tener cohesividad y adhesividad adecuadas para ser moldeada fácilmente en discos redondos aplanados (Topete et al., 2020).

De acuerdo con Vázquez-Carrillo et al. (2023) las condiciones de nixtamalización y el tipo de maíz son factor clave que influye en la calidad general, la textura y las propiedades sensoriales y nutricionales de las tortillas. Por tanto, muestras de maíz nativo dan lugar a una masa más blanda y menos adhesiva respecto a maíz mejorado; significa un rasgo importante para moldear las enormes tlayudas, dando como resultado una tortilla menos correosa y dura.

Por tanto, la textura de las tlayudas depende de su humedad, el grosor, la temperatura de cocción, las interacciones entre los componentes y el tiempo de cocción, así como el almacenamiento (Preciado et al., 2025). A su vez, Salinas-Moreno et al. (2024) determinaron que tortillas a partir de maíces criollos presentan una textura más rugosa y dura (correlacionados con la masticabilidad y la cohesión), importante para preparar tacos sin romper la tortilla, comparada con tortillas comerciales. De acuerdo a Rehab et al. (2025), observaron mayor valor de cohesión, elasticidad, gomosidad, masticabilidad y fracturabilidad en muestras de totopos, alimento similar a la tortilla tlayuda, al agregar 5 y 10 % de germen de maíz desgrasada; En ese caso la dureza disminuyó tras la fortificación de los totopos.

2.2.5 Sistema de producción de la tortilla tlayuda

La cadena productiva agroindustrial es la interrelación de las cadenas de valor o sistemas productivos de proveedores, productores, transformadores, comercializadores (mayoristas y minoristas) y los consumidores; Estos se encuentran sostenidos por entornos organizacionales e institucionales (Flores y Uribe, 2017).

La Tlayuda es un alimento al que se le asocian historia, tradición, arraigo y saber-hacer; sostiene un sistema agroalimentario que tiene territorialidad, articulados a través de redes principalmente familiares que establecen vínculos con los mercados locales y externos (Vasconcelos et al., 2020).

Dentro de la cadena de valor maíz-tlayudas en el estado de Oaxaca, la participación de las mujeres productoras es significativa en los eslabones de transformación y comercialización. Su participación se clasifica en tres segmentos: tradicional, dinámico y emprendedor (Cuadro 2). Este último asume mayor costo debido a la movilidad para comercializar las tortillas y el precio de las tortillas es más alto. Estos segmentos buscan una estrategia fundamental de subsistencia para los hogares y las mujeres productoras (Sánchez et al., 2023).

Cuadro 2. Características de segmentos de la cadena de valor de maíz-tortilla en Oaxaca.

Característica	Tradicional	Dinámico	Emprendedor
Participación de productoras (%)	1.49	55.22	43.28
Suministro de agua	Municipal, pago anual de 200-300 pesos.	Compra de agua en pipas, pago de 800-1300 por pipa.	Compra de agua por tinaco, 120 pesos por tinaco.
Abastecimiento de materia prima	Uso de maíz nativo cultivado o comprado localmente.	Tipo de maíz: azul, rojo y amarillo.	Maíz mejorado de proveedores regionales o nacionales.
Tipo de mercado (venta)	Local, con vecinos.	Regional y nacional (restaurantes).	Regional y nacional.

Fuente: Elaboración propia con datos de Sánchez et al. (2023).

Según Ramírez -Jaspeado et al. (2022) se identificaron los diferentes eslabones de la cadena de valor de la tortilla Tlayuda elaborada a base de maíz raza Bolita (abastecimiento, transformadores, comercializadores). En la cual reiteran la participación de las mujeres como núcleo central en la transformación de la tortilla y promueven indirectamente la conservación de la raza de maíz, sin embargo, el éxito comercial ha rebasado el abasto y se han introducido maíces distintos, que amenazan la pureza de la raza original.

2.2.6 Valor simbólico de la tortilla tlaxteca

De acuerdo con Muchnik (2006), los productos con identidad territorial, es importante poner en evidencia el valor simbólico de los mismos, para que sean mejor identificados por los consumidores.

El “valor simbólico” se refiere a las maneras simbólicas en las que los individuos producen, reciben, enlazan, atesoran o desprecian un producto; A su vez este valor puede incrementar el valor económico del producto para que permanezcan en el mercado (Cervantes et al., 2017).

En la valorización de los productos alimenticios, el significado juega un papel importante, en el cual los consumidores son participantes activos al seleccionar y evaluar productos por sus significados dentro de sistemas culturales (Richins, 1994). Es así como a los productos con valor simbólico presentan comunalidad de significados por parte de los consumidores.

La comunalidad, por tanto, es la base de un sistema de pensamiento y conocimiento que permea y da sentido a las nociones de educación, autonomía, derecho indígena y cultura (Nava, 2013). De acuerdo con Aquino (2013), se refiere a la palabra “comunalidad” para nombrar eso que sentimos, que vivimos, que expresamos y que viene desde nuestros abuelos.

Dentro de los métodos utilizados comunes para análisis del valor simbólico está el análisis lexicométrico que consiste en la identificación de los componentes que conforman la representación social de un producto mediante preguntas abiertas y la generación de un corpus textual (Cervantes et al., 2017); otro método es el KAP (conocimiento, actitud y práctica), busca medir aspectos socioculturales y económicos que influyen en la asimilación de conocimientos, actitudes o patrones de comportamiento y prácticas o mecanismos de implementación (Sarmiento y Sarmiento, 2022), usados recientemente en la valorización de alimentos tradicionales (Cano et al., 2018; Cervantes et al., 2017).

Estudios previos, relacionados a valor simbólico de la tortilla mediante el método asociación libre de palabras, se manifestó que los consumidores perciben diferente las tortillas convencionales a las artesanales. Las convencionales se asocian con alimentos e industria, las segundas con salud y autenticidad lo que refleja un significado simbólico mayor. Así mismo, estos significados junto con valores motivacionales de seguridad, tradición y demás pueden servir como estrategias de marketing para promover los productos artesanales (Valero et al., 2024).

Por su parte Sánchez-Vega et al. (2020), determina que el consumidor asocia la tortilla como elemento de identidad nacional diferenciado por zonas del país, a través de diversos elementos simbólicos de la vida cotidiana de los mexicanos.

2.3 Referencias consultadas

- Acosta Estrada, B.A, Serna Saldivar, S.O. & Chuck Hernández, C. (2023). Quality assessment of maize tortillas produced from landraces and high yield hybrids and varieties. *Frontiers in Nutrition*, 10:1105619:1-17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1105619>
- Aquino Zacarías, P. (2013). Nuestra comunalidad: Reflexiones desde Yalalag. *Cuadernos del Sur, Revista de Ciencias Sociales*, 34:91-98, ISSN: 2007-5715.
- Aragón Cuevas, F., Taba, S, Hernández Casillas, J.M., Figueroa Cárdenas, J. de D. & Serrano Altamirano, V. (2006). Actualización de la Información sobre los Maíces Criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F. 119 p.
- Bourne, M.C. (2002). Food Texture and Viscosity, 2e. New York: Academic Press, p.15
- Cano, M., de la Tejera, B., Casas, A., Salazar, L. & García Barrio, R. (2016). Conocimientos tradicionales y prácticas de manejo del huerto familiar en dos comunidades tlahuicas del Estado de México, México. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 25, pp. 81-94. http://www.redibec.org/IVO/rev25_06
- Cárdenas Mazón, N.V., Cevallos Hermida, C.E., Salazar Yacelga, J., Romero Machado, E.R., Gallegos Murillo, P.L. & Cáceres Mena, M.E. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación

- sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*,4(3): 253-263
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2019). Maíz para México: Plan estratégico 2030, México.
- Cervantes Escoto, F., Patiño Delgado, A.L., Cesín Vargas, A. & González Santiago, M.V. (2017). Innovando los estudios de mercado de los quesos artesanales. El valor simbólico del queso de poro. *Estudios Sociales*, 27(49).
- Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2013. Cartel: Maíces mexicanos, México. <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janiumbin/detalle.pl?Id=20250812142953>
- Fernández Suárez, R., Morales Chávez, L.A. & A. Gálvez Mariscal, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Rev. Fitotec. Mex.* 36:3-A
- Flores Martínez, D.H. & Uribe Galvis, C.P. (2017). Guía metodológica para el análisis de sistemas productivos agroindustriales regionales a través de herramientas de gestión estratégica. Corpoica, Mosquera Colombia p. 19-20
- García Rojas, D.A. (2016). Compuestos nutracéuticos de la tortilla tlayuda: cambios durante el proceso de elaboración y bioaccesibilidad [Maestría]. Instituto Politécnico Nacional.
- González Amaro, R. M. (2016). Usos locales y preferencias de consumo como factores de la diversidad del maíz nativo de Oaxaca. Tesis doctoral, ECOSUR.
- Kato Yamakate, T.A., Mapes Sánchez, C., Mera Oavando, L.M., Serratos Hernández, J.A. & Bye Boettler, R.A. (2009). Origen y diversificación del maíz: Una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
- La Jornada. (2024). Cae cultivo de maíz en México; récord de compras a EU. Consultado el 25 de septiembre del 2025, disponible en: <https://www.jornada.com.mx/noticia/2024/12/18/economia/cae-cultivo-de-maiz-en-mexico-record-de-compras-a-eu-1478>
- Lawless, H. T. & Heymann, H. (2010). Sensory Evaluation of food. Principles and practices. New York: Chapman y Hall, p:1-4
- Méndez Lagunas, L.L., García Rojas, D.A., Andrés Grau, A.M., Barriada Bernal, L.G. & Rodríguez Ramírez, J. (2022). Content and bioaccessibility of phenolic compounds in blue corn products and tortillas using traditional and ecological nixtamalization. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27: 2-7, <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100443>

- Muchnik, J. (2006). "Identidad territorial y calidad de los alimentos: procesos de calificación y competencias de los consumidores". *Agroalimentaria*, 11(22): 89-98.
- Nava Molares, E. (2013) Comunalidad: Semilla teórica en crecimiento. *Cuadernos del Sur, Revista de Ciencias Sociales*, 3457-69, ISSN: 2007-5715.
- Ortega Paczka, R. (2003) La diversidad del maíz en México. In: Sin Maíz No Hay País. G Esteva, C Marielle (eds). Culturas Populares de México. D.F., México. pp:123-154.
- Palacios Pola, G, Perales Rivera, H., Figueroa Cárdenas, J. de D. & Hernández Estrada, Z.J. (2021). Changes in the physical, chemical, and sensory properties from three native corn landraces from Chiapas using two nixtamalization times. *International Journal Gastronomy and Food Science*, 25:100373. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100373>
- Pereira, T., Barroso, S. & Gil, M. G. (2021). Food Texture Design by 3D Printing: A Review. *Foods*, 10(2), 320. <https://doi.org/10.3390/foods10020320>
- Pérez Elortondo, F.J. & Salvador Moya, M.D. (2022). Análisis sensorial de alimentos y respuesta del consumidor. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza España. p:17-18
- Preciado Iñiga, G., Marínez Carrera, D., Meneses, M.E., Sánchez, M., Argumedo, A., Bonilla, M... & Leal Lara, H. (2025). Characterisation and Hypolipidaemic Effects of Tlayudas, Widely Consumed Tortillas, Containing Ganoderma lucidum Extracts on an In Vivo Model of Hypercholesterolaemia. *International Journal Of Food Science*, 8096060, 1-17. <https://doi.org/10.1155/ijfo/8096060>
- Ramírez-Jaspeado, A., García de los S., G., Carballo Carballo, A., Castillo González, F., Antonio Serratos, J. & Cadena Iñiguez, J. (2013). Caracterización morfológica de una muestra etnográfica de maíz (*Zea mays* L.) raza bolita de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(6):895-907, México. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i6.1157>.
- Ramírez Jaspeado, A., Cadena Iñiguez, J., Trejo Téllez, B.I., Morales Flores, F.J. & Mancera Rico, A. (2022). Cadena de valor de la tlayuda con participación de género: implicaciones para la conservación de Zea mays L. Raza bolita. 26th International Congress on Project Management and Engineering Terrassa.
- Rehab, M. Ibrahim, Mahmoud I. El-Sayed, & Faten F. Abdel-salam. (2025). Evaluation of The Quality Characteristics of Tortilla Chips Fortified With Defatted Corn Germ Flour. *Food Technology Research Journal*, 7(2), 102-118. <https://doi.org/10.21608/ftjr.2025.362542.1147>
- Reyes Buendía, C., Corrales García, J.J., Peña Valdivia, C.B., Hernández Montes, A. & Ybarra Moncada, M. del C. (2020). Sopa de elote (*Zea mays*) tipo crema con mucílago de nopal (*Opuntia* spp.) como espesante, sus

características físicas y aceptación sensorial. *TIP*
Rev.Esp.Cienc.Quím.Biol. 23, Doi:
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.257>

- Richins, M. L. (1994). Valuing things: The public and private meanings of possessions. *Journal of Consumer Research*, 21(3), 504-521. doi: <http://dx.doi.org/10.1086/209414>
- Rosado Ortega, A., Villasante Serrano, B.A., & Hernández Salcido, G. (2021). Los herederos del maíz. INPI, México.
- Salinas Moreno, Y., Hernández Martínez, V., Trejo Téllez, L.I., Ramírez Díaz, J.L. & Iñiguez Gómez, O. (2017). Composición nutricional y de compuestos bioactivos en tortillas de poblaciones nativas de maíz con grano azul/morado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7):1483-1496
- Salinas Moreno, Y., Gálvez Mariscal, A., Severiano Pérez, P., Vázquez Carrillo, G. & Trejo Téllez, L.L. (2024). Flavor and TASTE attributes and nutritional insights of maize tortillas from landraces of Mexican races. *Heliyon*, 10. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28314>
- Sánchez Soriano, M, Cruz Cabrera, B.C., Castillo Leal, M. & Acevedo Martínez, J.A. (2023). Participación de la mujer en la cadena de valor de maíz- tortilla en dos municipios del estado de Oaxaca. *Estudios sociales, Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 33(61), <https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1300>
- Sánchez Vega, L. P., Espinoza Ortega, A., Thomé Ortiz, H. & Moctezuma Pérez, S. (2020). Perception of traditional foods in societies in transition: The maize tortilla in Mexico. *Journal of Sensory Studies*, 36(2): e12635. <https://doi.org/10.1111/joss.12635>
- Sarmiento, J.P. & Sarmiento, C. (2022). Certificado de posgrado en planificación del desarrollo local, ordenamiento territorial y gestión del riesgo: estudio longitudinal KAP. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 6(2): 103-114, <https://doi.org/10.55467/reder.v6i2.100>
- Schwarz, H.G. (2025). Análisis descriptivo cuantitativo. Enciclopedia vitivinícola. Disponible en: <https://glossaire.wein.plus/analisis-descriptivo-cuantitativo>
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2023). Sistema de información de Agroalimentaria de Consulta, maíz-grano, ciclo productivo 2018-2022.
- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S.Woolsey, A. & Singleton R.C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, 28(11), 24-34.
- Topete Betancourt, A., Santiago Ramos, D. & Figueroa Cárdenas, J. de D. (2020). Relaxation tests and textural properties of nixtamalized corn masa and their relationships with tortilla texture. *Food Bioscience*, 33, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100500>

- UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2010). La cocina tradicional mexicana: Una cultura comunitaria, ancestral y viva y el paradigma de Michoacán. Consultado en septiembre del 2025, disponible en: <https://ich.unesco.org/es/RL/la-cocina-tradicional-mexicana-una-cultura-comunitaria-ancestral-y-viva-y-el-paradigma-de-michoacan-00400>
- Valero Padilla, J., Márquez Rosano, C. & Espejel García, A. (2024). Significados de compra y disposición a pagar por tortillas de maíz en Nuevo León. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(2): e3241. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i2.3241>
- Vasconcelos Ramírez., A., Tapia Guerrero, L.A. & López Cruz, L.C. (2020). Transferencia de saberes tradicionales alimentarios. El caso de las productoras de tlayudas en Tlaxiact de Cabrera, Oaxaca (México). *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55):2395-9169. <http://dx.doi.org/10.24836/es.v30i55.866>
- Vázquez Carrillo, M.G., Toledo Aguilar, R., Aragón Cuevas, F., Salinas Moreno, Y., Palacios Rojas, N. & Santiago Ramos, D. (2023). From maize to tlayuda, a traditional big-flat leathery tortilla. Effect of two nixtamalization processes on some physicochemical and nutraceutical properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31:1-10. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100661>
- Veloso, M., Laborde, M.B., Galizio, R., Pérez de Villareal, A.A., Núñez, M & Pagano, A.M. (2020). Análisis sensorial del dulzor de mermeladas de ciruelas elaboradas a base de miel como edulcorante. *Revista Alimentos Hoy*, 28(49): 23-40.

3. VALOR SIMBÓLICO Y SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LA TORTILLA TLAYUDA

RESUMEN

La tortilla Tlayuda es un alimento identitario de la gastronomía oaxaqueña, consumida con diversos ingredientes. Se trata de un producto genuino cuando se elabora de forma artesanal y maíz raza Bolita. El propósito de esta investigación fue identificar el sistema de producción de la tortilla tlayuda mediante entrevistas semiestructuradas a los agentes directos de la cadena productiva. Así mismo, se estudió el significado asociado al consumo de tortilla Tlayuda para evidenciar su simbolismo y valorización, a través de un cuestionario en Google Forms a 265 personas oaxaqueñas y/o consumidoras, con muestreo no probabilístico. Se identificaron tres eslabones principales en la cadena productiva: los productores y abastecedores de maíz, las productoras de tortilla tlayuda y las comerciantes, de ello resultó importante la participación de la mujer en los tres niveles y el uso dominante de maíces híbridos por sus bajos costos de producción. El significado simbólico fue el más mencionado y corresponden a añoranza familiar y social, hedonismo, apetencia y tradición. Las personas desconocen su proceso de elaboración y diferencias entre tortillas hechas de maíz nativo e híbridos. Están dispuestos a pagar un 50 % más del precio de una tortilla tlayuda elaborada con maíz nativo producido por campesinos. La tortilla Tlayuda es altamente valorizada por los oaxaqueños y consumida en platillo típico.

Palabras clave: Valor simbólico, Maíz nativo, comunalidad de significados.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria,
Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Febe Cruz García

Directora: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

SYMBOLIC VALUE AND PRODUCTION SYSTEM OF THE TLAYUDA TORTILLA

ABSTRACT

The Tlayuda tortilla is an identity food of Oaxacan gastronomy, consumed with various ingredients. It is a genuine product when it is made in an artisanal way and Bolita breed corn. The purpose of this research was to identify the tlayuda tortilla production system through semi-structured interviews with the direct agents of the production chain. Likewise, the meaning associated with the consumption of Tlayuda tortilla was studied to evidence its symbolism and valorization, through a questionnaire in Google Forms to 265 Oaxacans and/or consumers, with non-probabilistic sampling. Three main links in the production chain were identified: corn producers and suppliers, tlayuda tortilla producers and merchants, from which the participation of women at the three levels and the dominant use of hybrid corn due to their low production costs were important. The symbolic meaning was the most mentioned and corresponds to family and social longing, hedonism, appetite and tradition. People are unaware of their production process and differences between tortillas made from native corn and hybrids. They are willing to pay 50% more than the price of a tlayuda tortilla made with native corn produced by peasants. The Tlayuda tortilla is highly valued by Oaxacans and consumed in a typical dish.

Keywords: Symbolic value, native corn, communality of meanings.

Master of Science Thesis, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria,
Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Febe Cruz García

Advisor: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

3.1 Introducción

La tlayuda es una tortilla típica, caracterizada por su gran tamaño (32-40 cm de diámetro), delgada, plana y correosa o gomosa y se prepara a partir de masa obtenida por nixtamalización de granos de maíz, principalmente Bolita (Vázquez-Carrillo et al., 2023).

Es una tortilla tradicional enorme, que se prepara con una cubierta de frijoles negros, tasajo o carne seca enchilada, chorizo, quesillo, cecina, aguacate y diversos ingredientes que lo hacen un platillo completo, versátil y balanceado (SADER, 2020). Esta tortilla representa un patrimonio cultural gastronómico de la región Valles Centrales pues se le asocian historia, tradición, arraigo y saber-hacer; sostiene un sistema agroalimentario que tiene territorialidad, articulados a través de redes principalmente familiares que establecen vínculos con los mercados locales y externos (Vasconcelos et al., 2020).

En los productos con identidad territorial, como es el caso de la tlayuda, es importante evidenciar su valor simbólico, para una mejor identificación y valoración por los consumidores (Muchnik, 2006).

El “valor simbólico” se refiere a las maneras simbólicas en las que los individuos producen, reciben, enlazan, atesoran o desprecian un producto. Este “valor simbólico” puede incrementar el valor económico del producto, favorecer su permanencia en el mercado (Cervantes et al., 2017).

Para el análisis del valor simbólico, se requiere la identificación de los componentes que conforman la representación social del producto mediante preguntas abiertas y la generación de un “corpus textual” (Cervantes et al., 2017); otro método es el KAP (conocimiento, actitud y práctica), busca medir aspectos socioculturales y económicos que influyen en la asimilación de conocimientos, actitudes o patrones de comportamiento y prácticas o mecanismos de implementación (Sarmiento y Sarmiento, 2022), usados recientemente en la valorización de alimentos tradicionales (Cervantes et al., 2017; Cano et al, 2018).

En un estudio simbólico mediante asociación libre de palabras sobre tortilla, los consumidores asocian las tortillas convencionales con alimentos e industria y las tortillas artesanales con salud y autenticidad, lo que refleja un significado mayor. Estos significados junto con valores motivacionales de seguridad y tradición pueden servir como estrategias de marketing para promover los productos artesanales (Valero et al., 2024). Por su parte, Sánchez-Vega et al. (2020) determinaron que el consumidor asocia la tortilla como elemento de identidad nacional diferenciado por zonas del país, a través de diversos elementos simbólicos de la vida cotidiana de los mexicanos.

Por lo expuesto, el objetivo de este estudio es determinar los agentes directos en la cadena productiva de la tortilla tlayuda a nivel regional y las comunalidades de significados con las que el consumidor la asocia, así mismo su grado de conocimiento y su relación con actitudes y prácticas respecto a esta tortilla.

3.2 Materiales y métodos

3.2.1 Área de estudio

La descripción del sistema de producción de la tortilla tlayuda (TT) abarcó los municipios de Magdalena Teitipac ($16^{\circ}54'13''\text{N}$ $96^{\circ}33'28''\text{O}$) y Tlacolula de Matamoros ($16^{\circ}57'15''\text{N}$ $96^{\circ}28'45''\text{O}$) en la región de Valles Centrales, Oaxaca (Figura 1). El estudio se realizó de abril de 2024 a abril de 2025.



Figura 1. Ubicación geográfica de municipios estudiados para descripción del Sistema de Producción tortilla tlayuda.

Fuente: Elaboración propia con datos de Google Earth.

3.2.2 Sistema de producción de la tlayuda en la Región Valles Centrales, Oaxaca

Se utilizó un enfoque de tipo exploratorio para identificar los principales agentes involucrados en producción, transformación y comercialización de la tortilla tlayuda, así como los factores externos que intervienen indirectamente sobre la cadena productiva maíz-tortilla tlayuda.

Este consistió en entrevistas semiestructuradas a 8 productoras de tlayudas, 5 productores/as de maíz, 7 comerciantes de tlayudas local-regional y una empresa distribuidora, los cuales se eligieron por su disposición a participar en el estudio, experiencia y popularidad en el mercado.

Las entrevistas aplicadas a las productoras fueron de tipo semiestructurado para obtener información referente a lo sociodemográfico; entrevista de tipo abierto y observación *in situ* para la descripción del proceso de producción de la tortilla TT y experiencia en el saber-hacer.

Las entrevistas se realizaron a partir de dos visitas al lugar de estudio para reiterar la información y de esta manera documentar detalladamente los aspectos de producción y asegurar información relevante.

Los datos recabados se presentan en porcentajes y/o datos cualitativos o mediante diagrama.

3.2.3 Costos de producción

De las entrevistas se recabó información respecto a los costos de producción con las productoras de TT y este se calculó con base a valores promedio de una semana de producción que incluye abastecimiento de materia prima, materiales e insumos para el procesamiento y la comercialización.

3.2.4 Análisis del valor simbólico y grado de conocimiento de la tortilla tlayuda

Mediante un cuestionario online en Google Forms y presencial se entrevistaron a personas (n=265) mayores de 14 años, originarias de Oaxaca y/o personas consumidoras de TT. Se utilizó un muestreo no probabilístico. Se recabó información sociodemográfica, así como el grado de conocimiento del proceso de producción y comercialización de la TT. Se empleó el método KAP (*knowledge, attitudes, practices*) para relacionar el comportamiento del consumidor con estos factores.

El análisis del valor simbólico fue estudiado a través del método de asociación libre de palabras. Para la identificación de los componentes que conforman la representación social de la TT se presentó ante el consumidor una imagen representativa de este producto, en la cual describieron con tres palabras lo que recordaban, sentían o les evocaba la imagen. Las respuestas fueron transcritas y se les asignó una determinada frecuencia absoluta. De las palabras mencionadas se eliminaron aquellas que se pronunciaron una vez o su respuesta no fue clara, al final se obtuvo un total de 780 palabras. Cada respuesta fue agrupada empleando diagramas de afinidad y a cada categoría con más de dos ideas se le otorgó un título, clasificados a su vez en su significado psicológico simbólico o utilitario (Torres et al., 2020).

3.2.5 Análisis estadístico

Se aplicó una prueba de k proporciones con el estadístico de prueba de χ^2 ($p \leq 0.05$) y el procedimiento de Marascuilo para agrupar a las proporciones de las categorías de los significados. Los datos se analizaron en el programa XLSTAT versión 2024 (Addinsoft, EE. UU.). Los resultados se graficaron en una rueda sensorial de significados.

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Sistema de producción de la tortilla tlayuda

En los municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoros se identificaron tres principales eslabones de la cadena productiva de la TT: producción de materia prima (maíz), transformación de la materia prima y comercialización.

Los agentes que participan directamente son los productores locales y abastecedores de maíz, las productoras de tortilla tlayuda y los comerciantes locales y regional (Figura 2).

Primer eslabón: Producción y abastecimiento de maíz

Las productoras de TT se abastecen de maíz mediante la compra externa de granos (nativos e híbridos) y la producción local de maíces nativos. El abastecimiento de maíz híbrido se realiza directamente en tiendas de abarrotes, tiendas comunitarias de SEGALMEX y mercados regionales. El grano que se oferta en estos sitios proviene de los estados de Puebla y Sinaloa, principalmente.

Actualmente las tlayudas se elaboran de maíz híbrido: Halcón y Larguito, como se conocen en la zona y en ocasiones a partir de maíz nativo, Bolita blanco, amarillo y negrito. Es debido a la escasez de maíz Bolita durante el año, sea por baja producción, lo que eleva precios comparado con un híbrido comercial.

El abasto de los maíces nativos se efectúa mediante la compra en otras comunidades pertenecientes al municipio de Magdalena Teitipac o de cosecha local anual. En el municipio de Magdalena Teitipac la principal actividad primaria es el cultivo de maíz seguido del maguey para mezcal, frijol y calabaza. A partir de ello se encontró que el maíz más producido es Bolita amarillo, seguido del blanco y negro, respectivamente; Los cuales son para autoconsumo durante el año, principalmente.

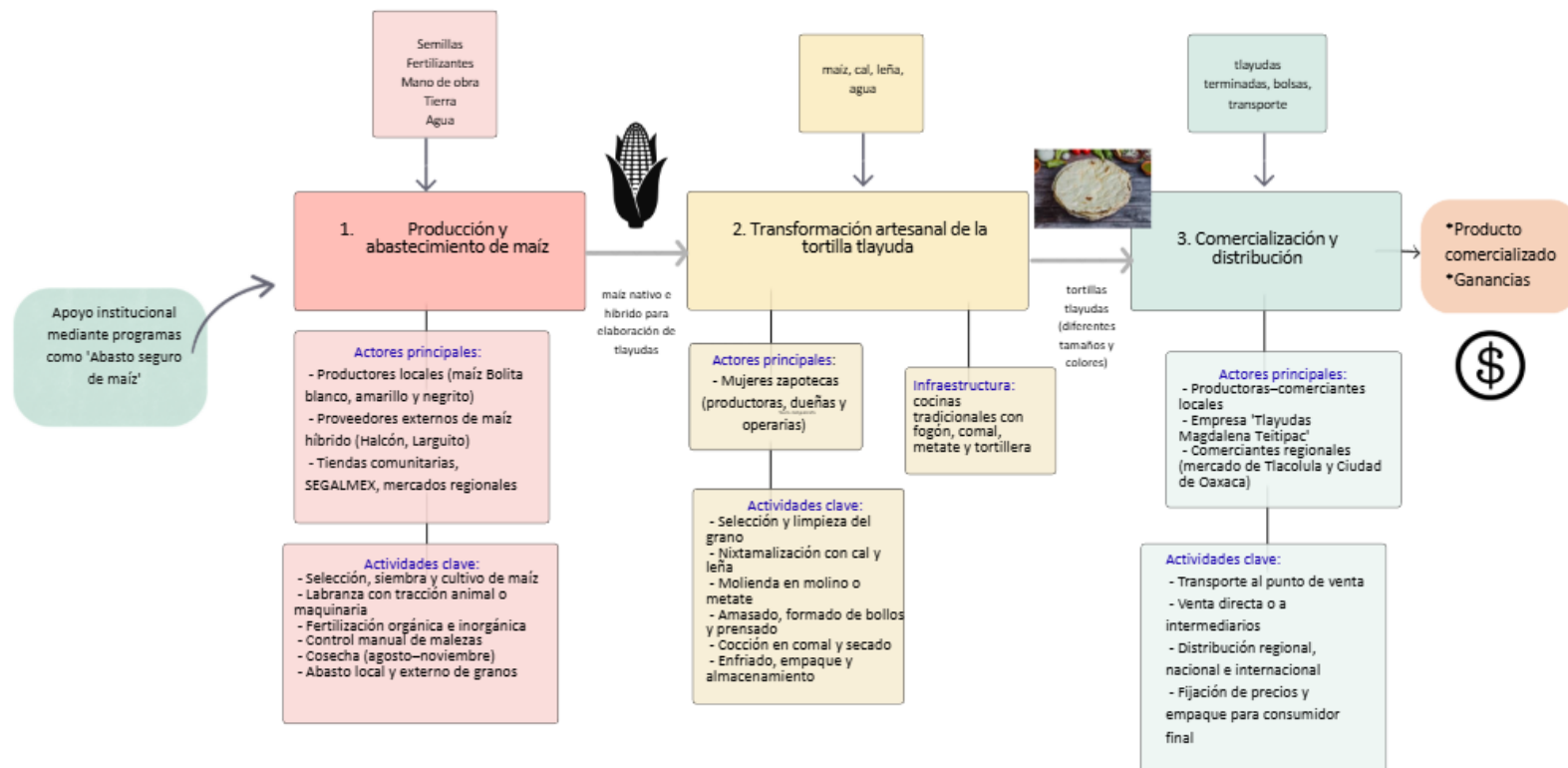


Figura 2. Sistema de producción de la tortilla tlayuda en municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoros, región Valles Centrales, Oaxaca.

Fuente: Elaboración propia con base en información de campo.

Se destacan sistemas de producción familiar temporal con superficie de siembra de 1-3 ha, mismas del productor o rentadas. Dentro de las actividades que se realizan para el cultivo de maíz inicia con la selección del maíz proveniente de una cosecha anterior, posteriormente la limpieza manual del terreno en los meses de abril-mayo, la preparación del suelo por tracción animal (25 %) o maquinaria rentada (75 %), se realiza aplicación de fertilizantes orgánicos como paja o excremento de vaca e inorgánico como la urea.

Todos los productores realizan el control de maleza de forma manual con azadón y muy pocos realizan al control de plagas con agentes químicos por razones empíricas de que no se logran bien las cosechas de otros cultivos, lo cual es un indicio que aún se preservan las formas tradicionales de producir.

Del total de productores entrevistados, 75 % pertenecen al programa Abasto seguro de maíz, beneficiándose de acompañamiento técnico y la recepción de insumos agrícolas. La cosecha se realiza en los meses de agosto a noviembre, los rendimientos máximos son de 1 t·ha⁻¹ y el destino de la producción es principalmente de autoconsumo para hacer tlayudas o blandas.

A pesar de esfuerzos de los productores por preservar sus costumbres y tradiciones con el cultivo de maíces nativos, este se ve afectado por las condiciones climáticas actuales que conducen a una baja productividad por falta de lluvias.

Segundo eslabón: Agroindustria (unidades productivas de tortilla tlayuda)

La tortilla tlayuda es una tortilla flexible-correosa de gran tamaño que varía desde los 25 a 40 cm de diámetro, destacándose el color blanco seguido de amarillo y moradas. Las TT comerciales se elaboran principalmente de maíces híbridos conocidos como Halcón y Larguito, seguido del maíz blanco Bolita y amarillo. Por su parte, las TT de autoconsumo se hacen de maíz nativo de la raza Bolita, siendo el color amarillo el más popular dentro del municipio debido a sus características texturales (más suaves) y sensoriales (más dulce) que confieren a la TT.

El maíz comprado se almacena en costales de rafia a temperatura ambiente durante una semana, ya que es la periodicidad con que se abastecen de maíz.

En este eslabón se constituye a la mujer como el principal agente en la transformación de maíz- tortilla tlayuda (Figura 3), considerada como administradora, operaria y propietaria de la pequeña Agroindustria artesanal. Ellas aprendieron el saber-hacer de sus mamás y abuelas desde la niñez. Mayormente solo terminaron la primaria y pertenecen al grupo étnico zapoteca. La elaboración de TT es su principal fuente de ingresos, por lo que ellas consideran muy importante su producto.



Figura 3. Mujer zapoteca del municipio de Magdalena Teitipac elaborando tortillas tlayudas en forma artesanal.
Fuente: fotografía propia.

En cada unidad productiva participan de una a tres mujeres, de la cual solo una se encarga de comercializar el producto en el mercado local y regional.

Proceso de producción de la tortilla tlayuda

La infraestructura de la pequeña unidad productiva es meramente una cocina tradicional que consta de un cuarto pequeño hecho de una pared ya sea de láminas, madera o adobe, con techo de láminas, piso de tierra, un fogón amplio

de barro o cemento, metate de piedra, comal de barro, prensa metálica. Muy pocas unidades productivas cuentan con molino de piedra.

El proceso de elaboración (Figura 4) inicia con la **selección** y **limpieza** de los granos de maíz (8-20 kg maíz/ día), en algunos casos las productoras mezclan maíces de diferentes colores (50:50) o de diferentes variedades con el objetivo de obtener una textura más suave y colores agradables a la vista.

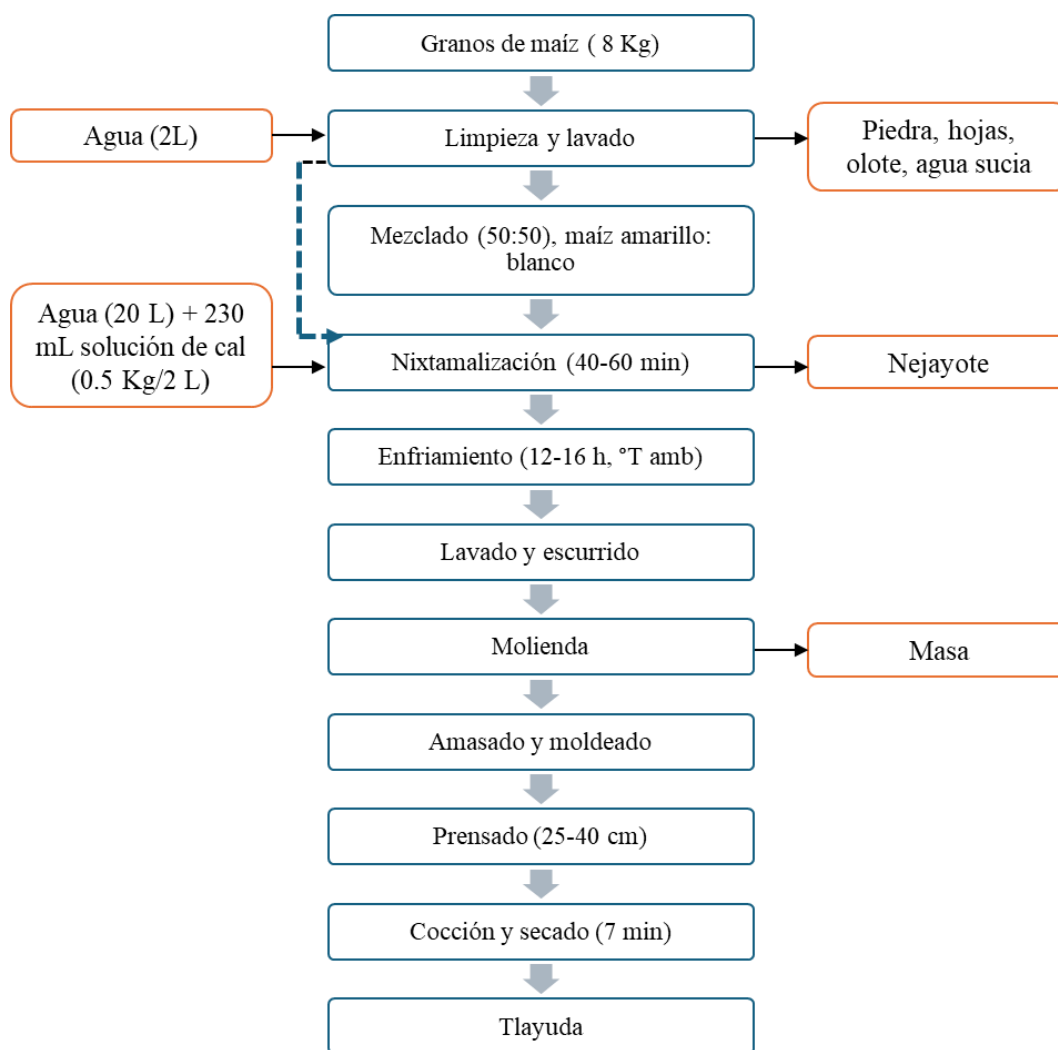


Figura 4. Proceso artesanal de elaboración de tortilla tlayuda en los municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoras, Oaxaca.

Fuente: elaboración propia mediante observación en campo.

Se retira cualquier material extraño y se lava con agua de garrafón o de pozo. Se lleva a cabo la **nixtamalización** mediante adición de una taza (230 mL) de

mezcla preparada de cal de piedra (0.5 kg/ 2 L agua) en 20 litros de agua con 8-12 kg de maíz durante 40-60 min a fuego medio en leña de pino, principalmente. La cal es adquirida en mercados y tiendas regionales, ya sea en la misma comunidad, la ciudad de Oaxaca y en la ciudad de Tlacolula de Matamoros.

El nixtamal se deja **enfriar** durante la noche por más de 12 horas, con tres **lavadas** de agua se retira el pericarpio y el nixtamal húmedo se transporta en tenates para la **molienda** en molinos de piedra que dan servicio en la comunidad de manera particular. La masa obtenida es separada en porciones medianas para evitar su descomposición, de manera individual puede volver a repasarse en un metate de piedra o un simple **amasado** con agua para moldear los bollos. Estos últimos, su tamaño y peso (un puño) es acorde al diámetro de tortilla que se requiera. Los bollos son aplastados en una prensa manual (tortillera) y son llevados a un comal de barro caliente a fuego medio.

La **cocción** de la tlayuda consiste en tres vueltas de la tortilla durante 5-7 min, las dos primeras son la para la cocción de ambos lados y la última para el **secado** en un aro metálico con el objetivo de retirar humedad y obtener el color tostado característico de la tlayuda por la parte frontal, evitando la formación de la panza en la tortilla.

Las TT se dejan **enfriar** en tambos metálicos, tenates o canastos, posteriormente pueden recibir un tratamiento en húmedo si así lo requiere el cliente (aspersión de gotas de agua a las tortillas) para ablandar las tlayudas y sea más fácil su transporte. Al final se **empacan** en bolsa de plástico transparente de 100 unidades por bolsa. El **almacenamiento** a temperatura ambiente de las que no fueron humedecidas (cocidas) pueden durar 1 mes, las otras solo una semana. En congelación la suaves o tortillas humedecidas pueden tener una vida de anaquel de hasta 2 meses y las cocidas o no humedecidas hasta 6 meses.

El rendimiento de TT es de 30 tortillas grandes o 45 medianas por cada 4 kg de maíz; en un día una productora elabora alrededor de 120 tortillas y las vende

localmente o regional a \$3.5, \$4 y \$5 acorde al tamaño, chico, mediano y grande, respectivamente.

Tercer eslabón: Comercializadores

En la comunidad de Magdalena Teitipac las productoras entregan su producto a tres comercializadoras; Sobresale la pequeña empresa distribuidora “Tlayudas Magdalena Teitipac” que acapara el 50 % de la producción total de la comunidad y el precio de compra va de \$3 a \$4.5 pesos dependiendo del tamaño de la tortilla. Su objetivo es ofrecer productos en toda la región y a nivel nacional, en ocasiones internacional (Estados Unidos); Ofrece TT de color blanco, amarillo y negritas. Los tamaños que se comercializan se clasifican como chicas, medianas, grandes y extragrandes.

Por otro lado, las productoras de TT también fungen como comerciantes, ya que ofrecen su producto en mercados regionales (Tlacolula y Ciudad de Oaxaca). Un centro de comercialización importante es el mercado municipal de Tlacolula, donde se ofertan tlayudas de diversos colores y tamaños por mujeres adultas provenientes de comunidades aledañas a esta ciudad. Aquí el mercado permanece abierto todos los días, pero las oferentes de TT asisten mayormente los días miércoles y domingo, este último por ser día de plaza. A su visita traen consigo de 150 a 400 tortillas grandes con un precio de oferta de \$5 pesos por pieza o 4 x 20 como ellas lo llaman.

Las comerciantes mencionan que la época de fin de año es cuando más venden o tienen pedidos a nivel Nacional.

3.3.2 Costos de producción

El costo de inversión inicial para las pequeñas unidades productivas se reporta en el Cuadro 3, resaltan aquellos materiales que tienen una vida útil de más de 5 años. En el caso del comal, se cambia cada 6 meses aproximadamente, debido al desgaste o rotura. El metate y la tortillera incluyen el mayor porcentaje de los gastos.

Cuadro 3. Costos de inversión inicial para elaboración de tortilla tlayuda a nivel artesanal en los municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoros, Oaxaca.

Materiales	Unidades	Costo (\$)	%
Comal de barro	1	250.00	8.93
Aro metálico	1	100.00	3.55
Tortillera	1	1,098.00	39.24
Metate	1	1350.00	48.24
Total	-	2,798.00	100

Nota: no incluye costos de infraestructura, **Fuente:** Elaboración propia con datos de encuestas.

En el Cuadro 4 se especifican los costos variables de materia prima, materiales e insumos correspondientes a una semana de producción aproximada de tortilla tlayuda así como el porcentaje correspondiente a cada uno de los gastos involucrados. El insumo de mayor variabilidad de uso es el agua, ya que este no es exclusivo para la producción de tlayudas sino para las actividades del hogar.

Cuadro 4. Costos de producción de tortilla tlayuda a nivel artesanal en los municipios de Magdalena Teitipac y Tlacolula de Matamoros, Oaxaca.

Materia prima o insumo	Cantidad/unidad	Costo (\$)	%
Maíz	50 kg maíz híbrido	450.00	38.46
Agua	5,000 L	75.00	6.41
Cal	0.25 kg	10.00	0.85
Leña	medio rollo	250.00	21.37
Molienda	50 kg de maíz nixtamalizado	125.00	10.68
Bolsa para empacar	½ kg	40.00	3.42
Bolsa de asas	½ kg	40.00	3.42
Transporte	6 pasajes	180.00	15.38
Total	-	1170.00	100

Fuente: elaboración propia a partir de la información obtenida en encuestas.

Es evidente que el mayor costo lo representa la adquisición de maíz, es la materia prima elemental y que puede variar su precio de compra; El precio de maíz híbrido por bulto (50 Kg) va de \$400-\$480, valor muy bajo comparado con el criollo local de \$ 70/almud (unidad de volumen para 4 kg de maíz aproximadamente) o \$875 por bulto de 50 Kg.

Las ganancias que se generan de un bulto de maíz si se elabora tortilla tlayuda de maíz nativo (Bolita) es del 18.93 % (excluye gastos de inversión inicial), sin embargo, si las tortillas se elaboran de un híbrido comercial se generan hasta 37.6 % de ganancias; Esto si se considera un precio de venta de \$5 pesos por tortilla de tamaño grande. Queda en evidencia que los costos de producción de la TT son variables y su producción es influenciada principalmente por el tipo de maíz utilizado, sin embargo hay un desbalance en los precios de venta de la tortilla puesto que el consumidor desconoce el tipo de maíz con que se elabora este producto y paga lo mismo.

3.3.3 Análisis del valor simbólico de la tortilla tlayuda: comunidades de significados

En el Cuadro 5 se muestran las respuestas de evocación de mayor frecuencia por parte de los consumidores de TT de acuerdo a categorías, para los cuales algunas se señalan con número las que obtuvieron una frecuencia absoluta mayor a 20. Se obtuvieron 13 agrupaciones; siete corresponden al significado psicológico simbólico, son añoranza familiar y social, apetencia, emociones, hedonismo, identidad, proceso y tradición. El resto de categorías corresponde al significado utilitario: atributos de apariencia, atributos de sabor, atributos de textura, economía, ingredientes y salud.

Cuadro 5. Categorías de ideas o palabras expresadas por los consumidores a partir de las encuestas aplicadas sobre la tortilla tlayuda.

Categorías	Idea o palabra
Añoranza familiar y social	Oaxaca (24), Familia (20), casa, hogar, mi pueblo. etc.
Apetencia	Comida (36), hambre, antojo, alimento, etc.
Atributos de Apariencia	Grande, doradito, color, etc.
Atributos de Sabor	Sabor/buen sabor (22), saladita, etc.
Atributos de textura	Crujiente (24), tostado, textura, etc.
Economía	Económico, calidad, accesible, etc.
Emociones	Felicidad, amor, alegría, etc.
Hedonismo	Rico/riquísimo (61), delicioso (40), sabroso (23), delicia, etc.

Identidad	Típico de Oaxaca, platillo típico, única, etc.
Ingredientes	Tlayuda (34), tortilla (24), maíz criollo, totopo, frijoles, queso, carne, etc.
Proceso	Hecho de maíz, hecho a mano, casero, etc.
Salud	Comida saludable, nutritiva, comida completa, etc.
Tradición	Tradicional/tradición (35), cultura, gastronomía oaxaqueña, etc.

Fuente: elaboración propia con datos de encuestas aplicadas.

Estas respuestas revelan que los consumidores evocan palabras afectivas y sensoriales respecto al producto, por ejemplo, en la categoría ingredientes indica que los consumidores reconocen y valoran los elementos distintivos de la tortilla como platillo típico relacionándola con alimentos como frijoles, queso, carne, maíz criollo. En la parte emocional y afectiva, el hedonismo recalca palabras correspondientes a rico, delicioso, sabroso. Así mismo, en añoranza familiar y social se menciona a Oaxaca, familia, hogar, el cual acentúa un vínculo emocional y territorial.

Los porcentajes de las categorías y las comunalidades de significados psicológicos de la tortilla tlayuda para todos los consumidores se representan en la Figura 5. En donde, la prueba de χ^2 para el análisis de k -proporciones de las diversas categorías, para las comunalidades de significado psicológico utilitario y simbólico resultaron significativo ($p \leq 0.05$). Esto significa una diferencia entre sus comunalidades.

Las categorías con mayor comunalidad fueron: ingredientes, hedonismo, añoranza familiar y social; por su parte, las de menor frecuencia señalan lo relacionado a economía, salud, proceso y emociones.

La comunalidad es la base de un sistema de pensamiento y conocimiento que permea y da sentido a las nociones de educación, autonomía, derecho indígena y cultura (Nava, 2013). Así mismo, palabra “comunalidad” sirve para nombrar eso que sentimos, que vivimos, que expresamos y que viene desde nuestros abuelos (Aquino, 2013).

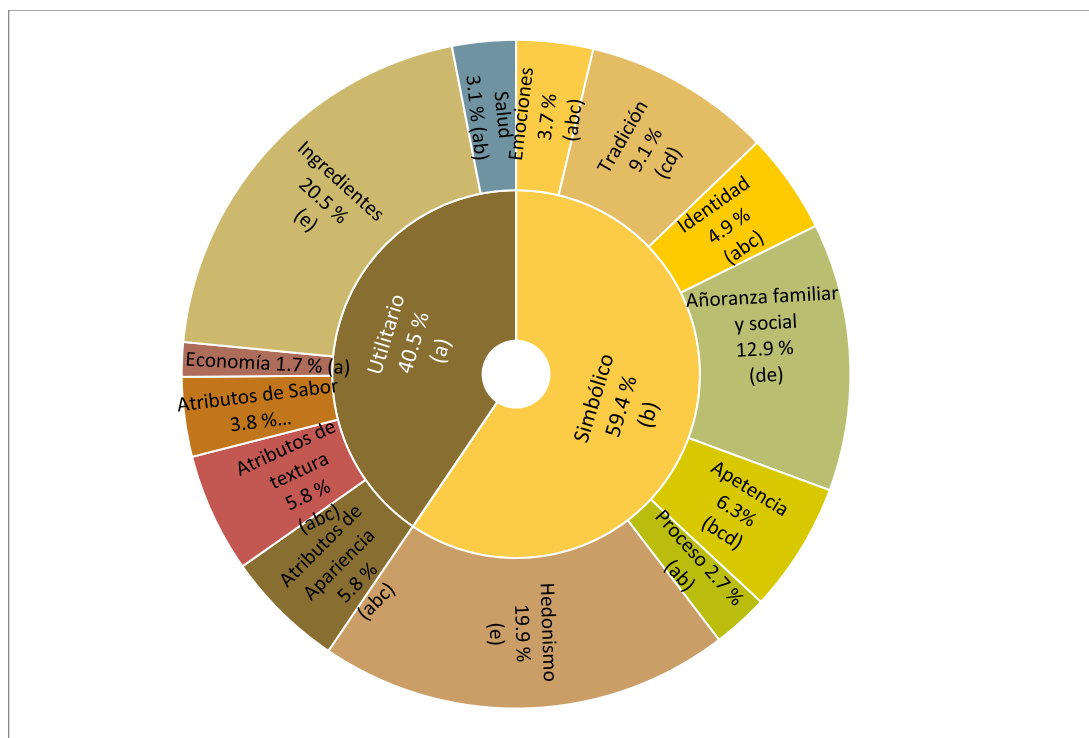


Figura 5. Significados otorgados por los consumidores entrevistados respecto a la tortilla tlayuda. abcde: letras diferentes indican diferencia entre categorías ($p \leq 0.05$).

Una vez agrupadas las categorías respecto a su significado psicológico, la TT tiene un mayor significado simbólico (59.4 %) para los consumidores con respecto a lo utilitario (40.5 %). Esto revela que la TT no es solo un alimento, sino un símbolo de identidad, cultura, placer y tradición, es decir, esos significados son compartidos por muchos consumidores por lo que tienen alta comunalidad simbólica. Estas expresiones coinciden con lo señalado por Sánchez-Vega et al. (2020) donde el consumidor asocia la tortilla tradicional como elemento de identidad nacional, diferenciado por zonas del país, a través de diversos elementos simbólicos de la vida cotidiana de los mexicanos.

En el Cuadro 6, se presentan los resultados de χ^2 para el análisis de k -proporciones para las diversas categorías de significados de la TT por grupo de consumidores de acuerdo al sexo, el cual resultó significativa ($p \leq 0.05$). Se observó que la categoría con mayor comunalidad en ambos géneros es el

hedonismo, 19 % en mujeres y 20.9 % en hombres, esto confirma que el principal vínculo con la tortilla tlayuda es el placer sensorial.

Otra categoría importante en hombres (24.7 %) y mujeres (16.5 %) es la de ingredientes, que significa que los alimentos que acompañan a la TT como platillo típico son altamente significativas para ambos sexos.

De acuerdo con Valero et al. (2024) los significados de alimento e industria que asocian los consumidores hacia la tortilla convencional y significados de salud y autenticidad relacionados a tortilla artesanal, junto con valores motivacional de seguridad y tradición pueden servir como estrategias de marketing para promover los productos artesanales; tal como lo es la TT en este caso, o como otros productos con fuerte arraigo simbólico como son los quesos (quesillo, queso de poro) (Cervantes et al., 2017; Torres- Salas et al., 2020).

Cuadro 6. Comunalidades de significados por sexo para tortilla tlayuda.

Categorías	Mujer %	Hombre %
Economía	1.5 a	1.9 a
Proceso	2.7 a	2.7 ab
Salud	3.2 a	3 ab
Atributos de Sabor	3.6 a	4.1 ab
Identidad	4.1 a	5.7 ab
Emociones	5.1 a	2.2 a
Apetencia	5.8 a	6.8 ab
Atributos de textura	7.1 ab	4.3 ab
Tradición	7.5 ab	10.8 bc
Atributos de Apariencia	7.5 ab	3.8 ab
Añoranza social	16.3 bc	9.2 abc
Ingredientes	16.5 bc	24.7 d
Hedonismo	19 c	20.9 cd

abcde: Letras iguales en columna indican no diferencia entre categorías ($p > 0.05$).

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados.

En cuanto a las diferencias por género, la añoranza familiar y social tiene mayor peso en mujeres lo que manifiesta como mayor conexión emocional y nostalgia hacia este alimento. En su caso, para los hombres la tradición es más importante, lo que sugiere una valorización distinta del legado cultural según su género.

3.3.4 Grado de conocimiento, actitudes y prácticas de los consumidores de tortilla tlayuda

El porcentaje de aciertos y errores respecto al grado de conocimiento que tienen los consumidores hacia el origen, proceso y diferenciación de la TT se muestra en el Cuadro 7. Se aprecia que más del 90 % conocen el origen de esta tortilla, en tanto que cerca del 80 % pueden diferenciar una tortilla elaborada artesanalmente y el 85 % reconoce la importancia de este alimento en la gastronomía Oaxaqueña. A pesar de ello, desconocen la raza de maíz con la que se elabora este producto y a 46 % de los encuestados les cuesta diferenciar entre una tortilla hecha de maíz nativo versus la elaborada con maíz híbrido.

Cuadro 7. Porcentaje de aciertos y errores obtenidos por los entrevistados en la variable conocimiento.

Preguntas planteadas	% Aciertos	% Errores
1. ¿De dónde es originaria la tortilla tlayuda?	93.2	6.8
2. ¿Sabe cómo se elabora la tortilla tlayuda?	69.8	30.2
3. ¿Sabe distinguir una tortilla tlayuda elaborada artesanalmente?	78.5	21.5
4. ¿Puede diferenciar una tortilla de maíz criollo de una de maíz híbrido?	54.0	46.0
5. ¿Podría mencionar una diferencia entre una tortilla hecha de maíz criollo con otra de maíz híbrido?	67.2	32.8
6. ¿Podría mencionar la raza de maíz usada para hacer tlayudas?	30.2	69.8
7. Mencione los colores de tortillas tlayudas que conoce.	64.9	35.1
8. ¿Conoce la importancia del platillo de la tlayuda?	85.3	14.7
9. Mencione una característica de una tortilla tlayuda genuina.	72.1	27.9

Fuente: elaboración propia con datos de encuestas.

Obtenidos los porcentajes de aciertos y errores, se creó la variable conocimiento (Cuadro 8) para los consumidores conforme a su sexo, edad y escolaridad. De acuerdo con el resultado de χ^2 , no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las proporciones de conocimiento en ambos sexos.

Sin embargo, si se observaron diferencias para edad y escolaridad. Se encontró que el nivel de conocimiento cambia o es diferente dependiendo de la edad o el nivel de escolaridad del consumidor. En este caso, el 100 % de las personas con mayor edad (> 45 años) poseen mayor grado de conocimiento (MGC) respecto a la TT que las de menor edad. A pesar de ello, gran porcentaje de menores de edad y adultos también tienen alto grado de conocimiento en este producto debido a la popularidad del platillo típico, principalmente.

Conjuntamente, cerca del 50 % de los entrevistados tiene educación media superior de los cuales el 80 % tiene MGC; De los consumidores con educación básica solo el 6.8 % y de los que cuentan un grado de estudio superior cerca del 30 % tienen menor grado de conocimiento respecto a la TT. Estos resultados indican que aun cuando no se tiene un alto de grado de estudio, estas personas pueden tener MGC de la TT

Cuadro 8. Comparación de los consumidores de tortilla tlayuda de acuerdo al género, edad y escolaridad.

Variable	MGC %	mgc %	Consumidores %	Significancia de x ²
Género				
Femenino	75.2	24.8	51.7	0.2078
Masculino	85.2	14.8	48.3	
Edad				
14-24	81	19	39.6	7.14E-06*
25-34	75.5	24.5	38.5	
35-44	79.5	20.5	14.7	
<45	100	0	17.2	
Escolaridad				
Básico	93.2	6.8	16.6	0.000716*
Media superior	80.6	19.4	48.7	
Superior	72.8	27.2	34.7	

MGC: Mayor grado de conocimiento; mgc: menor grado de conocimiento; *: Indica diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

Fuente: elaboración propia con datos de encuesta.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de la variable conocimiento con relación a las actitudes que adoptan los consumidores en relación a su disposición a pagar un precio diferenciado por la TT. Existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las proporciones de disposición a pagar. Implica que

poseer mayor grado de conocimiento hay mayor disposición a pagar por parte de los consumidores, tortillas tlayudas elaboradas de maíces producidas con técnicas sustentables. Así mismo, MGC hace que las personas paguen menos por tortillas hechas de maíces híbridos y que la mayoría (60 %) pague un 50 % más del precio promedio por tortillas hechas de maíz 100 % nativo.

Estudios similares han demostrado que los motivos de compra predominantes entre los consumidores urbanos de tortillas en México se relacionan con el proceso de producción; Los consumidores pragmáticos (75%) se inclinan por las tortillas tradicionales, pues reconocen su valor nutricional (Sánchez- Vega et al., 2024).

Cuadro 9. Actitudes de acuerdo al grado de conocimiento de los consumidores de tortilla tlayuda.

Variable	MGC %	Mgc %	Consumidores %	Significancia de x ²
Disposición a pagar por tlayudas hechas de maíz producido con técnicas sustentables.				
Indispuesto	100	0	1.5	6.035e-06*
Dispuesto	78.3	21.7	40	
Muy dispuesto	80.6	19.4	58.5	
Precio a pagar por tlayudas elaboradas con maíz 50 % criollo y 50 % híbrido.				
Menos de 5 pesos	89.3	10.7	28.3	3.774e-05*
5 pesos	79	21	39.6	
De 6 a 8 pesos	77.4	22.6	23.4	
Más de 8 pesos	60.9	39.1	8.7	
Precio a pagar por tlayudas elaboradas con maíz 100 % criollo.				
Menos de 5 pesos	76.9	23.1	1.9	1.251e-07*
5 pesos	100	0	34.3	
De 6 a 8 pesos	84.9	15.1	32.5	
Más de 8 pesos	77.1	22.9	31.3	

*: Indica diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$).

Fuente: elaboración propia con datos de encuesta.

Con respecto a las prácticas que realiza el consumidor, estas se exponen en el Cuadro 10, donde la frecuencia y forma de consumo de acuerdo al grado de conocimiento presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). Mayor o menor

grado de conocimiento acerca de la TT define la forma y frecuencia de consumo, esto es, las personas con mgc acerca de esta tortilla son las que consumen menos, probablemente debido a que son personas no oriundas del estado de Oaxaca o que radican fuera de este.

Poseer MGC sobre la TT hace que las personas lo consuman principalmente como platillo típico debido a su popularidad en el estado de Oaxaca y a nivel nacional e internacional. Otra forma común de consumo es como tortilla; Base de la alimentación de los que son originarios de la región de Valles Centrales, de Oaxaca.

Cuadro 10. Prácticas de consumo de acuerdo al grado de conocimiento de los consumidores de tortilla tlayuda.

Variable	MGC %	mgc %	Consumidores %	Significancia de χ^2
Frecuencia de consumo				
1 o más veces por semana	86.5	13.5	33.6	4.74E-05*
2 o 3 veces al mes	94.1	5.9	12.8	
1 vez al mes	73	27	23.8	
2 o 3 veces al año	72.2	27.8	29.8	
Forma de consumo				
Tortilla	83.5	16.5	34.3	9.05E-08*
Platillo típico	79.2	20.5	63.4	
Totopo y las anteriores	50	50	2.3	

* Indica diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$)

Fuente: elaboración propia con datos de encuesta.

De acuerdo con los resultados de Blare et al. (2020) y Valero et al. (2024) en estudios sobre tortillas tradicionales, los consumidores prefieren los atributos sensoriales de tortillas azules sobre las blancas, lo que demuestra que la forma en que se utiliza un alimento afecta su elección y su disposición a pagar.

3.4 Conclusiones

El sistema de producción de la tortilla tlayuda está integrado por tres eslabones: los productores locales de maíz nativo junto con los abastecedores de maíz híbrido y criollos, las mujeres amas de casas productoras de tortilla tlayuda y las

comerciantes de esta tortilla a nivel local, regional, nacional e incluso internacional.

Se determinó que la producción de tortilla tlayuda es de tipo tradicional, donde, es de trascendental importancia la participación de la mujer en todos los eslabones.

La tortilla tlayuda es valorizada por el consumidor no solamente como alimento sino mayormente desde el punto de vista simbólico (59.4 %), en donde el hedonismo juega papel importante pues genera placer en el consumidor al relacionarlo con algo rico y delicioso. De esta manera, las mujeres son las que destacan por sus evocaciones de índole afectiva y los hombres lo relacionan más con el ámbito tradicional y cultural. El consumidor relaciona directamente a la tortilla tlayuda con el platillo típico “Tlayuda”, frase asignada al significado utilitario ingredientes (20.5 %). Esto es, los consumidores juzgan los elementos característicos de la tortilla (atributos de apariencia, sabor, y textura) como platillo típico relacionándola con alimentos que la acompañan (frijoles, quesillo, carne, maíz criollo).

Poseer un mayor grado de conocimiento acerca de la tortilla tlayuda implica mayor disposición a pagar más por una tortilla tlayuda genuina (hecha de 100 % maíz nativo). Un mayor o menor grado de conocimiento acerca de la tortilla tlayuda determina su frecuencia y uso de consumo.

Este estudio permite orientar acciones relacionadas con la promoción y preservación de este alimento tradicional y de relevancia para la economía de determinadas regiones del estado de Oaxaca.

3.5 Referencias consultadas

Blare, T.; Donovan, J. & Garcia, M. (2020). The right tortilla for the right occasion: variation in consumers' willingness to pay for blue maize tortillas based on utilization. *Journal of Food Products Marketing*. 26(8):564-579. <https://doi.org/10.1080/10454446.2020.1832637>.

- Cano, M. & de la Tejera, B. (2018). Conocimientos tradicionales y prácticas de manejo del huerto familiar en dos comunidades tlahuicas del Estado de México, México. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 25, pp. 81-94
- Cervantes Escoto, F., Patiño Delgado, A.L., Cesín Vargas, A. & González Santiago, M.V. (2017). Innovando los estudios de mercado de los quesos artesanales. El valor simbólico del queso de poro. *Estudios Sociales*, 27(49).
- Muchnik, J. (2006). Identidad territorial y calidad de los alimentos: procesos de calificación y competencias de los consumidores. *Agroalimentaria*, 11(22): 89-98.
- Sánchez Vega, L. P., Espinoza Ortega, A., Thomé Ortiz, H. & Moctezuma Pérez, S. (2020). Perception of traditional foods in societies in transition: The maize tortilla in Mexico. *Journal of Sensory Studies*, 36(2): e12635. <https://doi.org/10.1111/joss.12635>
- Sánchez Vega, L.P., Espinoza Ortega, A., Thomé Ortiz, H. & Moctezuma Pérez, S. (2024). What are Urban Consumers Looking for in Traditional Products? The MaizeTortillain Mexico, a Societyin Transition. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, 67(2024):115-130
- Sarmiento, J.P. & Sarmiento, C. (2022). Certificado de posgrado en planificación del desarrollo local, ordenamiento territorial y gestión del riesgo: estudio longitudinal KAP. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 6(2): 103-114. <http://doi.org/10.55467/reder.v6i2.100>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). Los sabores de México presentes en una Tlayuda. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/los-sabores-de-mexico-presentes-en-una-tlayuda>
- Torres Salas, V., Hernández Montes, A, Pablo Cano, M., Jáuregui García, C.Z, Peralta Aparicio, C. & Espejel García, A. (2020). Comunalidades de significados para quesos tradicionales mexicanos: queso de Zacazonapan, Quesillo y queso de Poro. *Acta Universitaria*, 30, e2875. <http://doi.org/10.15174/au.2020.2875>
- Valero Padilla, J., Márquez Rosano, C. & Espejel García, A. (2024). Significados de compra y disposición a pagar por tortillas de maíz en Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(2): e3241. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i2.3241>
- Vasconcelos Ramírez, A., Tapia Guerrero, L.A. & López Cruz, L.C. (2020). Transferencia de saberes tradicionales alimentarios. El caso de las productoras de tlayudas en Tlaxiact de Cabrera, Oaxaca (México). *Revista*

de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 30(55):2395-9169. <http://dx.doi.org/10.24836/es.v30i55.866>

Vázquez Carrillo, M.G., Toledo Aguilar, R., Aragón Cuevas, F., Salinas Moreno, Y., Palacios Rojas, N. & Santiago Ramos, D. (2023). From maize to tlayuda, a traditional big-flat leathery tortilla. Effect of two nixtamalization processes on some physicochemical and nutraceutical properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.10066>

4. ANÁLISIS QUÍMICO, TEXTURAL Y SENSORIAL DE TLAYUDAS ELABORADAS CON MEZCLAS DE MAÍCES NATIVOS DE OAXACA

RESUMEN

La tlayuda es un alimento tradicional oaxaqueño cuya calidad depende de sus propiedades físicas, químicas y sensoriales, así como el maíz utilizado. El objetivo de esta investigación fue medir las características fisicoquímicas, texturales y sensoriales de tlayudas elaboradas a partir de mezclas de maíces nativos (Bolita, Olotillo, Zapalote chico) y un híbrido. Para ello, se analizaron los cuatro maíces respecto a sus dimensiones, dureza, composición química y color. Posteriormente, se elaboraron mezclas con diferentes proporciones y como base al Bolita. Se determinaron rendimientos de nixtamal, masa y tortillas, propiedades físicas y proximales de las tlayudas, así como perfiles texturales en masa y tortilla. Finalmente, mediante Análisis Sensorial Descriptivo (QDA) se evaluaron 13 atributos sensoriales y se analizaron mediante ANOVA y análisis de componentes principales. Las mezclas modificaron principalmente la dureza y cohesividad de las masas, mientras que en tortillas se observó oposición entre crocancia y flexibilidad. Sensorialmente, los atributos aroma y sabor a maíz, flexibilidad, crocancia, rugosidad a la vista y doble capa fueron determinantes para diferenciar tratamientos. El análisis multivariado explicó más del 65 % de la variabilidad, confirmando que la flexibilidad y crocancia constituyen el eje principal de diferenciación. La combinación de maíces nativos con proporciones controladas de híbrido permite optimizar rendimiento y textura sin perder la identidad sensorial de la tlayuda, contribuyendo a la valorización y preservación de este alimento.

Palabras clave: Mezcla de maíces, tortilla tlayuda, Análisis sensorial descriptivo.

Tesis de Maestría en Ciencias, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Febe Cruz García

Directora: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

CHEMICAL, TEXTURAL AND SENSORY ANALYSIS OF TLAYUDAS MADE WITH BLENDS OF NATIVE CORNS FROM OAXACA

ABSTRACT

Tlayuda is a traditional Oaxacan food whose quality depends on its physical, chemical and sensory properties, as well as the maize used. The objective of this research was to measure the physicochemical, textural and sensory characteristics of tlayudas made from mixtures of native maize (Bolita, Olotillo, Zapalote chico) and a hybrid. To do this, the four maize crops were analyzed with respect to their dimensions, hardness, chemical composition and color. Subsequently, mixtures were made with different proportions and as a base to Bolita. Yields of nixtamal, masa and tortillas, physical and proximal properties of tlayudas, as well as textural profiles in masa and tortillas were determined. Finally, 13 sensory attributes were evaluated by means of Descriptive Sensory Analysis (QDA) and analyzed by ANOVA and principal component analysis. The mixtures mainly modified the hardness and cohesiveness of the doughs, while in tortillas the opposition between crunchiness and flexibility was observed. Sensorially, the attributes aroma and flavor of maize, flexibility, crunchiness, roughness to the eye and double layer were decisive in differentiating treatments. The multivariate analysis explained more than 65 % of the variability, confirming that flexibility and crunchiness constitute the main axis of differentiation. The combination of native maize with controlled hybrid proportions allows optimizing yield and texture without losing the sensory identity of the tlayuda, contributing to the appreciation and preservation of this food.

Keywords: Mixture of corn, tlayuda tortilla, descriptive sensory analysis.

Master of Science Thesis, Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Febe Cruz García

Advisor: Ofelia Sandoval Castilla, Dra.

4.1 Introducción

La tortilla de maíz es el alimento de mayor importancia cultural y nutricional en México, representa una de las principales fuentes de energía, proteína, fibra y calcio para los mexicanos (Sainz, et al., 2022). En México, se utilizan distintos tipos de maíz y técnicas para elaborar tortillas, lo que resulta en una diversidad en formas, texturas y colores. Tal es el caso de la tortilla tlayuda, típica de la región de Valles Centrales, Oaxaca.

La tlayuda es una tortilla caracterizada por su gran tamaño, delgada, plana y correosa y se prepara a partir de masa de granos nixtamalizados de maíz, principalmente Bolita (Vázquez-Carrillo et al., 2023). Esta tortilla se puede acompañar con diversos ingredientes que la hacen un platillo completo, versátil y balanceado (SADER, 2020). Dada su relevancia, resulta fundamental cuidar la calidad de la tortilla que se está ofertando a la población (Sainz et al., 2022).

Tradicionalmente para elaborar tortillas, el grano de maíz se somete a un proceso de nixtamalización; consiste en realizar una cocción del grano en agua añadiendo un agente alcalino que puede ser ceniza o cal, lo cual le otorga cualidades sensoriales y mejora su calidad nutricional (Morales y Tapia, 2021).

En el caso de la tortilla tlayuda, el maíz Bolita es señalado como la raza específica para elaborarlas pues se obtiene una textura característica semiquebradiza, adquiere una mejor consistencia, calidad, sabor, olor, rendimiento y presentación, en comparación con las elaboradas con cualquier otro maíz (García, 2020).

De acuerdo con Salinas-Moreno et al. (2017), tortillas elaboradas con maíz Bolita presentan gran contenido de proteína relacionados con la dureza del grano y bajos contenidos de aceite comparado con tortilla de otras razas de maíz (Chalqueños y elotes cónicos), el cual se relaciona con el uso principal que es obtener grandes tortillas que tengan mayor vida de anaquel.

Se han realizado diversos estudios en la tortilla de maíz sobre su calidad y aceptación por los consumidores. González (2016) concluye mediante pruebas

sensoriales que los productos a base de maíces nativos ofrecen calidad que satisfacen al consumidor entre ellos productos que tiene un sólido mercado regional, nacional e internacional como las tlayudas y totopos.

A su vez, Vázquez-Carillo et al. (2023) determinaron que las condiciones de nixtamalización y el tipo de maíz influyen sobre la calidad general, la textura, las propiedades sensoriales y nutricionales de las tortillas. Además, los maíces nativos dan lugar a una masa más blanda y menos adhesiva respecto a un maíz híbrido; Un rasgo importante para poder moldear las enormes tlayudas, dando como resultado una tortilla menos correosa y dura.

Preciado et al. (2025) caracterizaron tlayudas que contenían extractos de *Ganoderma lucidum* (Gl), mediante propiedades fisicoquímicas y sensoriales. El análisis sensorial reveló que las tlayudas adicionadas con los extractos fueron más resistentes (mayor fuerza de corte) y presentaron mejores atributos sensoriales (apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptabilidad).

El desarrollo de este sector, al basarse en la innovación local, se ajusta a las preferencias de los consumidores nacionales. Sin embargo, con el tiempo y la expansión global surgieron nuevos tipos de productos (Gómez, 2022). En su caso, la tlayuda ha sufrido cambios en su formulación y no exista una estandarización del proceso (Vasconcelos et al., 2020), debido a la creciente demanda de esta tortilla y desabasto del maíz Bolita por abandono de la actividad agrícola lo que genera alza en los precios de este grano; por lo tanto la tlayuda no es elaborada exclusivamente del maíz Bolita (Ramírez-Jaspeado, 2013).

A partir de lo anterior, este estudio plantea como objetivo determinar las características físicas y químicas de granos de maíz nativo y un híbrido comercial para elaborar tortillas tlayudas. Esto permitirá diferenciar las tortillas tlayudas elaboradas a partir de mezclas de estos maíces, utilizando como base al maíz raza Bolita, en sus propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales. Además de establecer los atributos sensoriales que ayuden a caracterizar este alimento tradicional del resto de las tortillas en México y de las propias tlayudas análogas.

4.2 Materiales y métodos

4.2.1 Caracterización fisicoquímica de los granos

Sitios de localización y obtención de las muestras de maíz

Tres muestras de maíz blanco nativo fueron colectados en el Estado de Oaxaca. Maíz desgranado de raza Bolita se colectó con un productor en la región Valles Centrales (16°90'53"N 96°56'18"O), maíz Olotillo se obtuvo en la región del Bajo Mixe (17°32'77"N 95°26'86"O) y maíz Zapalote Chico donado por un productor de Abasto de seguro de maíz (SEFADER) (16°33'46"N 95°06'00"O) del Istmo de Tehuantepec. Un híbrido (Halcón) adquirido en una tienda de abarrotes en la comunidad (17°01'51"N 96°41'50"O) San Antonio de la Cal, Oaxaca, proveniente del estado de Puebla.

Características físicas de los granos de maíz

Las características físicas evaluadas en los granos fueron: peso hectolítrico (PH) y el tamaño de los granos mediante la variable de peso de cien granos (PCG), que se realizaron de acuerdo con los métodos NMX-FF-034/1-SCFI-2020 y NMX-FF-034/1-SCFI-2002.

El índice de flotación y los componentes estructurales del grano: pedicelo (PED), pericarpio (PER), germen (GER), endospermo (END) se evaluaron siguiendo las modificaciones al método descrito por Salinas y Vázquez (2006), Palacios (2018) y la NMX-FF-034/1-SCFI-2020.

El color del grano se determinó mediante un colorímetro HunterLab MiniScan, con el que se obtuvieron los valores de luminosidad (L^*), a^* y b^* . Posteriormente se calcularon las variables de ángulo de tono (h°) e índice de saturación de color (Croma). Los datos se analizaron mediante comparación de medias (Salinas-Moreno et al., 2021).

Análisis proximal de los granos

Para la preparación de las muestras se siguió el procedimiento descrito por Gutiérrez-Llanos et al. (2023), con algunas modificaciones. Para el análisis proximal, 20 g de cada grano se redujo de tamaño en un molino mecánico (Nixtamatic) y pasada en una malla de 0.5 mm.

El extracto etéreo, la proteína, cenizas, fibra cruda y humedad se determinaron a partir de la harina obtenida de cada maíz (Bolita, Zapalote chico, Olotillo y Halcón). Se utilizaron los métodos oficiales de la AACC, método 30-10.01 y 46-13.01, respectivamente. Los carbohidratos se calcularon por diferencia. Los análisis se efectuaron con tres repeticiones.

4.2.2 Proceso de nixtamalización y molienda

El presente estudio empleó un diseño de mezclas simplificado, basado en combinaciones binarias entre un maíz base (Bolita) y tres complementarias (Olotillo, Zapalote chico y Halcón). Se seleccionaron dos niveles de inclusión para el maíz Bolita: 70 % y 50 %, lo cual permite analizar el efecto de una mayor o menor proporción del componente base sobre la mezcla. La información obtenida sobre las condiciones en que elaboran la tortilla tlaxteca las productoras en los municipios de estudio sirvió de base para considerar la proporción base de 50 % maíz Bolita en las mezclas, que se podría considerar como de referencia. En total se evaluaron seis tratamientos y un control de 100 % maíz Bolita, distribuidos de acuerdo como se muestra en el Cuadro 11.

Los granos fueron pesados acorde a la proporción para cada tratamiento y de manera individual (sin mezclar) se llevaron a nixtamalización a razón de 1.5 L de agua potable por 1 Kg de maíz con 6.75 g de cal a fuego medio (25-35 min). Pasado el tiempo de cocción y retirado del fuego, se agregó 1 litro más de agua para enfriar y evitar sobrecocción, en consecuencia se dejó reposar durante 16 horas en la noche a temperatura ambiente.

Cuadro 11. Tratamientos de las diferentes mezclas de maíces para la elaboración de la tortilla tlayuda.

Tratamientos	Bolita*	Olotillo	Zapalote chico	Halcón
B70:O30	70	30	0	0
B70:Z30	70	0	30	0
B70:H30	70	0	0	30
B50:O50	50	50	0	0
B50:Z50	50	0	50	0
B50:H50	50	0	0	50
B100	100	0	0	0

*: las proporciones de cada maíz están expresadas en %. Fuente: elaboración propia.

El nixtamal se lavó para retirar el pericarpio y se dejó escurrir por cinco minutos. Mediante el peso de nixtamal se obtuvo el rendimiento para cada muestra de maíz. Posteriormente se realizaron las respectivas mezclas con los granos nixtamalizados (1.5 kg), estos se molieron en un molino de piedra y se agregó 400 mL de agua para obtener la masa. Muestras de masa acondicionada fueron recolectadas en bolsa de polietileno ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) para su posterior análisis de textura.

Para el rendimiento de masa (RM) en cada maíz, se siguió la misma metodología sin mezclar los granos nixtamalizados, la masa acondicionada se pesó y se relacionó con la cantidad de grano nixtamalizado utilizado (Ramírez-Vega et al., 2022).

4.2.3 Elaboración y cocción de las tlayudas

La elaboración de las tlayudas se hizo de manera artesanal con ayuda de una productora local en el municipio de Magdalena Teitipac, Oaxaca. El proceso consistió en amasar y formar porciones de 98.5 g de masa aproximadamente para formar discos en una prensa manual y llevarlas a cocción en comal de barro a temperatura de $268 \pm 2^{\circ}\text{C}$, a fuego medio con leña alrededor de tres minutos.

Durante el tiempo de cocción se realizaron tres vueltas a las tortillas; Dos vueltas a la tortilla cada minuto aproximadamente para cocer de ambos lados, en la segunda vuelta se aplastó ligeramente con una escobilla de palma para evitar la formación de ampolla. En la tercera vuelta, la tortilla se dejó en posición boca

abajo sobre un aro metálico puesto sobre el comal aproximadamente durante un minuto hasta un secado correcto a vista de la productora.

El rendimiento de tortilla (RT) se cuantificó como los kilogramos de tortilla obtenida por kilogramo de maíz procesado (Ramírez-Vega et al., 2022).

Posteriormente, se colocaron en tenate (canasto hecho de fibra de plástico) durante 10 min para enfriar, luego se empacaron dentro de bolsas de polietileno transparente y se mantuvieron en almacenamiento a temperatura ambiente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) durante 12 horas. Estas se conservaron en congelación (-15°C) para sus posteriores análisis.

4.2.4 Propiedades fisicoquímicas de las tortillas

El color de las tortillas se midió con un colorímetro Hunter-Lab Mini Scan en tres puntos blancos y tres puntos dorados de la cara ampollada (Gutiérrez-Llanos et al., 2023). Se obtuvieron los valores de luminosidad (L^*), a^* y b^* . Posteriormente se calcularon las variables de ángulo de tono (h°) e índice de saturación de color (Croma).

Con vernier se midió el grosor de las tortillas y con un flexómetro el diámetro de estas. El peso de las tortillas se hizo con el uso de una balanza analítica (Scout Pro OHAUS). Se obtuvieron promedios y se realizó una comparación de medias.

Para el análisis químico proximal, la preparación de las muestras consistió en deshidratar las tortillas a temperatura ambiente por 48 horas en oscuridad, estas fueron molidas en un molino mecánico (Nixtamatic) y pasada en una malla de 0.5 mm. El extracto etéreo, proteína, cenizas, fibra cruda y humedad se determinarán con los métodos oficiales de la AACC, método 30-10.01 y 46-13.01 respectivamente. El porcentaje de carbohidratos se calculó por diferencia.

4.2.5 Propiedades texturales en masa y tortilla

El análisis de textura de la masa y tortilla se realizó mediante un análisis de perfil de textura en un texturómetro TEXTURE Analyser TA-XT2i, para el caso de las

masas se analizaron 24 horas después de su obtención y las tortillas 48 horas después de su elaboración. La masa y tortillas se reposaron unos minutos antes de la determinación en contenedores cerrados hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Para la masa se formaron cilindros de 12 mm de diámetro y 20 mm de altura. Se colocaron en la plataforma del texturómetro y mediante una sonda circular de acrílico de 35 mm y una celda de carga de 5 Kg, se aplicó fuerza (gf) para lograr la penetración en la pieza de masa de doble compresión. A partir de esta prueba se obtuvieron los parámetros de: dureza, elasticidad, adhesividad y cohesividad

En las tlayudas se realizó una prueba de compresión con aguja (5MSP, Needle Probe Stainless Steel P/2N); Para ello, se cortó una muestra cuadrada de 5 cm a temperatura ambiente y otra calentada a 52°C en microonda a 900 W por 30 s. La muestra se colocó sobre dos placas perforadas de madera, posteriormente se midió la fuerza máxima de ruptura a una velocidad de 0.5 mm s⁻¹ a una distancia de 5 mm con una celda de carga de 5 Kg. De la curva resultante, se obtuvo la fuerza al corte (gf), la pendiente desde el inicio hasta la ruptura de la tlayuda definida como elasticidad, y la elongación mediante la distancia o resistencia de inicio a ruptura.

Con el mismo texturómetro se realizó una prueba de extensibilidad, en la cual se colocó una muestra de tortilla cortada en forma rectangular a temperatura ambiente (2 cm de ancho, 7 cm de largo). Se utilizó una prueba de estrés con una sonda TA-DGA a una velocidad de 2 mm s⁻¹ con una distancia de tensión de 15 mm y una celda de carga de 5 Kg. A partir de la curva se registró el valor de fuerza a la tensión (gf).

Análisis estadístico

Los datos de color, análisis fisicoquímicos y texturales tanto de grano, masa y tortilla tlayuda (siete tratamientos) se analizaron bajo un diseño completamente

al azar con tres repeticiones. Cuando fue procedente, se realizaron análisis de comparación de medias por Tukey en RStudio 2024 versión 4.3.1.

Se realizó un análisis de correlación con las variables que |tuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) de las tortillas tlayudas evaluadas, posteriormente se graficó un Bi-plot de un análisis por componentes principales de las variables más significativas.

4.2.6 Análisis sensorial descriptivo en las tortillas

Preselección y selección de panelistas

El proceso consistió en una convocatoria a personas consumidoras de tortillas Tlayudas, disponibles y sin impedimentos fisiológicos o hábitos que pudieran afectar sus capacidades sensoriales. A este grupo se aplicaron tres pruebas, uno de reconocimiento de aromas, otra de gustos básicos y una tercera prueba de reconocimiento de texturas. Para integrar el panel de evaluación, se descartaron a las personas que no cumplieron con los resultados mínimos aceptables. Posteriormente, se aplicó una prueba triangular para determinar la capacidad de diferenciar entre una muestra y otra; Esta prueba permitió descartar a panelistas que no pudieron diferenciar muestras. Finalmente, se seleccionaron 10 personas (entre 21 y 37 años) para su entrenamiento.

Entrenamiento del panel de evaluación

Esta etapa se desarrolló durante 10 sesiones, tres sesiones de dos horas para generación de atributos y referencias, siete sesiones de hora y media para entrenamiento. Para la generación de atributos se presentó ante los panelistas dos tipos de tlayudas, una elaborada con maíz nativo y otra con maíz híbrido; Las tortillas fueron analizadas sensorialmente en los atributos de aroma, sabor, textura y apariencia y en consenso se obtuvieron 13 atributos que mejor describían a una tlayuda, los cuales se muestran en el Cuadro 12. Se asimilaron los conceptos relacionados con cada atributo y cómo medirlos entre los integrantes del panel con el uso de alimentos de referencia. Las referencias se

evaluaron mediante una línea a escala de 15.25 cm anclada a 1.25 cm en los extremos y se promedió su valor para su posterior asimilación (Hernández-Montes, 2007; Severiano et al., 2017).

Cuadro 12. Atributos y referencias utilizadas por los panelistas entrenados para evaluar la tortilla tlayuda.

Sentido	Atributo	Concepto	Referencia/valor
Olfato	Aroma a maíz	Aroma dulce característico del maíz nativo.	Elote hervido /10.4
Gusto	Sabor a maíz	Dulzor característico de maíz.	Elote hervido /10.66
	Sabor residual a maíz	Sabor residual característico de maíz.	Elote hervido/13.38
	Sabor a cal	Presencia de amargor en la tortilla por exceso de cal.	Tortilla San Martín/8.5
	Crocancia	Capacidad de romper la tortilla con los incisivos dentales a la primera mordida y que cruja.	Tostada la texcocana(roja) /11.3
	Grumosidad en boca	Sensación de pequeños grumos al momento de la masticación.	Polvorones/8
	Correosidad	Tortilla difícil de cortar con los dedos de las manos.	Tortillinas tía Rosa /6.27
Tacto	Flexibilidad	Es la capacidad de doblarse y enrollarse sin romperse.	Tortilla San Martín calentada/2.85
	Rugosidad al tacto	Sensación de rugosidad al momento de tocar.	Tostada la texcocana (roja) /11.5
	Grosor	La altura observada del plano transversal de una tortilla.	Tortilla tlayuda/3
Vista	Rugosidad a vista	Grado de aspereza visual.	Tostada la texcocana/11.37
	Color marfil	Tono más claro de blanco con un ligero toque de amarillo cálido	tortilla tlayuda de maíz criollo-tortillinas/5.28-11.7
	Doble capa	Es la ampolla que se genera tras la cocción de una tortilla.	Tortilla San Martín calentada/1.25

Fuente: elaboración propia con datos de panel sensorial conformado.

Evaluación final

Los panelistas evaluaron siete tipos de tortilla tlayuda obtenidas mediante mezclas de dos tipos de maíz, para ello, cada uno evaluó tres repeticiones de cada muestra de forma monódica y aleatoria a una temperatura ambiente de 22°C en cabinas individuales en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Universidad Autónoma Chapingo. Cada repetición o muestra se sirvió en dos envases, una en vasos del número 3 previamente codificados con tapa en la cual se colocó un trozo de tortilla cuadrado de 4 cm, calentada en microonda a 900 W por 30 s (52°C); la segunda muestra con el mismo código cortada en tira de 1.5 cm por 10 cm a temperatura ambiente sobre una servilleta de papel, esto para poder evaluar flexibilidad en la tortilla. Las referencias estuvieron disponibles junto con un vaso de agua para cada panelista.

Análisis de datos

Los datos obtenidos en la evaluación final se analizaron mediante un análisis de varianza con arreglo de parcela dividida, en la cual la parcela principal fueron los tratamientos (tortilla) y la parcela menor o bloques los panelistas y la fuente de variación las repeticiones (Hernández-Montes, 2007). La reproducibilidad de los jueces se determinó con el valor de $p \geq 0.05$ de las repeticiones y el desempeño del panel por atributo se evaluó con la significancia ($p \leq 0.05$) de Tratamiento*Panelista para determinar interacción entre ambos factores. De estos últimos, sus datos se graficaron e identificaron tipos de interacción (cruzada y magnitud) para eliminar a los panelistas responsables de estos eventos (Jauregui-García, 2024; Carrillo-García, 2024); Los datos se volvieron a analizar y se aplicó una prueba de diferencia mínima significativa (LSD) para comparar medias ($p < 0.05$). Posteriormente se elaboró un Bi-plot del análisis de componente principales de los atributos sensoriales significativos de la tlayuda. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico RStudio Shiny 2024 versión 4.3.1.

4.3 Resultados y discusión

4.3.1 Análisis fisicoquímicos de los granos

Las características físicas de los granos fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). El maíz Olotillo presentó la mayor longitud y anchura, características que corresponden a un grano grande. En contraste, el grano del maíz Zapalote chico tuvo los valores más bajos en estas variables por lo que fue el grano más pequeño con PH de 70.8 Kg hl⁻¹ y PCG de 26.1 g (Cuadro 13), manifestando un grano más compacto y pequeño lo que lo posiciona como un grano menos denso, según corresponde a la NMX-FF-034/1-SCFI-2020.

De acuerdo a la NMX-FF-034/1-SCFI-2002, para el caso de maíz blanco en la elaboración de tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizados de calidad comercial, se considera que el grano deberá tener una densidad mínima de 74 kg hl⁻¹. Por tanto el Zapalote chico corresponde a maíces no deseables en esta industria por su bajo rendimiento.

Cuadro 13. Características físicas de los granos de maíz colectados.

Maíz	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	PCG (g)	PH (Kg hl ⁻¹)	IF
Bol	10.33 ± 0.16 c	9.87 ± 0.28 a	3.87 ± 0.43 ab	44.23 ± 1.53 a	76.99 ± 0.69 b	54 ± 4.58 a
Olo	15.33 ± 0.11 a	10.26 ± 0.46 a	3.22 ± 0.19 bc	43.90 ± 0.62 a	75.89 ± 0.67 b	4 ± 1.0 b
ZCh	9.83 ± 0.28 c	7.67 ± 0.28 b	3.15 ± 0.15 c	26.1 ± 0.11 b	70.87 ± 0.21 c	55 ± 3.6 a
Hal	11.27 ± 0.35 b	7.26 ± 0.31 b	4.34 ± 0.19 a	28.1 ± 0.98 b	78.59 ± 0.7 a	5.33 ± 1.52 b

PCG: Peso de 100 granos, PH: Peso Hectolítrico, IF: Índice de flotación, Bol: Bolita, Olo: Olotillo, ZCh: Zapalote chico y Hal: Halcón. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Salinas-Moreno et al. (2013) reportaron un peso hectolítrico de 77.7 kg hl⁻¹ para una muestra de maíz Olotillo que es similar al encontrado en el presente estudio. Sin embargo, la muestra de maíz Zapalote chico presentó un PH de 76.4, valor que resulta inferior al reportado por los autores antes mencionados. El IF que reportaron para ambos granos fue de 37 y 73 %, clasificados como granos duros

e intermedios, respectivamente. En este caso, se obtuvieron valores inferiores de IF en Halcón y Olotillo lo cual se clasifican como granos muy duros y lo hacen preferibles para elaboración de productos secos. En cambio, Zapalote chico y Bolita con valores cercanos a 55 %, son granos de dureza intermedia, más susceptibles a cocción rápida y con posible mayor pérdida de nutrientes.

Valores similares obtuvieron Preciado et al. (2025) con maíz Bolita, donde clasificaron al grano con dureza intermedia, un PCG de 46.3 g, ángulo de tono de 81.1, aunque su valor de luminosidad fue más claro (68.6) debido a la diversidad de maíces en esta raza.

El PCG fue similar ($p \leq 0.05$) entre Bolita y Olotillo (44.2 y 43.9 g), ambos superiores a los otros maíces y considerados granos grandes, lo que sugiere mayor densidad y masa por grano, característica favorable para rendimientos en molienda o producción de masa.

Respecto a los componentes estructurales de los granos analizados (Cuadro 14), se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) tanto en sus componentes como en el color. De acuerdo con el espesor, fue superior ($p \leq 0.05$) en el grano Halcón, esto puede asociarse con un mayor contenido de endospermo y con un grano más duro. Este resultado se confirma con el peso hectolítrico más alto de esta variedad, que indica mayor densidad. De igual manera podría justificarse su uso en la actualidad como sustituto de la tlayuda debido a su rendimiento a pesar de ser un grano pequeño.

Así mismo, el color es un atributo importante para la aceptación del consumidor. El Zapalote chico se distinguió con los valores más altos ($p \leq 0.05$) en luminosidad, croma y matiz, indicando un grano más brillante, con tonalidades amarillas intensas. Esto sugiere un aceptable contenido de carotenoides. En contraste, los granos de Halcón y Bolita tuvieron valores bajos ($p \leq 0.05$) de L, C y H, lo cual es indicador de granos más oscuros y menos atractivos visualmente. Estos resultados podrían limitar su aceptación sensorial, a pesar de su alto rendimiento.

Cuadro 14. Componentes estructurales y color de los granos de maíz.

Maíz	PER %	GER %	PED %	END %	L*	H*	C*
Bol	4.37 ±	7.02 ±	3.81 ±	82.9 ±	35.58 ±	79.73 ±	10.68 ±
	0.37 ab	0.89 a	0.82 a	2.46 a	1.29 b	1.14 b	0.96 b
Olo	4.61 ±	8.49 ±	2.1 ±	81.74 ±	35.57 ±	79.4 ±	11.35 ±
	0.19 ab	0.91 a	0.55 b	0.42 ab	2.43 b	0.32 b	0.58 b
ZCh	3.91 ±	7.67 ±	3.62 ±	78.4 ±	44.98 ±	83.14 ±	17.66 ±
	0.59 b	0.66 a	0.39 a	0.89 b	0.88 a	0.92 a	0.67 a
Hal	5.16 ±	6.48 ±	2.8 ±	83.5 ±	31.22 ±	77.46 ±	9.92 ±
	0.13 a	0.57 a	0.2 ab	1.0 a	2.38 b	0.96 b	0.96 b

PER: Pericarpio, GER: Gérmén, PED: Pedicelo, END: Endospermo. L*: Luminosidad, C*: Croma, H*: Ángulo de tono. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

Con respecto al endospermo, es el componente más abundante de los granos. Halcón mostró el mayor ($p \leq 0.05$) contenido de endospermo, lo cual es congruente con su espesor alto y PH elevado. Esto sugiere una excelente capacidad de molienda y alto rendimiento en harina. Así mismo, el contenido de pericarpio fue mayor ($p \leq 0.05$) en Halcón, lo cual puede implicar mayor resistencia al cocimiento y mayor cantidad de fibra, aspecto relevante para procesos como la nixtamalización.

El contenido de germen presenta una composición balanceada en las muestras y el pedicelo fue significativamente mayor ($p \leq 0.05$) en Bolita respecto a Olotillo, aunque esto no representa una ventaja funcional.

Desde el punto químico, la humedad presente en los granos fue de 10.7 a 12.1 %, estadísticamente significativos ($p \leq 0.05$) (Cuadro 15), inferior comparado con el valor de referencia (13 %) para su conservación; Por tanto, estos granos tienen mayor estabilidad en almacenamiento. El contenido de ceniza y grasa no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los granos de maíz evaluados, razón para poder hacer uso de estos granos en la formulación de tortilla tlayuda sin modificar estos componentes.

Olotillo mostró ventajas por su contenido de proteína y fibra cruda, lo que lo hace interesante para formulaciones con valor agregado. A su vez, Zapalote chico presentó bajo ($p \leq 0.05$) contenido de fibra, pero un contenido intermedio de

proteína y grasa, haciéndolo una opción balanceada. Salinas-Moreno et al. (2013) obtuvieron porcentajes de proteína y aceite (10 y 4.5 %, respectivamente) semejantes en granos azules de Olotillo y Zapalote chico.

Cuadro 15. Análisis químico proximal del grano de los maíces utilizados en la elaboración de tortilla tlayuda.

Maíz	Humedad %	Cenizas %	Fibra cruda %	Proteína %	Grasas %	Carbohidratos %
Bol	10.74 ± 0.10 b	1.44 ± 0.04 a	3.88 ± 0.28 ab	9.48 ± 0.47 b	6.26 ± 0.57 a	68.18 ± 0.68 a
Olo	12.11 ± 0.12 a	1.45 ± 0.03 a	5.31 ± 0.27 ab	10.85 ± 0.5 a	5.81 ± 0.55 a	64.46 ± 0.6 b
ZCh	11.9 ± 0.06 a	1.38 ± 0.08 a	3.14 ± 0.14 b	10.07 ± 0.63 ab	6.43 ± 0.29 a	66.53 ± 0.26 ab
Hal	10.73 ± 0.08 b	1.39 ± 0.03 a	5.03 ± 0.48 ab	9.27 ± 0.01 b	5.18 ± 1.04 a	68.53 ± 1.43 a

Comparación de medias (%) base seca. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

Referente a los carbohidratos, Halcón y Bolita presentaron los valores más altos ($p \leq 0.05$), lo cual implica mayor aporte energético. Esto, junto con su buena estructura física, los hace candidatos ideales para productos básicos. De acuerdo a datos reportados por Vázquez-Carrillo et al. (2003) el maíz Bolita mostró resultados inferiores de proteína y grasa. Sin embargo, entre poblaciones de maíz de una misma raza existe variabilidad en su composición química proximal. Salinas-Moreno et al. (2013) reportaron variación en el contenido de proteína (~10 – 12 %) y grasa (~4.8 – 5.6 %) entre poblaciones de la raza Bolita con diferente dureza de grano.

De manera general, los maíces analizados muestran algunas características ventajosas para la producción de tlayudas, por ejemplo el maíz Olotillo es de grano grande, por tanto una proporción aceptable de endospermo, lo que favorece a mayor rendimiento. Aunque sugiere mayor uso de combustible o cal para retirar el pericarpio en la nixtamalización como el caso del maíz Halcón. Por otro lado, el maíz Zapalote chico con una dureza similar al maíz Bolita, pero por su PH, podría tener menor rendimiento. En cuestiones de composición química,

las variaciones entre los maíces fueron mínimas, por lo que se espera que no influyan de manera importante en las características de la tortilla tlayuda.

4.3.2 Rendimiento de nixtamal, masa y tortilla

Respecto a los rendimientos de nixtamal, la dureza de los granos no mostró efecto sobre esta variable, ya que los maíces Olotillo y Zapalote chico tuvieron mayores rendimientos con una dureza de grano diferente (Figura 6). A diferencia de la variedad Halcón, un grano duro mostró el menor rendimiento para ambos productos, nixtamal (1.51) y masa (1.7). Es evidente la diferencia de rendimientos entre nixtamal y masa, debido principalmente al contenido de humedad, puesto que para obtener la masa se agrega cierta cantidad de agua para poder moler el grano nixtamalizado y obtener una masa moldeable.

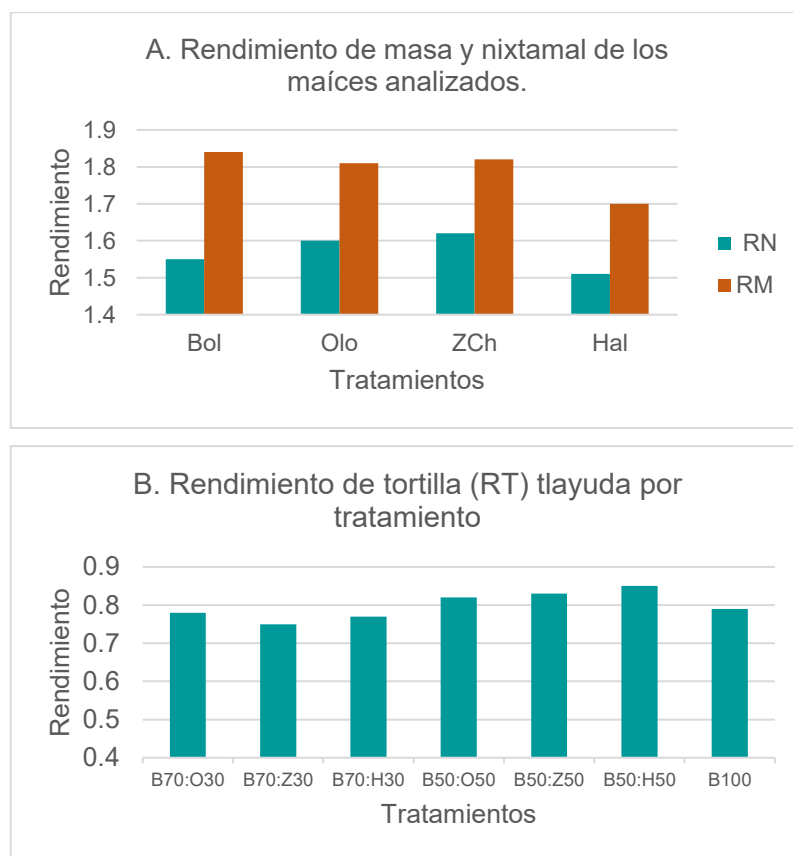


Figura 6. Rendimiento de masa, nixtamal y tortilla tlayuda de los maíces analizados y tratamientos utilizados. RN: Rendimiento de nixtamal; RM: Rendimiento de masa; RT: Rendimiento de tortilla (Kg tortilla/ Kg Maíz).

El grano con mayor rendimiento en masa fue el maíz de la raza Bolita, que mostró una diferencia de casi el 30 % de rendimiento entre nixtamal y masa. La masa de este maíz posee una textura particular por ser de alta resistencia y fácil de moldear (Cruz, 2013). Vázquez-Carrillo et al., (2023) reportó porcentajes de humedad para nixtamal de maíz Bolita blanco de 38.3 % y 50.6 % en masa mediante nixtamalización artesanal; lo que pone en evidencia la diferencia entre rendimientos.

Los rendimientos de tortilla tlayuda (TT) reportaron que los tratamientos con mayor contenido de maíz Bolita fueron inferiores a los que contienen solo 50 % de este maíz. Por tanto, a esta última proporción los maíces criollos (Olotillo, Zapalote chico) y el híbrido modifican el rendimiento de tortillas probablemente al tamaño y cantidad de endospermo presente en los granos; Entre los principales factores después de la nixtamalización que afectan el rendimiento son el tiempo de cocción de la tlayuda, diámetro y grosor. Carrillo et al. (2024) determinaron que el factor más significativo para optimizar el rendimiento en tostadas es el tiempo de cocción del nixtamal, seguido de temperatura de cocción así como incorporación de harina de maíz.

Diversos autores reportan rendimientos superiores en tortilla tradicional de diferentes maíces criollos e híbridos (Vázquez-Carrillo et al., 2003; Ramírez-Vega et al., 2022; Maimone et al., 2024), la razón es que las tlayudas llevan un proceso de cocción más prolongado lo que permite la pérdida de agua, por tanto el rendimiento será menor. Vázquez-Carrillo et al. (2023) determinaron rendimiento superior en tortilla tlayuda de maíz Bolita elaborada de forma artesanal (0.94) y tradicional (0.91) con porcentajes inferiores de humedad (1.87 % y 1.48 %, respectivamente) en este estudio (7.1 %).

4.3.3 Propiedades fisicoquímicas de tlayudas

Parámetros físicos de las tlayudas

Los parámetros físicos de las TT mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). Respecto al color, este se determinó en dos zonas de la tortilla. Una lectura se ubicó en la zona blanca de la ampolla, en tanto que otra se determinó en la zona tostada de la ampolla. En el primer caso se observó que la luminosidad (L) varió entre 36.15 y 43.09 para los tratamientos probados (Cuadro 16). La TT con el menor valor ($p \leq 0.05$) en esta variable fue la del tratamiento B50:H50, lo que denota que fue la más oscura, en tanto que la de mayor L fue la TT del tratamiento B70:H30, y por tanto la más clara y luminosa. Con relación a tono de color (H), la variación se ubicó entre 85.31 y 90.81°. Estos valores corresponden a un tono amarillo, que por los valores de L observados es un amarillo claro. La TT más amarilla fue la del tratamiento B70:Z30. Los valores de Croma variaron entre 8.32 y 11.18, por lo que el color de la TT en la zona blanca de la ampolla se puede definir como amarilla clara.

Cuadro 16. Parámetros de color de las tlayudas elaboradas.

Trat	Color blanco de ampolla			Color tostado de ampolla		
	L*	H*	C*	L*	H*	C*
B70:O30	41.21 ±	85.31 ±	10.18 ±	31.46 ±	64.8 ±	12.92 ±
	3.18 ab	2.27 c	0.28 ab	2.35 b	5.66 c	0.36 a
B70:Z30	38.38 ±	90.81 ±	8.32 ±	25.56 ±	88.0 ±	5.54 ±
	1.45 ab	1.37 a	0.48 c	2.16 c	1.62 a	0.56 d
B70:H30	43.09 ±	88.83 ±	9.13 ±	36.12 ±	70.5 ±	13.12 ±
	1.88 a	1.39 abc	0.42 bc	1.86 ab	6.29 bc	0.36 a
B50:O50	36.06 ±	87.01 ±	8.33 ±	21.60 ±	58.2 ±	9.27 ±
	2.83 b	1.25 abc	1.06 c	2.26 c	8.18 c	1.83 bc
B50:Z50	40.19 ±	87.86 ±	8.83 ±	37.29 ±	80.54 ±	10.30 ±
	0.98 ab	2.25 abc	0.59 bc	2.39 a	3.57 ab	0.29 b
B50:H50	36.15 ±	87.06 ±	10.19 ±	31.07 ±	75.8 ±	10.46 ±
	2.37 b	0.70 ab	0.79 c	0.64 ab	5.69 ab	0.72 c
B100	42.84 ±	85.87 ±	11.18 ±	33.97 ±	71.01 ±	12.41 ±
	1.91 a	0.60 c	0.52 a	1.26 ab	5.19 bc	0.38 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

El parámetro luminosidad (L) indicó mayor luminosidad en tortillas con mayor proporción de maíz Bolita correspondiente a la zona blanca de la tortilla, lo que

indica que el maíz Bolita mantiene un tono claro característico. No así con los resultados de Preciado et al. (2025), donde la luminosidad fue superior (71.98) en la tlayuda de maíz Bolita blanco.

Con respecto a la zona tostada, el control tuvo un valor de L intermedio, menor ($p \leq 0.05$) que el observado en la tlayuda de la mezcla B50:Z50, pero más claro que B70:Z30. Esto muestra que la intensidad del tostado depende del tipo de mezcla. Relacionado al croma, el control y los de mayor proporción (B70:O30, B70:H30) con maíz Bolita fueron los de mayor valor ($p \leq 0.05$), lo cual muestra mayor saturación del color blanco y un tostado más intenso. Esta propiedad sugiere un color más agradable al consumidor pues se contrasta un blanco intenso contra un tostado más saturado en una misma tortilla, lo cual se relaciona con la homogeneidad del maíz Bolita en la masa.

El tono del control en la parte blanca indicó un matiz ligeramente más amarillento o rojizo, mientras que los tratamientos con Bolita-Zapalote chico tendieron a valores más altos, reflejando un tono más hacia el amarillo-verde. Además, la zona tostada del control se ubicó en un rango medio, mientras que los tratamientos con mayor proporción de Zapalote chico alcanzaron valores más altos lo que refleja un tostado más amarillo que el característico tostado marrón del control.

En el Cuadro 17 se muestran los valores de las dimensiones obtenidas en las tlayudas, en los cuales hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 17. Dimensiones de las tlayudas elaboradas.

Tratamientos	Grosor	Peso	Diámetro
B70:O30	1.7 ± 0.1 a	52.13 ± 1.81 ab	25.37 ± 0.35 ab
B70:Z30	1.6 ± 0.21 ab	50.22 ± 1.63 b	27.40 ± 1.25 a
B70:H30	1.2 ± 0.12 b	51.45 ± 2.17 ab	27.37 ± 0.40 a
B50:O50	1.5 ± 0.21 ab	55.02 ± 1.96 ab	26.63 ± 0.72 ab
B50:Z50	1.4 ± 0.15 ab	55.43 ± 1.50 ab	27.13 ± 0.90 a
B50:H50	1.4 ± 0.17 ab	56.98 ± 0.84 a	27.03 ± 0.32 a
B100	1.5 ± 0.15 ab	52.89 ± 3.88 ab	24.60 ± 0.98 b

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

El control se mantuvo en un rango intermedio de peso y grosor, sin mostrar diferencias significativas ($p > 0.05$) con la mayoría de tratamientos. Por el contrario, el diámetro de la TT control fue significativamente menor ($p \leq 0.05$) comparado con tortillas donde la proporción de Bolita se disminuyó a 50 %. Esto indica que las mezclas no alteran drásticamente estas propiedades, aunque sí influyeron en la expansión (diámetro).

Análisis proximal de tortillas tlayudas

En el Cuadro 18 se muestran los resultados del análisis proximal de las TT entre los tratamientos probados, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para las variables fibra y ceniza. Esto sugiere un proceso homogéneo de nixtamalización; El incremento en el valor de cenizas en la TT con relación al grano se debe a la cal agregada durante la nixtamalización. Efectos similares se reportan en tlayudas naturales hechas de maíz Bolita y adicionados con extractos de hongo (Preciado et al., 2025).

Por su parte, el contenido de humedad, grasa, proteína y carbohidratos fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) en los tratamientos implementados. El contenido de humedad de la TT de las diferentes mezclas de granos de maíz varió ($p \leq 0.05$) entre 5.22 y 7.10 %, valores que favorecen la vida de anaquel del producto. Vázquez-Carrillo et al. (2023) reportaron valores superiores de humedad (14.6 a 19.5 %), que podrían afectar la vida de anaquel de la TT.

Respecto al contenido de grasa, los valores menores ($p \leq 0.05$) se observaron en los que se tuvo la proporción de 50 % maíz Bolita con los demás granos. El contenido de grasa aumentó significativamente en las proporciones de 70 % maíz Bolita con respecto al control. Para el caso de proteínas, este componente fue similar ($p > 0.05$) con las mezclas de Bolita-Olotillo respecto al 100 % Bolita, a diferencia de las demás mezclas el contenido proteico fue significativamente mayor ($p \leq 0.05$) pero menores a lo reportado en tortillas tradicionales por Salinas-Moreno et al. (2024).

En el contenido de carbohidratos, los resultados obtenidos fueron estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento con menor valor correspondió a B70:O70 (78.64 %) y el más alto al tratamiento B70:Z30 (80.82 %). El tratamiento control y el resto de tratamiento se posicionaron en un valor intermedio de los resultados anteriores; Estos resultados indican que agregar un 30 o 50 % de otro maíz ya sea nativo o híbrido a la mezcla con maíz Bolita, no afecta en su composición del contenido de carbohidratos en la TT.

Cuadro 18 . Análisis químico proximal de las tortillas tlayudas provenientes de los diferentes tratamientos de mezclas de granos.

Trat	Humedad	Grasa	Fibra	Proteína	Cenizas	Carbohidratos
g/ 100 g tortilla tlayuda						
B70:O30	6.88 ± 0.08 a	2.69 ± 0.57 a	2.44 ± 0.57 a	7.69 ± 0.19 bc	1.65 ± 0.04 a	78.64 ± 0.07 b
B70:Z30	5.22 ± 0.09 b	2.03 ± 0.05 b	2.04 ± 0.26 a	8.23 ± 0.18 ab	1.67 ± 0.01 a	80.82 ± 0.32 a
B70:H30	5.83 ± 0.06 b	2.08 ± 0.01 ab	2.08 ± 0.54 a	8.49 ± 0.45 a	1.75 ± 0.06 a	80.18 ± 0.40 ab
B50:O50	6.73 ± 0.22 a	1.96 ± 0.01 b	2.60 ± 0.76 a	8.0 ± 0.27 abc	1.74 ± 0.04 a	78.96 ± 0.77 b
B50:Z50	5.56 ± 0.15 b	1.98 ± 0.11 b	2.33 ± 0.45 a	8.65 ± 0.11 a	1.72 ± 0.07 a	79.76 ± 0.59 ab
B50:H50	6.86 ± 0.12 a	1.97 ± 0.03 b	1.83 ± 0.53 a	8.39 ± 0.25 ab	1.67 ± 0.05 a	79.28 ± 0.73 ab
B100	7.10 ± 0.04 a	1.71 ± 0.13 b	2.52 ± 0.75 a	7.37 ± 0.19 c	1.62 ± 0.04 a	79.68 ± 0.94 ab

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

4.3.4 Propiedades texturales de masa y tortilla

Perfil de textura en masas

Los resultados obtenidos en la evaluación de la textura de las masas muestran diferencias significativas en función del tipo de maíz y la proporción utilizada en las mezclas. El análisis de las masas evidenció diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 19), lo que indica que la proporción de mezcla entre maíz Bolita y otros maíces (Olotillo, Zapalote chico y Halcón) influye de manera importante en las propiedades texturales de la masa.

La dureza fue el parámetro más afectado por la mezcla de los nixtamales, mientras que la elasticidad no mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, manteniéndose cercana al 100%, eso sugiere una estructura cohesiva y flexible similar entre las masas, independientemente del tipo de mezcla utilizada.

Este comportamiento puede atribuirse a la humedad de la masa, ya que existe una relación inversa entre esta y la dureza. De acuerdo con lo mencionado por Cruz (2013) quien reportó que un incremento de seis puntos porcentuales en la humedad de la masa de maíz Bolita VC-42 redujo su dureza a menos de una tercera parte. Estos resultados coinciden con lo reportado por Arámbula-Villa et al. (2001), quienes observaron una correlación significativa entre la humedad del nixtamal y la textura de la masa y tortilla. En su estudio, la humedad del grano nixtamalizado alcanzó hasta 53 g/100 g tras el reposo, y se relacionó con una mejor rolabilidad y menor fuerza al corte en tortillas, con coeficientes de correlación superiores a 0.92 ($p < 0.01$). Asimismo, Palacios-Pola et al. (2022) documentaron que las mujeres en Chiapas ajustan el proceso de nixtamalización según la dureza del grano y el tipo de preparación (tortillas o tostadas), lo que influye directamente en la absorción de agua y, por ende, en la textura final del producto.

Cuadro 19. Análisis de perfil de textura de las masas obtenidas de los diferentes tratamientos de mezclas de grano de maíz Bolita con otros maíces.

Trat	Dureza (g)	Elasticidad (%)	Adhesividad (g·s)	Cohesividad (Adm)
B70:O30	3435.30 ± 249.66 b	99.81 ± 0.01 a	392.80 ± 18.10 e	1.47 ± 0.23 ab
B70:Z30	4002.63 ± 125.22 a	99.75 ± 0.02 a	579.60 ± 22.91 ab	1.56 ± 0.01 a
B70:H30	1766.70 ± 11.46 d	99.84 ± 0.03 a	440.70 ± 27.01 de	1.27 ± 0.01 abc
B50:O50	2423.68 ± 158.95 c	98.96 ± 1.55 a	570.10 ± 4.10 abc	1.01 ± 0.07 cd
B50:Z50	2057.20 ± 134.7 cd	99.93 ± 0.12 a	603.07 ± 40.02 a	0.78 ± 0.23 d
B50:H50	1720.24 ± 148.59 d	99.89 ± 0.02 a	505.20 ± 42.71 cd	1.28 ± 0.19 abc
B100	2173.03 ± 44.73 c	99.81 ± 0.01 a	528.35 ± 26.09 bc	1.09 ± 0.18 bcd

Trat: Tratamientos; Adm: Adimensional. Comparación de medias (%) base seca. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

En particular, los tratamientos B70:H30 y B50:H50, elaborados con maíz híbrido Halcón, presentaron menores valores de dureza ($p \leq 0.05$), lo que indica que la incorporación de este tipo de maíz tiende a suavizar la textura de la masa. Este comportamiento puede atribuirse a las características físico-químicas del maíz mejorado, como su menor contenido de fibra y mayor proporción de almidón gelatinizado.

En contraste, los tratamientos con mezclas 50:50 entre maíz Bolita y maíces nativos (Olotillo y Zapalote chico) mostraron dureza similar ($p > 0.05$) a la masa elaborada con 100 % maíz Bolita, lo que sugiere que estas combinaciones no modifican sustancialmente esta propiedad. Esto podría deberse a la similitud estructural entre los maíces nativos, que comparten características como alto contenido de fibra dietética y proteínas estructurales.

Respecto a la cohesividad, se observó un incremento cuando el maíz Bolita se mezcló en proporción 70:30 con otro maíz nativo, mientras que en mezclas equitativas (50:50) esta propiedad disminuyó. En mezclas con maíz Halcón, la cohesividad se mantuvo constante ($p > 0.05$), independientemente de la proporción utilizada. El tratamiento B70:Z30 presentó el valor más alto de cohesividad (1.56; $p \leq 0.05$), lo que sugiere una red estructural más uniforme y resistente, dificultando el moldeado de la masa. Por el contrario, la mezcla B50:Z50 presentó el valor más bajo, lo que podría estar relacionado con una menor interacción entre los componentes estructurales de los almidones presentes.

La adhesividad mostró variaciones significativas entre tratamientos. El valor más alto se registró en B50:Z50, posiblemente asociado a una mayor retención de agua o a la presencia de almidón con mayor capacidad de pegajosidad, lo cual se relaciona con menor cohesividad. En cambio, el tratamiento B70:O30 presentó la adhesividad más baja ($p \leq 0.05$), correlacionada con mayor cohesividad y dureza.

Durante el proceso de nixtamalización del maíz, se lleva a cabo la gelatinización parcial del almidón, permitiendo que amilosa y amilopectina interactúen con el agua y el calcio para formar la "matriz viscoelástica" de la masa. Las propiedades funcionales del almidón, como la adhesión, la retención de agua y la formación de geles, son las que definen la textura, consistencia y vida útil de las tortillas (López-Cervantes et al., 2024). Por lo tanto, los maíces con mayor contenido de amilopectina (conocidos como waxy o cerosos) producen masas con características cohesivas y pegajosas muy pronunciadas, que son valoradas en la industria para estabilizar texturas (Capistrán-Velázquez et al., 2023).

En conjunto, los resultados indican que mezclar 70 % de maíz Bolita con 30 % de otro maíz nativo incrementa la dureza de la masa, mientras que, al combinarlo con maíz mejorado, esta propiedad disminuye. Las mezclas 50:50 con maíces nativos mantienen la dureza en niveles similares a la masa de maíz Bolita puro.

Estos hallazgos contrastan con lo reportado por Vázquez-Carrillo et al. (2023), quienes afirman que las masas elaboradas con maíz nativo tienden a ser más blandas y menos adhesivas que aquellas con maíz mejorado. Esta discrepancia sugiere que las propiedades texturales de la masa dependen no solo del tipo de maíz, sino también de la proporción utilizada en la mezcla.

Si el almidón contenido en los granos de maíz contiene mayor proporción de amilopectina tras la nixtamalización y molienda formará una masa más adhesiva y cohesiva porque la amilopectina es aglutinante y aporta a la masa manejabilidad y plasticidad texturas (Capistrán-Velázquez et al., 2023); pero si la fracción de amilosa es mayor tiende a producir masas que pierden humedad, se endurecen más rápido y tortillas menos flexibles (Méndez-Montealvo et al., 2022), lo que en la tlayuda será indeseable.

Perfil de textura en tortillas tlayudas

Los parámetros texturales de las tortillas tlayudas (TT) mostraron variaciones significativas ($p \leq 0.05$) en función del tipo de tratamiento, la temperatura aplicada

y el método empleado. En particular, la dureza se incrementó al calentar la tortilla a 52 °C, observándose que las TT elaboradas con 100 % maíz Bolita requerían mayor fuerza de ruptura en comparación con aquellas evaluadas a temperatura ambiente (Figura 7).

Este comportamiento también se presentó en las TT a partir de mezclas con maíz Olotillo; sin embargo, al aumentar la proporción de Olotillo (50 %), la dureza disminuyó, lo que indica una textura más blanda y menos correosa. Esta característica es deseable tanto para el consumo directo como tortilla a temperatura ambiente, como para su uso en platillos típicos, debido a que al calentarse alcanzan durezas similares (522.45 gf) o superiores (787.35 gf) respecto a las TT de Bolita (525.7 gf) ($p \leq 0.05$).

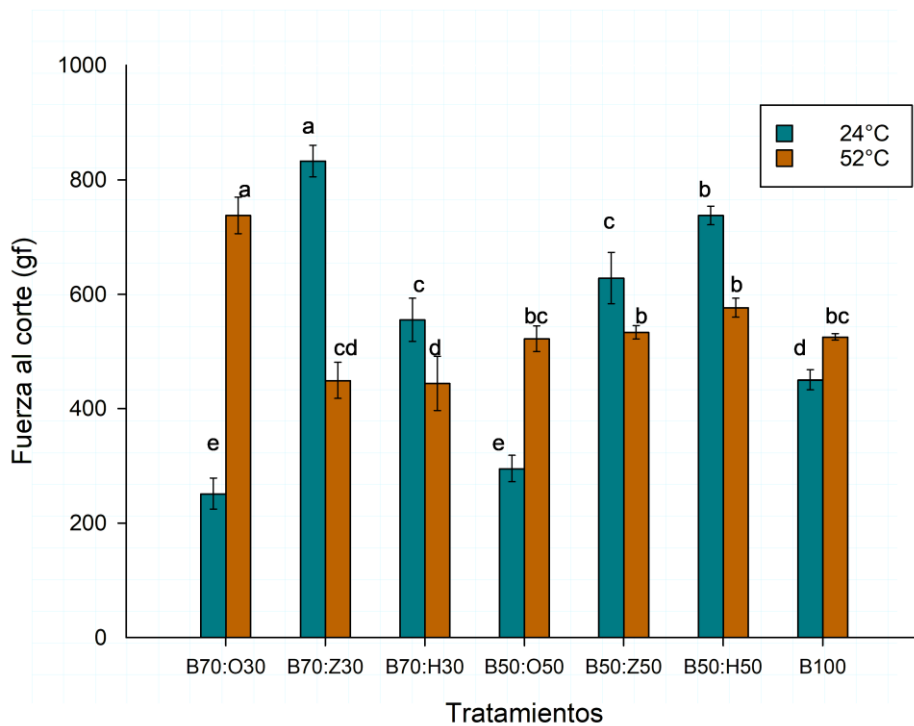


Figura 7. Análisis de textura en tortilla tlayuda de mezclas de maíz nativo e híbrido mediante el uso del texturómetro TAXT por compresión con aguja a dos temperaturas. abcde: letras iguales en barras a la misma temperatura son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

En contraste, las mezclas de maíz Bolita con Zapalote chico o Halcón presentaron mayor dureza ($p \leq 0.05$) a 24 °C que a 52 °C, en comparación con la TT control. Las TT obtenidas fueron más secas, con menor flexibilidad y textura correosa a temperatura ambiente. No obstante, al calentarse, igualaron la dureza de las TT elaboradas con 100 % Bolita, volviéndose más crocantes. Este comportamiento respalda el uso tradicional del maíz Zapalote chico en la elaboración de totopos en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, donde se reduce la humedad hasta en un 36 % para obtener crocancia óptima, con fuerzas de corte entre 142.67 y 273.33 gf (Cabrera et al., 2019).

Estudios recientes han demostrado que la textura de las TT puede modificarse significativamente mediante la incorporación de ingredientes funcionales o el uso de razas específicas de maíz. Por ejemplo, Preciado et al. (2025) reportaron que las TT enriquecidas con extractos de *Ganoderma lucidum* presentaron mayor resistencia al corte y mejor aceptación sensorial, lo que sugiere que la textura puede optimizarse sin comprometer la calidad organoléptica.

Asimismo, la técnica de nixtamalización juega un papel crucial en la textura final del producto. Palacios-Pola et al. (2022) documentaron que las variaciones en el tiempo de cocción y reposo del nixtamal, ajustadas según la dureza del grano, influyen directamente en la flexibilidad y crocancia de tortillas y tostadas.

Aunque las TT elaboradas con mezclas de maíz Halcón presentaron diferencias en dureza a temperatura ambiente y similitud al calentarse, su uso en la elaboración de TT se justifica por razones prácticas. Las productoras lo emplean como sustituto del maíz Bolita debido a que, tras la cocción del platillo típico, se alcanza una dureza comparable, además de que el maíz Halcón tiene un costo de adquisición más bajo, lo que lo hace accesible para comunidades rurales (Astorga et al., 2023).

En la Figura 8 se muestran los valores de elongación de las TT evaluadas, los cuales presentan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos y temperaturas evaluadas. Esto evidencia que tanto la composición de las mezclas

de maíz como la temperatura de análisis influyen en la capacidad de las tortillas para deformarse antes de romperse.

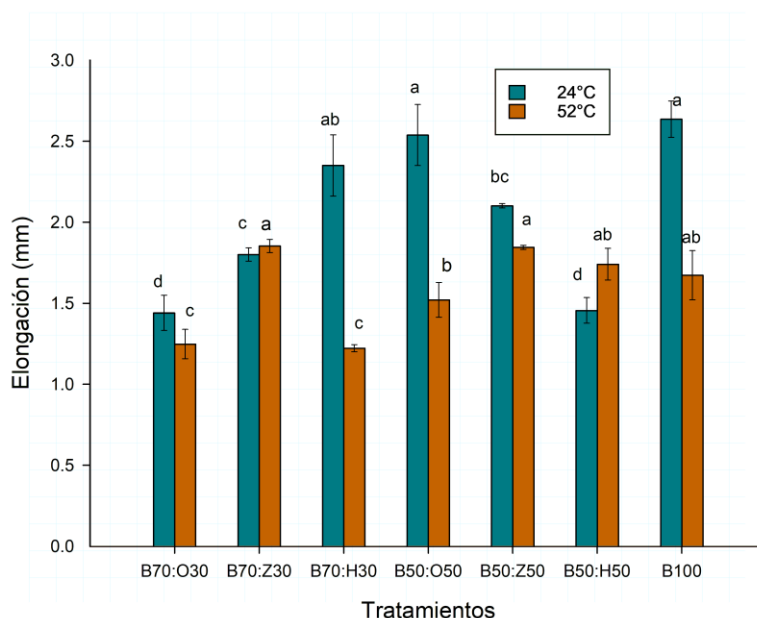


Figura 8. Elongación en tortillas tlayuda elaboradas con maíces nativos e híbrido determinada mediante perfil de textura a dos temperaturas. abcd: letras iguales en barras a la misma temperatura son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

Se observó que al calentar la TT, esta propiedad disminuye considerablemente en las TT control y en la mayoría de los tratamientos, especialmente en aquellas que incluyen maíz Olotillo. Este comportamiento podría atribuirse a una retrogradación parcial del almidón, fenómeno que reduce la flexibilidad del producto al calentarse, mientras que a temperatura ambiente las TT con Olotillo son más flexibles.

Durante la cocción de la masa preformada para tortilla, el almidón sufre un proceso de gelatinización, en el cual sus estructuras cristalinas se desorganizan, absorben agua, se hinchan y forman una red gelatinizada que confiere una textura suave y flexible al producto. Este fenómeno ocurre principalmente por la ruptura de las interacciones moleculares entre las cadenas de amilosa y amilopectina, facilitando la absorción de agua y la expansión de los gránulos de almidón (Chakraborty et al., 2022).

Sin embargo, al enfriarse la tortilla, las cadenas de amilosa tienden a reorganizarse mediante la formación de puentes de hidrógeno, obteniendo la firmeza básica de la tortilla al enfriarse a temperatura ambiente (Wang et al., 2021), una estructura más firme y menos flexible. Este proceso, conocido como retrogradación (Seung, 2020).

En el caso de las TT, el proceso térmico incluye no solo la cocción, sino también una etapa de deshidratación intensiva seguida de un reposo-exudado. Esta secuencia modifica la dinámica de retrogradación, especialmente de la amilopectina que intenta reorganizarse y recrystalizar, pero esta reorganización ocurre de forma más lenta. Como resultado, las TT conservan cierto grado de flexibilidad cuando se mantienen a temperatura ambiente. Investigaciones recientes confirman que la recrystalización de la amilopectina es la fuerza principal detrás del envejecimiento de las tortillas de maíz y se correlaciona directamente con el aumento de la dureza y la pérdida de flexibilidad durante el almacenamiento (Zhang et al., 2024).

No obstante, al recalentar las TT ya preparadas, se produce una migración y pérdida de agua desde la matriz del almidón, lo que intensifica la retrogradación y provoca que la tortilla se vuelva más rígida, quebradiza y pierda flexibilidad (enrollabilidad). Este comportamiento ha sido documentado en estudios sobre tortillas elaboradas con maíz de alta calidad proteica, donde se observan cambios significativos en la textura y propiedades funcionales tras el horneado y almacenamiento (Félix et al., 2025).

A temperatura ambiente, los tratamientos B100, B50:O50 y B70:H30 presentaron los valores más altos de elongación (2.6 mm, 2.5 mm, 2.3 mm, respectivamente), lo que indica una estructura más flexible y resistente al agrietamiento (más correosos). Esta respuesta sugiere que el maíz Bolita, así como sus combinaciones con Olotillo o Halcón, favorecen la formación de una matriz más elástica, mejorando la extensibilidad de las tortillas tlayudas. Esta propiedad es deseable en productos que requieren flexibilidad y resistencia durante el doblado o manipulación, como ocurre en su consumo tradicional.

En contraste, las combinaciones con maíz Zapalote chico tienden a generar TT menos extensibles, lo que podría estar relacionado con la composición estructural del almidón y su comportamiento durante la cocción y enfriamiento. Estudios recientes han demostrado que la estructura del almidón y su interacción con otros componentes de la matriz alimentaria influyen directamente en la textura final del producto, incluyendo su capacidad de elongación (Preciado et al., 2025).

A 52 °C, se observó una disminución general en los valores de elongación, lo que sugiere que el aumento de la temperatura provoca una pérdida parcial de flexibilidad debido al debilitamiento de los enlaces estructurales. La mayoría de los tratamientos mostraron valores similares de elongación a esta temperatura, con excepción de B70:H30 y B70:O30, cuyos valores fueron significativamente menores respecto al control. Este comportamiento puede atribuirse a la retrogradación térmica del almidón, que reduce la capacidad de deformación de la tortilla al calentarse (Astorga et al., 2023).

Los valores de elasticidad observados en las tortillas tlayudas (TT) mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos (Figura 9). En el tratamiento B100, se registró un incremento notable de esta propiedad, de 60.7 % a 128.51 % al aumentar la temperatura. Este resultado indica que la elasticidad de las TT mejora a 52 °C, temperatura común de consumo, lo que influye directamente en la fuerza de masticabilidad y en la percepción sensorial del producto.

Una mayor elasticidad permite que la tortilla soporte la adición de ingredientes típicos sin romperse, facilitando su doblado y manipulación durante el consumo. Este comportamiento puede atribuirse a la reorganización parcial de las estructuras de almidón, que a temperaturas elevadas favorecen una mayor cohesión de la matriz alimentaria, incrementando su capacidad de recuperación tras la deformación (Chakraborty et al., 2022; Seung, 2020).

Los tratamientos B70:H30 (445.1 %) y B70:O30 (238 %) mostraron los valores más altos de elasticidad a 52 °C ($p \leq 0.05$), correspondientes a mezclas con 30 % de maíz Halcón y Olotillo, respectivamente. Estos resultados indican que las TT elaboradas con estas combinaciones presentan mayor resistencia a la deformación, lo cual contribuye a la percepción de elasticidad durante la masticación, aunque no recuperen completamente su forma original. Esta propiedad es favorable para la preparación de platillos típicos, ya que permite el doblado sin ruptura y soporta la adición de ingredientes.

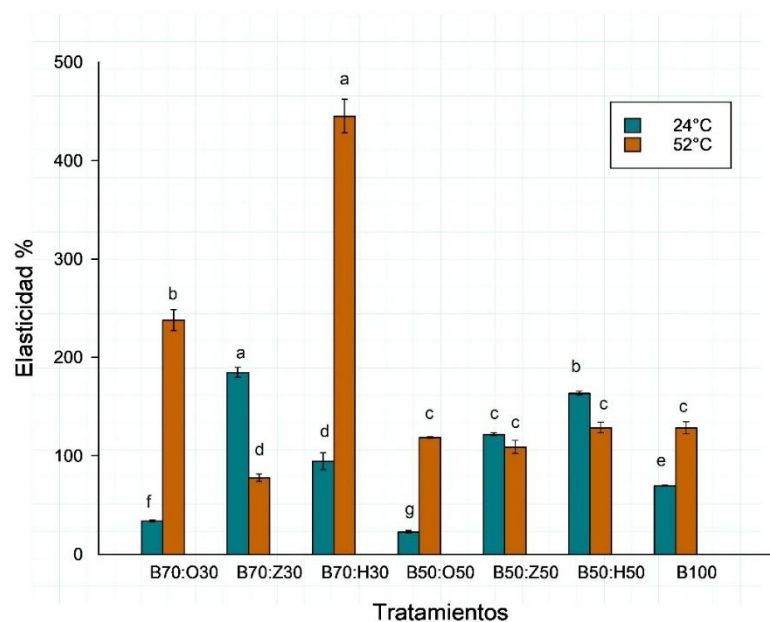


Figura 9. Elasticidad en tortillas tlayuda elaboradas con maíces nativos e híbrido determinada mediante perfil de textura a dos temperaturas. abcdefg: letras iguales en barras a la misma temperatura son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

A 24 °C, los tratamientos mostraron valores inferiores de elasticidad, especialmente aquellos con mayor proporción de maíz Bolita y presencia de Olotillo. Por otro lado, las mezclas con menor proporción de Bolita (B50:O50, B50:Z50 y B50:H50) exhibieron valores moderados de elasticidad, lo que sugiere que el incremento de otros maíces reduce parcialmente esta capacidad.

En cuanto a la resistencia a la tensión, evaluada mediante pruebas a 24 °C permitió determinar la fuerza de tensión requerida antes de que la tortilla se

rompiera; Valor importante para determinar si el producto es adecuado para su uso en la preparación de un platillo típico (Figura 10). Se observó que el tratamiento B50:O50 presentó el valor más alto (3792 gf), mientras que B50:Z50 mostró el más bajo (2601 gf), con diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Los demás tratamientos fueron similares al control. Estos resultados indican que una mayor proporción de maíz Zapalote chico en la mezcla produce TT más quebradizas, en contraste con aquellas que contienen mayor proporción de maíz Bolita o Halcón, que ofrecen mejor resistencia mecánica.

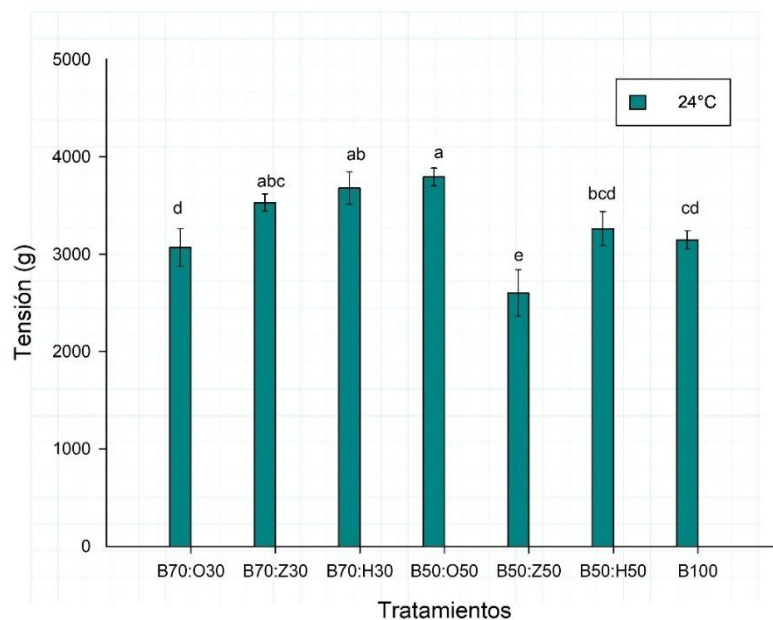


Figura 10. Elasticidad en tortillas tlayuda elaboradas con maíces nativos e híbrido determinada mediante perfil de textura a dos temperaturas. abcdefg: letras iguales en barras a la misma temperatura son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

En general, se evidencia que la adición de ingredientes o mezclas de maíces modifica significativamente la textura de las tortillas tlayudas (TT). Por ejemplo, Rehab et al. (2025) reportaron que la incorporación de un 15 % de harina de germen de maíz desengrasado en la elaboración de totopos incrementó parámetros como cohesión, elasticidad, gomosidad, masticabilidad y fracturabilidad, mejorando la calidad textural del producto.

En el caso de las TT, tras el calentamiento a 52 °C modifica las propiedades de textura debido a la pérdida de agua en forma de vapor, lo que genera una superficie más crocante y quebradiza. Este fenómeno está relacionado con la migración de humedad desde el interior hacia el exterior de la matriz alimentaria, lo que afecta la flexibilidad y resistencia del producto.

Las propiedades texturales de las TT dependen de múltiples factores, entre ellos: la cantidad de agua, el grosor, la temperatura de consumo, las interacciones entre componentes (almidón, proteínas, lípidos), el tiempo de cocción y las condiciones de almacenamiento. Preciado et al. (2025) destacan que estos factores son determinantes en la aceptación sensorial y funcionalidad de las TT, especialmente cuando se incorporan ingredientes funcionales como extractos de *Ganoderma lucidum*, que mejoran la resistencia al corte y la textura general del producto

Análisis de correlación y componentes principales de las variables fisicoquímicas, texturales y color de la tortilla tlayuda

El análisis de correlación permitió identificar cómo se relacionan las propiedades físicas, químicas, texturales y de color entre sí en las tortillas tlayudas elaboradas a partir de los tratamientos evaluados (Cuadro 20).

Entre las relaciones fisicoquímicas más relevantes observadas en las tortillas tlayudas (TT) destaca el contenido de humedad, el cual mostró correlaciones significativas con otros parámetros texturales. Se identificó una correlación negativa entre humedad y contenido de proteína, lo que indica que, a mayor humedad, el porcentaje de proteína reduce en proporción del contenido de sólidos totales, reduciendo así el porcentaje relativo de proteína.

La disminución de elasticidad en tortillas más húmedas podría estar relacionada con una gelatinización incompleta del almidón o con un mayor contenido de agua libre, lo que afecta la cohesión de la matriz alimentaria. Por otro lado, una mayor

humedad se asocia con un menor diámetro, lo que sugiere que el exceso de agua puede limitar la expansión durante el amasado o la cocción.

Estos hallazgos coinciden con estudios recientes que destacan cómo la composición y las interacciones entre los componentes del almidón, proteínas y agua influyen directamente en las propiedades texturales de productos como las TT. Por ejemplo, Preciado et al. (2025) reportaron que la incorporación de extractos funcionales en TT modificó significativamente su resistencia al corte y textura. Además, Astorga-Gaxiola et al. (2023) señalan que el proceso de nixtamalización y el tipo de maíz utilizado afectan la retención de humedad y la estructura final del producto.

Cuadro 20. Análisis de correlación de las variables físicas, químicas, texturales y de color de las tortillas tlayudas evaluadas.

Variable 1	Variable 2	R	P
Proteína	Humedad	-0.602	0.0038
Dureza 52°C	Humedad	0.595	0.0043
Elasticidad 24°C	Humedad	-0.593	0.0045
Diámetro	Humedad	-0.599	0.0040
Diámetro	Proteína	0.651	0.0013
Elasticidad 24°C	Dureza 24°C	0.902	2.22E-08
Hue PN	Dureza 24°C	-0.878	1.5944E-07
Hue PB	Dureza 24°C	0.669	0.0009
Hue PN	Elasticidad 24°C	-0.931	8.6866E-10
Hue PB	Elasticidad 24°C	0.660	0.0011
Hue PN	Elasticidad 52°C	0.654	0.0012
Croma PN	Tensión	0.999	0
Croma PB	Luminosidad PB	0.768	4.7069E-05
Hue PB	Croma PB	-0.701	0.00039
Diámetro	Croma PB	-0.644	0.00162

PN: parte tostada de tortilla; PB; parte clara de tortilla.

Las relaciones positivas que se encontraron con respecto a estos parámetros (físico-químicos) están dureza vs humedad y diámetro vs proteína; las TT con mayor humedad presentan mayor dureza a 52°C, posiblemente porque la retención de agua en la matriz del almidón genera una estructura más firme al calentarse. Del mismo modo, un mayor contenido de proteína se vincula con

tortillas de mayor diámetro, indicando que las proteínas contribuyen a una red estructural más estable que favorece la expansión.

Dentro de las relaciones texturales, se encontró una relación positiva altamente significativa ($p \leq 0.05$) entre elasticidad a 24°C vs dureza a 24°C. Las tortillas más duras tienden también a ser más elásticas; Esto sugiere una consistencia firme pero flexible, característica deseable en la tlayuda tradicional pues de ello deriva el término tlayudo, una propiedad flexible y a la vez duro o correoso.

Se presentaron relaciones entre propiedades de textura y atributos del color. Hay una relación negativa fuerte entre el tono de ángulo de la parte tostada vs dureza a 24°C. Las tortillas con tonos más amarillentos (menor Hue) presentan mayor dureza y elasticidad. Esto puede relacionarse con diferencias en pigmentos del maíz (como carotenoides) y su interacción con la matriz proteica. Así mismo, se presentaron relaciones positivas entre ángulo de tono de la panza blanca vs dureza a 24° y tono de ángulo de parte dorada vs elasticidad a 52°C. Tonalidades más claras en la tortilla se asocian con mayor firmeza y elasticidad, posiblemente por una cocción más uniforme. A mayor temperatura, la coloración y la elasticidad mantienen una relación positiva, lo que sugiere que la estructura color-textura se conserva incluso con el calentamiento.

Se encontró fuerte relación positiva ($p \leq 0.05$) entre el Croma medida en las partes tostadas vs tensión, prácticamente una correlación perfecta. En este caso, las tortillas con colores más intensos presentan mayor tensión, es decir, resistencia al estiramiento. Esto podría reflejar una mayor integridad estructural del almidón y proteínas derivada del tipo de maíz. El Croma del lado claro presentó correlación positiva con la luminosidad de esta misma parte de la tortilla, ello quiere decir que tonalidades más saturadas (más color) acompañan una mayor luminosidad, típico de superficies bien cocidas. Por su parte el Hue PB vs Croma PB y diámetro vs Croma PB tuvieron correlación negativa. A medida que el color tiende a tonos más rojizos o amarillos, la saturación del color aumenta, indicando diferencias visuales claras entre tratamientos. Tortillas con mayor

intensidad de color presentan menor diámetro, posiblemente por diferencias en la composición de pigmentos o densidad de la masa.

Los resultados demuestran que las propiedades químicas (como humedad y proteína) influyen directamente en la estructura física y textural de las tortillas. Los maíces nativos probablemente aportan mayor variabilidad en color y textura, mientras que el híbrido puede mostrar mayor homogeneidad. Las correlaciones altas entre color y textura sugieren que las características visuales pueden utilizarse como indicadores indirectos de la calidad textural.

En general, las tortillas con mayor proteína y menor humedad tienden a tener mejor consistencia, diámetro y firmeza, características deseadas en la tlayuda tradicional.

En la Figura 11 se representa el análisis de componentes principales (PCA) de las variables fisicoquímicas, texturales y de color más significativas del análisis de correlación; Los primeros dos componentes explican el 56.32 % de la variabilidad total, mostrando que el tipo de mezcla de maíz influye notablemente en las propiedades fisicoquímicas y texturales.

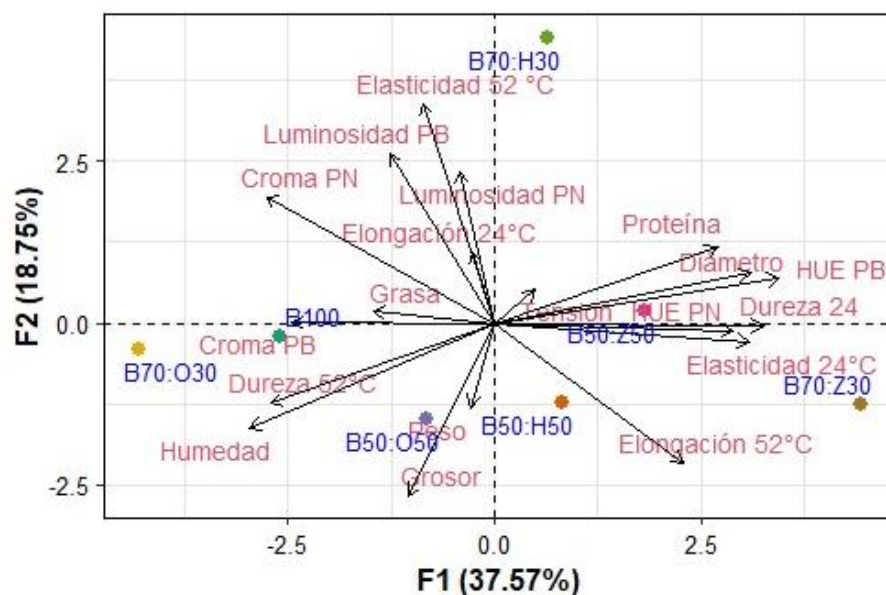


Figura 11. Análisis de componentes principales de variables fisicoquímicas, texturales y de color evaluados en tortillas tlayudas.

El Componente 1 separó los tratamientos según su dureza y composición proteica. Las mezclas con Zapalote (B70:Z30) se asociaron con mayor dureza, elasticidad y contenido de proteína, mientras que las formulaciones con Bolita y Olotillo (B100, B50:O50) presentaron mayor humedad, grasa y luminosidad, características de masas más suaves y húmedas.

El Componente 2 distinguió principalmente al tratamiento B70:H30, relacionado con mayor elasticidad y brillo, en contraste con mezclas más gruesas y húmedas (B50:H50).

En conjunto, el PCA evidencia que las mezclas con Zapalote confieren firmeza, las de Halcón mejoran la elasticidad y apariencia, y las de Olotillo o Bolita puro aportan suavidad y humedad. Estas diferencias permiten seleccionar la mezcla adecuada según las propiedades deseadas del producto final.

4.3.5 Análisis sensorial descriptivo de tlayudas

La caracterización sensorial de alimentos tradicionales como TT es esencial para comprender los atributos que determinan su aceptación. El análisis sensorial permitió identificar 13 atributos o descriptores sensoriales con ayuda del panel sensorial con la finalidad de realizar una caracterización de la TT. Estos atributos se agruparon en cuatro categorías: aroma, gusto y sensaciones en boca, apariencia visual y textura. En la dimensión aromática, se destacó el aroma a maíz como descriptor principal. Respecto al gusto y sensaciones en boca, se identificaron cuatro atributos: sabor a maíz, sabor residual de maíz, sabor a cal y grumosidad en boca, los cuales son determinantes en la percepción tradicional del producto. En la categoría visual, los descriptores fueron rugosidad a la vista, color marfil, grosor y presencia de doble capa, características que influyen en la aceptación del consumidor. Finalmente, las propiedades de textura incluyeron correosidad, flexibilidad, crocancia y rugosidad al tacto, atributos que definen la experiencia sensorial durante el consumo.

El análisis de varianza aplicado a los atributos sensoriales de la tlayuda permitió evaluar el desempeño del panel, considerando dos factores Repetición y la interacción Tratamiento*Panelista ($p \leq 0.05$). En el Cuadro 21 se muestran los resultados, la columna de Repetición no presentó diferencia significativa ($p > 0.05$), lo que asegura la consistencia en las mediciones; sin embargo, la interacción Tratamiento*Panelista, si presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$), evidenciando la variabilidad en la percepción de los panelistas frente a los tratamientos.

Así mismo, se encontró que siete de los atributos presentan interacción cruzada significativa ($p \leq 0.05$), (sabor residual de maíz, crocancia, grumosidad en boca, correosidad, rugosidad a la vista, rugosidad al tacto y grosor) aun cuando las repeticiones fueron homogéneas.

Los atributos color marfil y sabor a cal mostraron interacción cruzada con diferencia significativa en las repeticiones, lo que podría asociarse a factores externos como condiciones de preparación o fatiga sensorial, aspectos también discutidos en estudios recientes sobre desempeño de paneles (Prachi y Maurya, 2024).

La corrección del análisis de varianza (ANOVA) mediante la eliminación de panelistas que generaban interacción cruzada significativa es una estrategia común para mejorar la confiabilidad en estudios sensoriales. En este caso, se conservaron hasta ocho jueces por atributo, reduciendo el sesgo asociado a variabilidad individual. La literatura enfatiza que el desempeño del panel sensorial es determinante para obtener perfiles robustos y reproducibles, ya que errores en la selección o desempeño de los jueces pueden comprometer la validez del análisis (Sipos et al., 2021; Tabary et al., 2021).

Cuadro 21. Significancias de las fuentes de variación y su interacción obtenido del ANOVA de los atributos evaluados a las tortillas tlayudas con el panel sensorial (n=10).

Atributo	Tratamiento (g.l.=6)		Panelista (g.l.=9)		Repetición (g.l.=2)		Tratamiento*Panelista (g.l.=54)	
	F	Valor p	F	Valor p	F	Valor p	F	Valor p
Aroma a maíz	141.35	2.01e-10	1.96	0.049	1.56	0.21	1.19	0.207
Sabor a maíz	84.67	4.062e-09	6.45	1.622e-07	1.65	0.19	1.19	0.206
Sabor residual maíz	29.93	1.51e-06	52.56	<2.2e-16	0.76	0.46	4.42	3.38e-12
Sabor cal	7.60	0.001	106.8	<2.2e-16	3.95	0.02	4.2	1.77e-11
Crocancia	12.01	0.0001	16.88	<2.2e-16	0.07	0.92	1.52	0.027
Grumosidad en boca	1.92	0.15	12.69	3.32e-14	2.07	0.12	1.58	0.018
Correosidad	84.38	4.14e-09	9.55	5.22e-11	0.83	0.43	2.95	3.37e-07
Flexibilidad	2501.47	<2e-16	1.75	0.083	2.55	0.08	0.86	0.72
Rugosidad a vista	26.38	3.02e-06	23.56	<2.2e-16	1.15	0.31	2.08	0.0004
Rugosidad al tacto	6.75	0.002	20.68	<2.2e-16	0.49	0.60	2.22	0.0001
Grosor	6.9	0.002	10.88	2.08e-12	1.46	0.23	2.61	5.28e-06
Color marfil	11.26	0.0002	1.30	0.24	3.86	0.02	1.92	0.001
Doble capa	489.81	1.25e-13	1.55	0.13	0.78	0.45	1.14	0.26

En el Cuadro 22 se muestran los resultados del análisis de varianza corregido tras eliminar dos panelistas por atributo que presentaba interacción cruzada. Este ajuste expresó que atributos como crocancia y rugosidad a la vista no mostraron interacción cruzada, lo que indica mayor consistencia en la percepción de estos parámetros. La eliminación de datos atípicos o fuentes de interacción no deseada coincide con las recomendaciones metodológicas para asegurar la validez estadística en estudios sensoriales, donde la interacción producto-juez puede afectar la interpretación de efectos principales (EyeQuestion, 2023).

Cuadro 22. Significancias de variación y su interacción obtenido del ANOVA de los atributos evaluados a las tortillas tlayudas con eliminación de panelistas.

Atributo	Tratamiento (g.l.=6)		Panelista (g.l.=9)		Repetición (g.l.=2)		Tratamiento* Panelista (g.l.=54)	
	F	Valor p	F	Valor p	F	Valor p	F	Valor p
Sabor residual maíz	13.20	0.0001	61.48	<2.2e-16	1.85	0.16	3.98	9.37e-09
Sabor cal	10.36	0.0003	118.22	<2.2e-16	2.10	0.12	2.61	5.14e-05
Crocancia	8.81	0.0007	17.68	<2.2e-16	0.07	0.92	1.25	0.16
Grumosidad en boca	1.23	0.35	15.81	9.72e-14	3.02	0.05	1.28	0.15
Correosidad	72.01	1.04e-08	12.32	3.19e-11	1.18	0.30	2.74	2.22e-05
Rugosidad a vista	29.03	1.78e-06	22.61	<2.2e-16	0.96	0.38	1.34	0.11
Rugosidad al tacto	4.63	0.01	21.06	<2.2e-16	0.00	0.99	1.96	0.003
Grosor	4.92	0.009	12.93	1.10e-11	0.81	0.44	2.26	0.0005
Color marfil	11.1	0.0002	1.68	0.12	6.46	0.002	1.20	0.22

Los resultados mostraron que los panelistas tuvieron un buen desempeño en siete atributos evidenciado por la reproducibilidad del panel y la ausencia de interacción cruzada significativa ($p \leq 0.05$). Entre los atributos, seis descriptores (aroma a maíz, sabor a maíz, flexibilidad, doble capa, crocancia, rugosidad a la vista) fueron determinantes para diferenciar a la tortilla tlayuda, ya que presentaron diferencia estadística significativa entre tratamientos ($p \leq 0.05$). Estos atributos fueron relevantes para ayudar a caracterizar la tipicidad de la

tortilla tlayuda a través de métodos sensoriales; este proceso coincide con autores que destacan la importancia de definir atributos específicos en la caracterización de alimentos tradicionales (Yang y Lee, 2019).

Por otro lado, el color marfil no presentó interacción cruzada y fue significativo en el tratamiento ($p \leq 0.05$), pero mostró inconsistencias en las repeticiones. Este comportamiento puede relacionarse con la variabilidad en la percepción visual, especialmente cuando se emplea maíz blanco, el color puede ser ligeramente más tostado, lo que sugiere que este atributo, aunque relevante, requiere mayor control o considerar un intervalo amplio y despreciar cambios mínimos en la intensidad de tostado.

Los atributos sensoriales son determinantes en la diferenciación entre tortillas tradicionales recién elaboradas y las empacadas. Vázquez-Carrillo et al. (2011) reportaron diferencias estadísticamente significativas en siete atributos sensoriales evaluados por un panel entrenado: aroma a ácido acético, aroma a nixtamal caliente, aroma a nixtamal frío, enrollamiento, grumosidad, astringencia y sequedad. Estos atributos se asocian principalmente al mayor contenido de humedad en las tortillas recién elaboradas, lo que influye en su textura y percepción en boca.

En relación con la grumosidad, este atributo no mostró interacción cruzada entre tratamientos, aunque tampoco permite diferenciar la tortilla tlayuda. Por el contrario, descriptores como sabor residual de maíz, sabor a cal, correosidad y rugosidad al tacto sí contribuyen a distinguir los tratamientos, aunque presentan interacción cruzada. Esto sugiere que la textura y la sensación táctil son factores clave en la caracterización de la tlayuda frente a otras tortillas.

En el Cuadro 23 se evidencia que atributos como flexibilidad y doble capa son los más relevantes para diferenciar la tlayuda. En la tlayuda control (tortilla elaborada con 100 % maíz Bolita) mostró la mayor flexibilidad ($p \leq 0.05$), y fue significativamente superior al tratamiento B70:H30 que incorporó maíz híbrido.

Esta reducción en flexibilidad indica menor humedad y una textura más seca, lo que confirma la influencia del tipo de maíz en la calidad sensorial del producto.

Estudios recientes refuerzan esta relación entre nixtamalización, textura y aceptación sensorial. Hassan et al. (2023) destacan que las propiedades fisicoquímicas y funcionales derivadas del proceso de nixtamalización impactan directamente en atributos como elasticidad y dureza, determinantes para la percepción del consumidor.

Cuadro 23. Perfil descriptivo de tortilla tlayuda y Comparación de medias de las intensidades de sus atributos sensoriales.

Atributo	B70:O30	B70:Z30	B70:H30	B50:O50	B50:Z50	B50:H50	B100
Aroma a maíz	7.35 ± 0.27 d	7.58 ± 0.22 c	7.07 ± 0.30 e	7.16 ± 0.30 e	8.13 ± 0.27 b	8.76 ± 0.32 a	7.19 ± 0.35 de
Sabor de maíz	7.30 ± 0.98 c	8.30 ± 0.66 a	7.75 ± 1.09 b	5.27 ± 0.58 d	7.84 ± 0.74 b	7.79 ± 0.80 b	8.28 ± 0.64 a
Crocancia	9.86 ± 0.98 a	9.85 ± 1.15 a	9.82 ± 1.16 a	8.91 ± 1.06 b	9.79 ± 0.85 a	9.76 ± 1.11 a	8.90 ± 0.90 b
Flexibilidad	3.24 ± 0.36 c	2.26 ± 0.15 d	1.21 ± 0.15 f	4.08 ± 0.17 b	1.96 ± 0.16 e	1.84 ± 0.16 e	11.08 ± 0.30 a
Rugosidad a la vista	4.95 ± 1.35 c	5.43 ± 0.71 b	5.56 ± 1.01 b	6.13 ± 0.98 a	6.31 ± 0.82 a	4.66 ± 1.37 c	4.98 ± 0.98 c
Doble capa	3.61 ± 0.46 c	3.81 ± 0.24 b	1.62 ± 0.12 f	4.38 ± 0.14 a	2.44 ± 0.15 e	4.5 ± 0.19 a	3.45 ± 0.12 d

abcdef= Letras diferentes en cada fila, difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

En el parámetro de formación de doble capa, el análisis muestra que la tlayuda control hecha de 100 % Bolita tuvo un valor promedio cercano a los valores exhibidos por los tratamientos B70:030 y B70:Z30 pero existió diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) respecto al control y entre ellos. Los valores más altos de este parámetro se observan en el cuadro para B50:O50 y B50:H50, tratamientos donde se utilizó menor proporción de maíz Bolita. Esta característica es indeseable en la tortilla tlayuda ya que representa menos firmeza, de menor grosor y mayor resequedad en las tortillas a intemperie; Tales condiciones

dificultan su uso en la elaboración del platillo típico pues los ingredientes tienden a ablandar y romper la tortilla antes de la cocción. Por el contrario, los tratamientos B70:H30 y B50:Z50 mostraron menor formación de doble capa, asociándolo a la resistencia estructural.

Estos hallazgos confirman que la proporción de maíz Bolita y el tipo de híbrido influyen en atributos críticos como flexibilidad y doble capa, los cuales determinan la funcionalidad culinaria y la aceptación sensorial del producto. Estudios recientes (Hassan et al., 2023) refuerzan que la nixtamalización y la composición del grano impactan directamente en la elasticidad y dureza, atributos esenciales para la percepción del consumidor.

El análisis sensorial evidenció diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el atributo aroma a maíz entre los tratamientos B50:H50, B50:Z50 y B70:Z30, los cuales presentaron valores superiores respecto al control, que se mantuvo estadísticamente similar a los demás tratamientos ($p > 0.05$). Este resultado es relevante porque el aroma constituye uno de los principales factores de aceptación del consumidor, al estar asociado con compuestos volátiles que generan la primera impresión sensorial (Czerny et al., 2008). Una mayor intensidad aromática suele correlacionarse con la percepción de frescura y autenticidad, lo que incrementa la preferencia por el producto.

En cuanto al sabor a maíz, el tratamiento control B100 y B70:Z30 mostraron los valores más altos ($p \leq 0.05$), mientras que las tortillas elaboradas con maíz Olotillo en distintas proporciones presentaron menor intensidad ($p \leq 0.05$). El sabor es determinado por la interacción de compuestos solubles y volátiles, diferencias en este atributo pueden explicarse por la composición química del grano y el tipo de procesamiento al que es sometido.

Respecto al atributo crocancia, se formaron dos grupos donde los de menor crocancia fueron el 100 % Bolita y B50:O50, mismos que tienen mayor flexibilidad; Este comportamiento se correlaciona con el contenido de humedad de la tlayuda que al calentarse retrasa el secado y reduce la rigidez de la tlayuda;

en consecuencia, las tlayudas con mayor flexibilidad exhiben menor crocancia al calentarse, lo que coincide con los principios de análisis sobre textura.

Los tratamientos de tlayuda evaluados presentaron valores de rugosidad superiores al valor del tratamiento control (B100) y formaron tres grupos diferenciados; los tratamientos similares estadísticamente ($p > 0.05$) B70:O30, B50:H50, aquellos que exhibieron a la vista una rugosidad mayor a B100 ($p \leq 0.05$) y aquellos que mostraron la mayor rugosidad B50:O50 y B50:Z50. Este comportamiento sugiere que la mezcla de maíces al elaborar tlayudas, no afectó de manera uniforme la textura.

De la Cruz et al. (2025) reportaron que las tlayudas enriquecidas con extractos de *Ganoderma lucidum* alcanzaron niveles de agrado superiores (94 %) frente a las tlayudas control (84 %), sin diferencias significativas en la prueba hedónica de nueve puntos para la mayoría de los atributos, excepto el color., lo que indica que la adición de extractos contribuye positivamente a la calidad sensorial.

El análisis de componentes principales aplicado a los atributos sensoriales de las tortillas tlayudas permitió identificar los factores que explican la mayor parte de la variabilidad percibida por el panel entrenado. Los resultados muestran que los dos primeros componentes concentran el 65.89 % de la varianza total (Figura 12). Este nivel de explicación permite obtener una visión clara de cómo los atributos se agrupan y contribuyen a la diferenciación entre tratamientos elaborados con mezclas de maíces nativos e híbridos.

Salinas-Moreno et al. (2024) identificaron descriptores que diferencian a la tortilla tradicional hecha de maíz Bolita son el color, presencia de zona oscura, aspereza y masa de maíz.

En segundo término, aparecen atributos de carácter sensorial intrínseco como el aroma (0.595 en CP1, 0.417 en CP2) y el sabor a maíz (0.571 en CP1, 0.421 en CP2), que aunque contribuyen en menor medida, refuerzan la identidad organoléptica del producto.

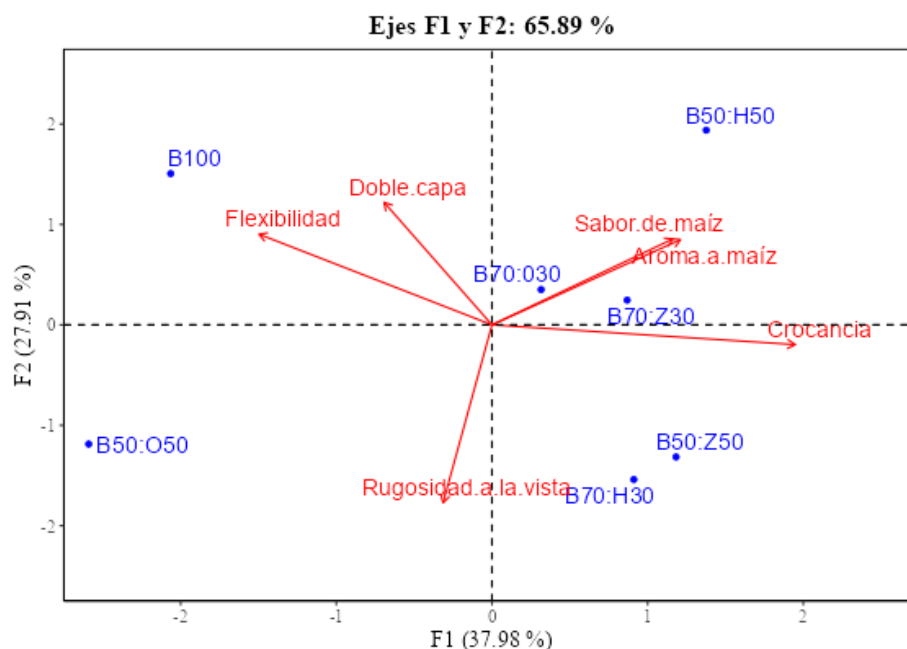


Figura 12. Análisis de componentes principales de atributos sensoriales evaluados en tortillas tlayudas.

Es importante destacar que la ubicación de estos atributos en el espacio factorial sugiere relaciones sensoriales de relevancia tecnológica y de aceptación del consumidor. Por ejemplo, un alto valor en crocancia podría ser apreciado en consumidores que buscan una textura firme y característica, mientras que la flexibilidad puede ser deseable en contextos de preparación donde la tortilla necesita doblarse sin romperse. De igual forma, una apariencia rugosa puede ser interpretada como artesanal o tradicional, mientras que la doble capa puede asociarse a defectos o falta de homogeneidad.

El primer componente (CP1) explicó el 37.98 % de la variabilidad y estuvo asociado principalmente con los atributos crocancia y flexibilidad (Cuadro 24). Esto sugiere que existe una oposición sensorial entre ambas características: a medida que la crocancia aumenta, la flexibilidad tiende a disminuir, lo cual es coherente con el comportamiento físico esperado en las tortillas tlayudas. Una tortilla muy crujiente suele ser menos flexible, mientras que aquellas con mayor elasticidad tienden a perder crocancia. Este hallazgo indica que CP1 refleja un eje de variación relacionado con la textura mecánica, donde los consumidores

podrían percibir una diferencia importante en la experiencia de consumo dependiendo de qué atributo predomine.

Cuadro 24. Cargas de correlación de las variables sensoriales evaluadas en tortillas tlayudas a partir de mezclas de maíces criollos e híbridos.

Atributo	CP1	CP2
Aroma a maíz	0.595	0.417
Sabor de maíz	0.571	0.421
Crocancia	0.958	-0.097
Flexibilidad	-0.735	0.444
Rugosidad a la vista	-0.154	-0.871
Doble capa	-0.341	0.6

CP1: Componente principal 1; CP2: Componente principal 2.

Por su parte, el segundo componente (CP2) explicó el 27.91 % de la variabilidad y estuvo determinado principalmente por rugosidad a la vista y doble capa. Este eje puede interpretarse como un componente visual-estructural, pues ambos descriptores aluden a la apariencia física de la tortilla. El signo opuesto de las cargas indica que las muestras con mayor rugosidad superficial tienden a presentar menor grado de doble capa, y viceversa. Esta diferenciación puede estar asociada a las técnicas de nixtamalización o al tipo de maíz empleado, que influyen tanto en la consistencia de la masa como en la uniformidad de la superficie final.

Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que las razas nativas de maíz (Bolita, Olotillo y Zapalote chico) y el híbrido Halcón presentan diferencias significativas en sus propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales que influyen directamente en la elaboración de tortillas tlayudas. El maíz Bolita destacó por aportar flexibilidad, luminosidad y buena estructura en la masa, lo que lo posiciona como la base tradicional de este alimento. El Olotillo mostró ventajas en rendimiento y contenido proteico, aunque con mayor dureza debido a un bajo

índice de flotación, mientras que el Zapalote chico contribuyó a una mayor crocancia, pero con menor flexibilidad y densidad del grano. El maíz Halcón, por otro lado, se comportó como una alternativa viable para sustituir parcialmente al Bolita, ya que mantuvo texturas similares y un buen rendimiento a bajo costo.

En el análisis sensorial, los atributos aroma a maíz, sabor a maíz, flexibilidad, crocancia, rugosidad a la vista y doble capa fueron determinantes para diferenciar los tratamientos y definir la tipicidad de la tortilla tlayuda. El análisis por componentes principales confirmó que la oposición entre crocancia y flexibilidad constituye el eje principal de variación, mientras que la rugosidad y la doble capa definen un componente visual-estructural.

En general, la combinación de maíces nativos con proporciones controladas de híbrido puede mejorar las características físicas y texturales sin perder la identidad sensorial de la tlayuda. Estos hallazgos permiten fundamentar el uso estratégico de diferentes razas de maíz para optimizar tanto el rendimiento como la aceptación sensorial, contribuyendo a la valorización y preservación de un producto tradicional oaxaqueño de gran importancia cultural y económica.

4.4 Referencias consultadas

- Arámbula Villa, G., Barrón Ávila, L., González Hernández, J., Moreno Martínez, E., & Luna Bárcenas, G. (2001). Efecto del tiempo de cocimiento 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. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, 51(2), 187-194.
- AstorgaGaxiola, A. H., Mora-Rochín, S., Sandoval-Sicairos, E. S., & Reyes-Moreno, C. (2023). Tortillas. En *Cereal-Based Food Products* (pp. 127–145). Springer.
- Cabrera Toledo, J.M., Carballo Carballo, A., Mejía Contreras, A., García de los Santos, G., Vaquera Huerta, H. & Cabrera González, M. (2019). Valoración de granos de maíces criollos sobresalientes de la raza zapalote chico. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(1):1-17.
- Carrillo Cruz, L. A., Bermúdez Rodríguez, S., Muñoz Durán, J. P. & Guzmán Puga, K. A. (2024). Efecto de cinco factores en el rendimiento y color

de tortillas tostadas durante su elaboración. *Revista Brasileira de Educação do Campo*, 9:1-19. 9e19483

- Capistrán-Velázquez, E., Taboada-Gaytán, E., Martínez-Bustos, F., & Castaño-Tostado, E. (2023). Effect of Maize Starch Substitution on Physicochemical and Sensory Attributes of Gluten-Free Cookies Produced from Nixtamalized Corn Flour. *Applied Sciences*, 13(7), 4165.
- Carrillo García, A.Z. (2024). Simplifying Sensory Data: A Practical Guide to QDA Using an R Shiny app. RPubS
- Chakraborty, I., Pooja, N., Mal, S. S., Paul, U. C., Rahman, M. H., & Mazumder, N. (2022). An insight into the gelatinization properties influencing the modified starches used in food industry: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 15, 1195–1223.
- Cruz Moreno, A. (2013). Mezclas de maíces azules para lograr una formulación de tortilla azul nutraceutica. Tesis licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo.
- Czerny, M., Cristibahuer, M., Cristibahuer, M. & Fischer, A. (2008). Re-investigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language. *European Food Research and Technology*, 228, 265–273.
- De la Cruz, J, Martínez Carrera, D, Meneses, ME, Aliphat, M, Sánchez, M, Bonilla, M, Castillo, I, Petlalcalco, B, Sánchez Tapia, M, Coutiño Hernández, D, Morales, A, Fernández, N, Martínez, W, Torres, N & Tovar, AR. (2025). Consumption of Tlayudas (Tortillas) ContainDng Standardized Extracts from Mexican Medicinal Mushroom *Ganoderma lucidum* (Agaricomycetes) Increases the Expression of Antioxidant Genes in C57BL/6 Mice Fed a High-Cholesterol Diet. *Int J Med Mushrooms*, 27(11):37-49.
- EyeQuestion. (2023). ANOVA with multiple comparison tests. Retrieved from <https://support.eyequestion.nl/portal/en/kb/articles/anova-with-multiple-comparison-tests>
- Félix-Sámano, A. L., Félix-Medina, J. V., Montes-Ávila, J., García-Cano, I., Quintero-Soto, M. F., Perales-Sánchez, J. X. K., & Gutiérrez-Dorado, R. (2025). Nutritional, antioxidant, and phytochemical changes during the production of tortillas using quality protein maize and an alkaline extrusion thermomechanical process. *Plant Foods for Human Nutrition*, 80, Article 183
- García, K. (2020). El poder de la tlayuda. *El poder del consumidor*. Disponible en: <https://elpoderdelconsumidor.org/2020/07/el-poder-de-la-tlayuda/#:~:text=La%20tlayuda%20representa%20un%20alimento,en%20fibra%2C%20vitaminas%20y%20minerales.>

- Gómez Galvarrieto, A. (2022). The industrialization of nixtamal and tortilla production in Mexico. *Revista del Instituto Riva-Agüero*, 7(1). <https://doi.org/10.18800/revistaira.202201.006>
- González Amaro, R. M. (2016). Usos locales y preferencias de consumo como factores de la diversidad del maíz nativo de Oaxaca. Tesis doctoral, ECOSUR.
- Gutiérrez Llanos, M., Alemán de la Torre, I., Salinas Moreno, Y., Santillán Fernández, A., Ramírez Díaz, J. L., & Ledesma Miramontes, A. (2023). Color and nutraceutical characteristics of native maize (*Zea mays* L.) Tortillas prepared with different doses of alkali and refrigerated. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 46(2), 115–126. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.115>
- Hassan, S. M., Forsido, S. F., Tola, Y. B., Bikila, A. M., & Ahmed, Z. (2023). Effect of nixtamalization on the nutritional, anti-nutritional, functional, physicochemical and mineral properties of maize (*Zea mays*) tortillas. *Journal of Food Chemistry & Nanotechnology*, 9(3), 132-140.
- Hernández Montes, A. (2007). Evaluación sensorial de productos agroalimentarios. Universidad Autónoma Chapingo: Chapingo, México.
- Jauregui Garcia, C. Z. (2024). Perfil físico-químico, sensorial y espectroscópico de vino tinto mexicano, valoración económica y conceptualización [Doctorado]. Universidad Autónoma Chapingo.
- López-Cervantes, N. A., Castañeda-Pérez, E., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., Arámbula-Villa, G., & Martínez-Flores, H. E. (2024). Physicochemical characteristics of starch extracted from diverse blue maize genotypes. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 47(2).
- Maimone Celorio, J. A., Regalado López, J., Gallego Moreno, F. J., Pérez Ramírez, N., & Méndez Espinoza, J. A. (2024). Comparative analysis of four corn (*Zea mays* L.) varieties, transformed from grain corn into tortilla. *Agro Productividad*, 17(12):3-13. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i12.3174>
- Morales Ramírez, S. & Tapia García, D. (2021). Tortillas: una fuente benéfica de calcio para enfermedades cardiovasculares en México. *RD ICUAP*, (19), 47-63.
- NMX-FF-034/1-SCFI-2020. Productos alimenticios para uso humano no industrializados-cereales-maíz-parte 1: granos para tortillas y productos nixtamalizados-especificaciones y métodos de prueba
- Méndez-Montealvo, G., Sánchez-Rivera, M. M., Flores-Ortega, O., & Wang, Y. J. (2022). Starch in Nixtamalized Corn Products: A Review. *Foods*, 11(16), 2498.

- Palacios Rojas, N. (2018). Calidad nutricional e industrial de Maíz: Laboratorio de Calidad Nutricional de Maíz "Evangeline Villegas" CDMX, México: CIMMYT. P:37-40.
- Palacios-Pola, G., Perales, H., Estrada Lugo, E. I., & Figueroa-Cárdenas, J. D. D. (2022). Nixtamal techniques for different maize races prepared as tortillas and tostadas by women of Chiapas, Mexico. *Journal of Ethnic Foods*, 9(1), 2.
- Prachi & Maurya, N. K. (2024). Selection and performance of sensory panelists: A comprehensive review of factors influencing sensory evaluation outcomes. *Journal of Nutrition and Food Processing*, 7(15)
- Preciado Iñiga, G., Marínez Carrera, D., Meneses, M.E., Sánchez, M., Argumedo, A., Bonilla, M., Castillo, I., Petlacalco, B., Morales, A., Sánchez Tapia, M., Coutiño Hernández, D., Torres, N., Tovar, A.R. & Leal Lara, H. (2025). Characterisation and Hypolipidaemic Effects of Tlayudas, Widely Consumed Tortillas, Containing Ganoderma lucidum Extracts on an In Vivo Model of Hypercholesterolaemia. *International Journal Of Food Science*, 8096060, 1-17. <https://doi.org/10.1155/ijfo/8096060>
- Ramírez Jaspeado, A., García de los S., G., Carballo Carballo, A., Castillo González, F., Antonio Serratos, J. & Cadena Iñiguez, J. (2013). Caracterización morfológica de una muestra etnográfica de maíz (*Zea mays* L.) raza bolita de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(6):895-907, México. Doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i6.1157>.
- Ramírez Vega, H., Vázquez Carrillo, G., Muñoz Rosales, G.M., Martínez Loperana, R., Heredia Nava, D., Martínez Sifuentes, J.A., Anaya Esparza, L.M & Gómez Rodríguez, V.M. (2022). Características Físicas y Químicas del Maíz Nativo de los Altos de Jalisco y su Influencia en el Proceso de Nixtamalización. *Agricultura* 12,9:1293. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091293>
- Rehab, M. Ibrahim, Mahmoud I. El-Sayed, y Faten F. Abdel-salam. (2025). Evaluation of The Quality Characteristics of Tortilla Chips Fortified With Defatted Corn Germ Flour. *Food Technology Research Journal*, 7(2), 102-118. <https://doi.org/10.21608/ftjrj.2025.362542.1147>
- SADER. (2020). Los sabores de México presentes en una Tlayuda. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/los-sabores-de-mexico-presentes-en-una-tlayuda>
- Sainz Trapaga, R.M, Ortega Leal, S., Álvarez-Ramírez, M.M. & Rosas Nexticapa, M. (2022). Aditivos químicos añadidos a la tortilla y tostada de maíz y su regulación en la legislación mexicana. *Estudios sociales*.

Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional, 32(60).
<https://doi.org/10.24836/es.v32i60.1215>

- Salinas-Moreno Y. y M.G. Vázquez-Carrillo. (2006). Metodologías de análisis de calidad nixtamalera-tortillera en maíz. INIFAP. Campo Experimental Valle de México, Chapingo, México. Folleto Técnico No. 24. 91 p
- Salinas-Moreno, Y., Aragón Cuevas, F., Ybarra Moncada, C., Aguilar Villarreal, J., Altunar López, B., & Sosa Montes, E. (2013). Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista fitotecnica mexicana*, 36(1),23-31.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000100003&lng=es&tlng=es.
- Salinas-Moreno, Y., Hernández Martínez, V., Trejo Téllez, L.I., Ramírez Díaz, J.L. & Iñiguez Gómez, O. (2017). Composición nutricional y de compuestos bioactivos en tortillas de poblaciones nativas de maíz con grano azul/morado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7):1483-1496
- Salinas-Moreno, Y., Ramírez Díaz, J.L, Alemán de la Torre, I., Bautista Ramírez, E. & Ledesma Miramontes, A. (2021). Evaluación de dos procedimientos de medición de color en granos de maíces pigmentados. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12:1297-1303.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2276>
- Salinas-Moreno, Y., Gálvez Mariscal, A., Severiano Pérez, P., Vázquez Carrillo, G. & Trejo Téllez, L.L. (2024). Flavor and TASTE attributes and nutritional insights of maize tortillas from landraces of Mexican races. *Heliyon*, 10. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28314>
- Severiano Pérez, P., Gómez Andrade, D.M., Méndez Gallardo, I., Pedrero Fuehrer, D.L., Ríos Díaz, S.T., Escamilla Loeza, A. & Utrera Andrade, D. (2017). Manual de Evaluación sensorial.
- Seung, D. (2020). Amylose in starch: Towards an understanding of biosynthesis, structure and function. *New Phytologist*, 228(4), 1490–1504.
- Sipos, L., Nyitrai, Á., Hitka, G., Friedrich, L. F., & Kókai, Z. (2021). Sensory panel performance evaluation—Comprehensive review of practical approaches. *Applied Sciences*, 11(24), 11977.
- Tabary, C., Miège, M., Brémaud, D., Carvalho, L., & Vincenzi, F. (2021). A tool to help the panel leader to best monitor a sensory panel performance. *Journal of Sensory Studies*, 36(1). <https://doi.org/10.1111/joss.12613>

- Vasconcelos Ramírez., A., Tapia Guerrero, L.A. & López Cruz, L.C. (2020). Transferencia de saberes tradicionales alimentarios. El caso de las productoras de tlayudas en Tlalixtac de Cabrera, Oaxaca (México). *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55):2395-9169. <http://dx.doi.org/10.24836/es.v30i55.866>
- Vázquez Carrillo, M.G., Guzmán Báez, L., Andrés García, J.L., Márquez Sánchez, F. & Castillo Merino, J. (2003). Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(4): 231-238.
- Vázquez Carrillo, M.G., Toledo Aguilar, R., Aragón Cuevas, F., Salinas Moreno, Y., Palacios Rojas, N. & Santiago Ramos, D. (2023). From maize to tlayuda, a traditional big-flat leathery tortilla. Effect of two nixtamalization processes on some physicochemical and nutraceutical properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31:1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100661>
- Yang, J. & Lee, J. (2019). Application of sensory descriptive analysis and consumer studies to investigate traditional and authentic foods: A review. *Foods*, 8(2), 54.
- Zhang, B., Li, X., Zhang, T., & Wang, L. (2024). Starch retrogradation in starch-based foods: Mechanisms, influencing factors, and mitigation strategies. *Food Chemistry*, 447, 138981.

5. CONCLUSIONES GENERALES

El presente estudio permitió comprender la relevancia de la tortilla tlayuda como alimento identitario de Oaxaca, abordándola desde su sistema de producción, su valor simbólico y sus características fisicoquímicas, texturales y sensoriales. Los resultados obtenidos muestran que la tlayuda no solo es un producto alimenticio, sino un patrimonio cultural que encierra la tradición, la economía y la identidad de las comunidades de los Valles Centrales.

El análisis del sistema de producción reveló que este proceso sigue siendo mayoritariamente artesanal, con una fuerte participación de las mujeres que actúan como protectoras del conocimiento tradicional y transmisoras de saber culinario. La cadena productiva se integra por productores locales de maíz nativo, abastecedores de híbridos y comerciantes, configurando una estructura socioeconómico donde la tlayuda se mantiene vigente en mercados locales, regionales e incluso nacionales e internacionales. Su carácter tradicional fortalece la economía familiar y refuerza prácticas de autoconsumo, aunque enfrenta retos relacionados con la disponibilidad del maíz Bolita y los costos asociados.

En cuanto al valor simbólico, se constató que la tlayuda además de ser un alimento representa un símbolo cultural y emocional. Los consumidores la asocian con placer, tradición, añoranza y herencia culinaria, lo que explica su gran aceptación en todo tipo de consumidores. Hombres y mujeres le dan significados diferenciados: mientras ellas resaltan las evocaciones afectivas, ellos la vinculan más con la tradición y la identidad cultural. Además, un mayor grado de conocimiento sobre la tlayuda incrementa la disposición de los consumidores a pagar por una tortilla genuina elaborada con maíz nativo, lo cual refuerza la importancia de conservar estos maíces.

Desde el punto de vista fisicoquímico, textural y sensorial, se comprobó que las razas de maíz nativo (Bolita, Olotillo y Zapalote chico) y el híbrido Halcón aportan características diferenciadas que influyen directamente en la calidad de la tlayuda. El maíz Bolita se reafirmó como la base tradicional por su flexibilidad y estructura; el Olotillo mostró ventajas en rendimiento y proteínas; el Zapalote chico aportó crocancia, aunque con menor flexibilidad; y el Halcón se vislumbró como alternativa viable de sustitución parcial, manteniendo texturas similares a bajo costo. El análisis sensorial identificó atributos clave como aroma, sabor a maíz, crocancia, flexibilidad, rugosidad y doble capa que pueden definir la tipicidad del producto. La interacción entre crocancia y flexibilidad se consolidó como el principal eje de variación perceptual, mientras que la rugosidad y la doble capa establecieron un componente visual-estructural asociado a su carácter artesanal.

En conjunto, los resultados recalcan que la tlayuda es un producto cuya valorización radica en el equilibrio entre tradición e innovación. Por un lado, la incorporación de híbridos puede optimizar rendimiento y costos; por otro, la conservación de maíces nativos es indispensable para preservar la autenticidad sensorial y cultural de este alimento. Así, la tlayuda es un ejemplo de cómo un producto local puede mantener lo tradicional y al mismo tiempo adaptarse a nuevos escenarios de consumo y producción.

Finalmente, este trabajo contribuye a la documentación de un alimento tradicional, aportando bases para su promoción, conservación y revalorización en contextos gastronómicos, culturales y de desarrollo regional. La tlayuda, más que una simple tortilla, representa un legado cultural y económico de gran trascendencia, cuya permanencia depende del esfuerzo común entre productores, consumidores, académicos y autoridades para resguardar su autenticidad y proyectarla hacia el futuro.