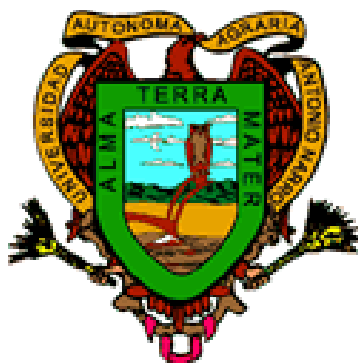


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



TESIS

**“COMPARACIÓN DE CUALIDADES NUTRICIONALES DE ONCE
VARIETADES DE MAÍZ”**

POR:

LUZ FUENTES LÓPEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para obtener del título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

“COMPARACIÓN DE CUALIDADES NUTRICIONALES DE ONCE
VARIETADES DE MAÍZ”

TESIS

Presentada por:

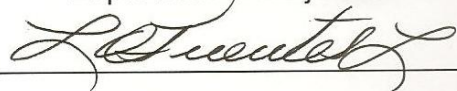
LUZ FUENTES LÓPEZ

Que se somete a consideración del H. jurado Examinador como Requisito
Parcial para obtener del título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobado por:

El presidente del jurado

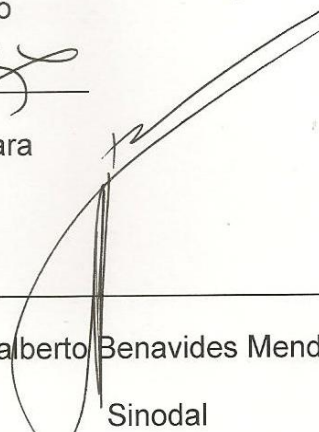


Lic. Laura O. Fuentes Lara



Dr. Froylán Rincón Sánchez

Sinodal



Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Sinodal



Dr. Ramiro López Trujillo

Coordinador de la División de Ciencia Animal

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la oportunidad de culminar una meta más en mi vida. Por darme la vida y la fortaleza para alcanzar mis objetivos.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por ser mi casa de estudios y formarme en lo profesional como en lo personal.

A la **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara** por su apoyo, tiempo y esfuerzo que dedico para que este proyecto se llevara a cabo, por su paciencia y la amistad que me brindo. Por ser una gran persona, gracias.

Dr. Adalberto Benavides Mendoza por el tiempo y la colaboración en este trabajo de investigación.

Al **Dr. Froylán Rincón Sánchez** por su colaboración y sugerencias para la culminación de este proyecto.

Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo** por su apoyo y paciencia en la realización del trabajo de laboratorio (análisis químico) y por dedicarme su valioso tiempo.

A **todos mis Maestros de la carrera** por compartir sus conocimientos y enseñanzas que nos servirán en nuestra vida profesional.

A **mis amigos y compañeros** de la Universidad Norma Butrón, Blanca Estela Hernández, Brenda Vázquez, Germán Cuapio, Beatriz del Carmen, María Elena Choca, Laura Ramos, Florencio Rodríguez, Jesús inocente, Eliel Arce. Por brindarme su amistad y por compartir conmigo momentos importantes de alegrías y tristezas durante mi estancia en la universidad. Gracias por su cariño.

A Lauro Enrique y David Xool por ayudarme en la elaboración de las tortillas.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Gloria López González y Ramiro Fuentes Gálvez

A ti Mami porque has sido un ejemplo para mí, ya que me has dado la fuerza para superarme y lograr mis objetivos. Por tu amor y apoyo. Eres una gran mujer te quiero mucho.

Padre a ti porque has confiado en mí, por tus consejos y apoyo constante durante la realización de mis estudios.

A mis hermanas y hermanos:

Martha Briones López

Vicente Briones López

Eddy Briones López

Dionisio Pérez López

Eldisa Fuentes López

Yarit Adaneli Fuentes López

Elen Dolores Fuentes López

Ramiro Fuentes López

Jessica Yazmin Fuentes López

A ustedes por ser los mejores amigos. Gracias por el cariño y por aquellos consejos que parecían más un regaño, pero sin embargo me han formado en una persona de bien.

También quiero agradecerles por los momentos difíciles que hemos compartido, las alegrías y los esfuerzos que han hecho para brindarme su apoyo

incondicional. A ti Vicente por motivarme y porque siempre has estado ahí. Los quiero.

A mis cuñados: **Miguel Reyes Hidalgo, Lorenzo Moisés Pérez y Alejandro Ríos** por su apoyo a esta causa. Son un claro ejemplo de superación que con sus consejos y apoyo me han formado en lo personal.

A mis sobrinos: **Zuleyma, Eddy Brayan, Yareni (q.e.p.d.), Marmi, Owen, Alejandro, Pablo Daniel, Yolotzi, Gloria Itzel, Cristhian, Edwin, Estefanía, Gabriel, Dafne, Regina, Yarezi, Valeria y Miguelito**. Por su cariño, quiero agradecerles la alegría que me han transmitido en algunos momentos de tristeza y por los ratos agradables que hemos compartido, los quiero mucho.

A mi abuela **Eva González Velázquez** por el apoyo y cariño que me ha brindado. Pero sobre todo por sus consejos que me han hecho crecer como persona.

A **Antonio Mata Cruz** por ser mi amigo, compañero y sobre todo por el amor que me has demostrado con tu cariño y comprensión durante estos años que hemos compartido. Por la paciencia, confianza y apoyo, gracias por ser como eres y por muchas cosas más Dios te bendiga.

A mi tío **José Luis López González** por su apoyo y cariño.

A tí que tal vez leas este trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
AGRDECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades del maíz	3
2.1.1 Aspectos botánicos.....	3
2.1.2 Propagación.....	3
2.1.3 Origen y clasificación taxonómica.....	4
2.2 Descripción botánica de la semilla del maíz.....	5
2.2.1 Pericarpio	5
2.2.2 Pedicelo.....	6
2.2.3 Endospermo	6
2.2.4 Germen.....	7
2.3 Componentes químicos.....	7
2.3.1 Composición química de las partes del grano	10
2.4 Tipos de maíz.....	11
2.5 Importancia del maíz	12
2.6 Razas de maíz en México	13

2.7	Valor histórico y cultural de los maíces de color en México	14
2.8	Pigmentos	15
2.8.1	Pigmentos presentes en el maíz.....	16
2.8.2	Importancia de los pigmentos	18
2.8.3	Composición química del maíz azul	18
2.9	Valor nutritivo del maíz.....	19
2.10	Usos del maíz en México	21
2.11	Producción y consumo de maíz	21
2.11.1	Producción mundial.....	21
2.11.2	Consumo.....	22
2.11.3	Producción de maíz en México	24
2.11.3.1	Consumo de maíz en México.....	25
2.11.4	Clasificación de la calidad del grano	26
2.12	Nixtamalización del grano de maíz	27
2.12.1	Método tradicional de nixtamalización.....	28
2.12.2	Factores que influyen en el proceso de nixtamalización	29
2.12.2.1	Papel de la cal.....	29
2.12.2.2	Cambios físicos y químicos.....	30
2.13	Proceso no convencional de nixtamalización.....	31
2.14	Evolución de la tortilla	31
2.14.1	Tortillas de maíz	34
2.14.2	Calidad de la tortilla.....	35
2.14.3	Valor nutricional de la tortilla	35
	CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1	Caracterización bromatológica del grano de maíz	37
3.2	Materiales.....	38
3.3	Equipos	38

3.4	Reactivos	39
3.5	Análisis Proximal del grano de maíz	40
3.5.1	Obtención del maíz.....	42
3.5.2	Molienda de las muestras secas.....	42
3.5.3	Determinación de materia seca total (MST)	42
3.5.4	Determinación de humedad.....	43
3.5.5	Determinación de ceniza	43
3.5.6	Determinación de proteína por método de Microkjeldhal.....	44
3.5.7	Determinación de Extracto etéreo o grasa (Método Soxhlet)	44
3.5.8	Determinación de fibra cruda.....	45
3.5.9	Proceso de nixtamalización	46
3.5.9.1	Nixtamalización	46
3.5.9.2	Lavado y molienda	46
3.5.9.3	Elaboración de tortillas	47
3.5.10	Secado de las muestras frescas	48
3.5.11	Molienda de las muestras secas	48
3.5.12	Análisis Químico.....	48
3.5.13	Determinación de proteína por método de Macrokjeldhal	49
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		50
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES		65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		66
APÉNDICE.....		70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis químico proximal del maíz.....	10
Cuadro 2. Composición química proximal de las partes principales de los granos.	10
Cuadro 3. Agrupación de razas de maíz en México.....	13
Cuadro 4. Composición química del maíz azul.	19
Cuadro 5. Composición química del maíz.	20
Cuadro 6. Consumo de maíz por concepto de uso 2009/10.	23
Cuadro 7. Comparativo de tortilla vs grano de maíz.	50
Cuadro 8. Matriz de correlaciones no paramétricas para verificar la asociación entre las variables de acuerdo al coeficiente de correlación de Spearman ($p < 0.05$).....	53
Cuadro. 9 Medias de materia seca total para cada variedad de maíz en la tortilla.	55
Cuadro 10. Medias de humedad para cada variedad de maíz en la tortilla.....	56
Cuadro 11. Medias del extracto etéreo para cada variedad de maíz en la tortilla.	57
Cuadro 12. Medias de Cenizas para cada variedad de maíz en la tortilla.....	58
Cuadro 13. Medias de Fibra cruda para cada variedad de maíz en la tortilla.	58
Cuadro 14. Medias de proteína para cada variedad de maíz en la tortilla.	59
Cuadro 15. Medias de materia seca total para cada variedad de maíz en el grano.	60
Cuadro 16. Medias de humedad para cada variedad de maíz en el grano.	60
Cuadro 17. Medias de extracto etéreo para cada variedad de maíz en el grano.	61
Cuadro 18. Medias de cenizas para cada variedad de maíz en el grano.	62
Cuadro 19. Medias de fibra cruda para cada variedad de maíz en el grano.	63
Cuadro 20. Medias de proteína para cada variedad de maíz en el grano.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación científica del maíz (<i>Zea mays</i> L.).	4
Figura 2. Partes estructurales del grano de maíz.	5
Figura 3. Variedades de maíz utilizadas en el estudio.	37
Figura 4. Diagrama de flujo del análisis proximal.	41
Figura 5. Molienda de las diferentes variedades de maíz que se guardaron en frascos para su conservación.	42
Figura 6. Muestras introducidas en crisoles que se colocaron en la estufa marca J.M. Ortiz durante 24 horas.	43
Figura 7. La muestra utilizada en la determinación de materia seca total.	43
Figura 8. Digestión, destilación y titulación por microkjeldhal.	44
Figura 9. Extracción de grasa por el método Soxhlet.	45
Figura 10. Fibra cruda por medio de una digestión ácida con ácido sulfúrico 0.225 N y una digestión básica con hidróxido de sodio 0.313 N.	45
Figura 11. Cocimiento del maíz en recipientes de peltre en una estufa normal de gas. Reposo en vasos de precipitado de 500ml tapados con papel aluminio.	46
Figura 12. Lavado del nixtamal.	46
Figura 13. Molienda de maíz en molino manual.	47
Figura 14. Mezcla de agua con la muestra molida para obtener las tortillas.	47
Figura 15. Secado de tortillas de maíz azul y maíz AN-447 en una estufa marca	48
Figura 16. Molienda de tortillas de maíz mejorado población amarilla en un mortero para posterior análisis químico.	48
Figura 17. Obtención de nitrógeno del aparato Macrokjeldhal (digestión, destilación y titulación).	49

RESUMEN

El maíz es un cereal que ha sido base de la alimentación de la región central de América, incluyendo México. Aporta carbohidratos y proteínas principalmente. Sin embargo, cuando el maíz es sometido al proceso térmico-alcalino conocido como nixtamalización, varios cambios benéficos ocurren, incrementándose su valor nutricional. En virtud a lo anterior, el presente trabajo tuvo la finalidad de determinar el rendimiento de nixtamalización para la elaboración de masa para tortilla, así como el contenido nutrimental de once variedades de maíz General Cepeda 1, Jaguan, Nuncio, Jagüey, Chapultepec, A7573, AN-447, PAzul2011, General Cepeda 2, PAM (2011) y PAM (2010), en sus principales componentes. Posteriormente se elaboraron tortillas para comparar los cambios que sufrieron los granos de maíz por el proceso de nixtamalización. Se encontró como granos de calidad nutricional a las variedades Jaguan con 11.58 % de proteína, 2.68 % de cenizas, 0.96 % de fibra y extracto etéreo con 10.60 %, y en segundo lugar el maíz PAM (2011) con 10.49 % de proteína, 2.08 % de fibra y 2.22 % de cenizas. En el caso de la tortilla fue el maíz A7573 con 12.05 % de proteína, 1.63 % de cenizas, 0.59 % de fibra y extracto etéreo con 3.31 % en segundo lugar la tortilla de maíz Jagüey con 11.41 % de proteína, 1.64 % de cenizas y 0.53 % de fibra. Se observó en las once variedades que las propiedades en el grano fueron modificadas al determinarse en la tortilla. Esto fue descrito a través de un análisis de correlación entre las variables.

Palabras clave: Variedades de maíz, nixtamalización, calidad nutrimental.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El maíz ha sido alimento, moneda y religión para el pueblo de México. En la nomenclatura científica, *Zea mays*, nombre que le otorgó Linneo y significa “grano que proporciona la vida”. Es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal. México al igual que otros países de América Latina, es una cultura de maíz; gran parte de las actividades individuales y sociales de sus habitantes dependen de esta planta.

El maíz es el cultivo más importante de México, forma parte importante en la dieta de los mexicanos; está presente en la elaboración de más de 4 mil productos (almidón, fructuosa, aceites, cartón, chocolates, biocombustible, alimento animal); ocupa poco más de la mitad de la superficie sembrada del país. El maíz, a diferencia de los otros cereales, se puede cultivar en casi todos los climas, casi todas las altitudes y casi todos los suelos. Se cultiva pronto, se almacena con facilidad y se conserva por largo tiempo; se preparara con sencillez y no requiere de equipos complejos para consumirse.

Debido a que México es considerado el centro del origen del maíz, la diversidad genética encontrada en esta especie es una de las mayores en el mundo. Como parte de esta diversidad se tiene a los maíces de grano pigmentado, dentro de los cuales se encuentran los de color rojo, morado y azul Welhausen *et al.* (1951). La mayor parte del grano pigmentado que se produce en México es utilizado para autoconsumo debido a que son maíces con muy poco mercado, por lo que se destinan pequeñas superficies para su cultivo. En cambio, los maíces de color blanco y amarillo se cultivan en casi todo el territorio mexicano, debido a que estos presentan gran demanda en el mercado.

Este trabajo de investigación abre una puerta a la necesidad de conocer más sobre el aporte nutricional de distintas variedades de maíz, esto consta de realizar un análisis bromatológico al grano como tal y de realizar el proceso de nixtamalización, para conocer que maíz es más apto para la elaboración de tortillas, y cuál es el más nutritivo. Pero sobre todo para conocer más sobre las variedades de maíces de color.

1.1 Justificación

El maíz es un cereal al cual se le dan diferentes usos, principalmente como alimento que más se consume en forma de tortilla por los nutrientes que aporta, por tal motivo es importante llevar a cabo el proceso de la nixtamalización que implica un tratamiento selectivo de las proteínas del maíz incrementando la disponibilidad de aminoácidos esenciales liberando niacina que de otra forma permanecería sin ser aprovechada. Sin embargo hay otras variedades de maíces que pueden aportar una cantidad más completa de nutrientes que el cuerpo necesita que los maíces comunes como el amarillo y blanco.

Los maíces de color pueden ser una gran oportunidad para incrementar y mantener la producción y variabilidad de los mismos en campo. Así como también una gran fuente de explotación para la industria alimentaria y farmacéutica, debido a sus características y propiedades presentes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar el rendimiento de nixtamalización, para la elaboración de masa para tortilla, así como el contenido nutrimental de once variedades de maíz en sus principales componentes.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las cualidades de la nixtamalización en las once variedades utilizadas.
- Evaluar el contenido nutricional en cada una de las tortillas elaboradas con las diferentes variedades utilizadas.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del maíz

2.1.1 Aspectos botánicos

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas, tribus de las maideas. Es la única especie del género *Zea*. Se trata de una planta anual de gran desarrollo vegetativo (puede alcanzar 4 m de altura), cuyo tallo lleva de 12 a 20 hojas de limbo bien desarrollado. El sistema radicular de tipo fasciculado está formado por tres tipos de raíces: las raíces seminales (nacidas de la semilla), las raíces secundarias (que constituyen la casi totalidad del sistema radicular), y las raíces adventicias que aparecen en el último lugar, a nivel de los primeros nudos situados por encima de la superficie del suelo Fleury *et al.* (1979).

2.1.2 Propagación

El maíz es una planta monóica, es decir, posee 2 tipos de inflorescencias en la misma planta. Las flores masculinas están agrupadas en una panícula terminal al extremo del tallo; las flores femeninas se desarrollan en la axila de las hojas del tercia medio de la planta Fleury *et al.* (1979), cubiertas por varias cáscaras que en realidad son hojas modificadas Sprague (1968).

A pesar de que la planta puede auto fecundarse, la fecundación es alogámica: la proporción de fecundación cruzada o polinización cruzada es por lo menos del 95 %, en parte debido a la separación de los sexos en el espacio (monoecia) y también por una madurez precoz de las flores masculinas (protodria) (Sprague, 1968; Fleury *et al.* 1979). La fecundación o polinización se presenta cuando el polen es abundante y es disperso por el viento, algunos caen sobre los estigmas para iniciar la fecundación. Vientos secos durante la polinización dañan seriamente los granos de polen, estigmas y tubo polínico Sprague (1968).

2.1.3 Origen y clasificación taxonómica

El maíz probablemente se comenzó a cultivar hace unos 7 mil años. Sus restos más antiguos son unas pequeñas mazorcas que datan del año 3600 a C., encontradas en cuevas de la región árida de Tehuacán, Puebla, México. Se considera que el maíz proviene del teocintle, que crece de manera silvestre en la mesa central de México Wilkes (1977).


Maíz	Clasificación científica
	<p>Reino: Plantae División: Magnoliophyta Clase: Liliopsida Orden: Poales Familia: Poaceae Género: <i>Zea</i> Especie: <i>Zea mays</i></p> <p>Nombre binomial <i>Zea mays</i> L.</p>

Figura 1. Clasificación científica del maíz (*Zea mays* L.).
http://commons.wikimedia.org/wiki/Zea_mays.

Vavilov (1951) menciona que en México se encuentra la mayor riqueza en diversidad genética de esta planta, por lo cual se le considera su centro de origen y diversidad biológica. El Maíz es el cereal básico en la alimentación de los mexicanos, por su volumen de producción ocupa el tercer lugar mundial, siendo superado por arroz y trigo.

El maíz posee una gran diversidad genética la cual se refleja en sus múltiples variantes morfológicas de la planta, mazorca y grano, su amplia adaptación a gran número de ambientes, entre otros y además, por sus diversos

usos como alimento humano o animal, así como la gran variedad de productos que se obtienen de esta especie Paliwal (2001).

2.2 Descripción botánica de la semilla del maíz

Está compuesta principalmente de cuatro partes anatómicas que son: el pericarpio y la aleurona, el pedicelo, el endospermo y el germen. En la Figura 2 se muestra las principales partes estructurales del grano.

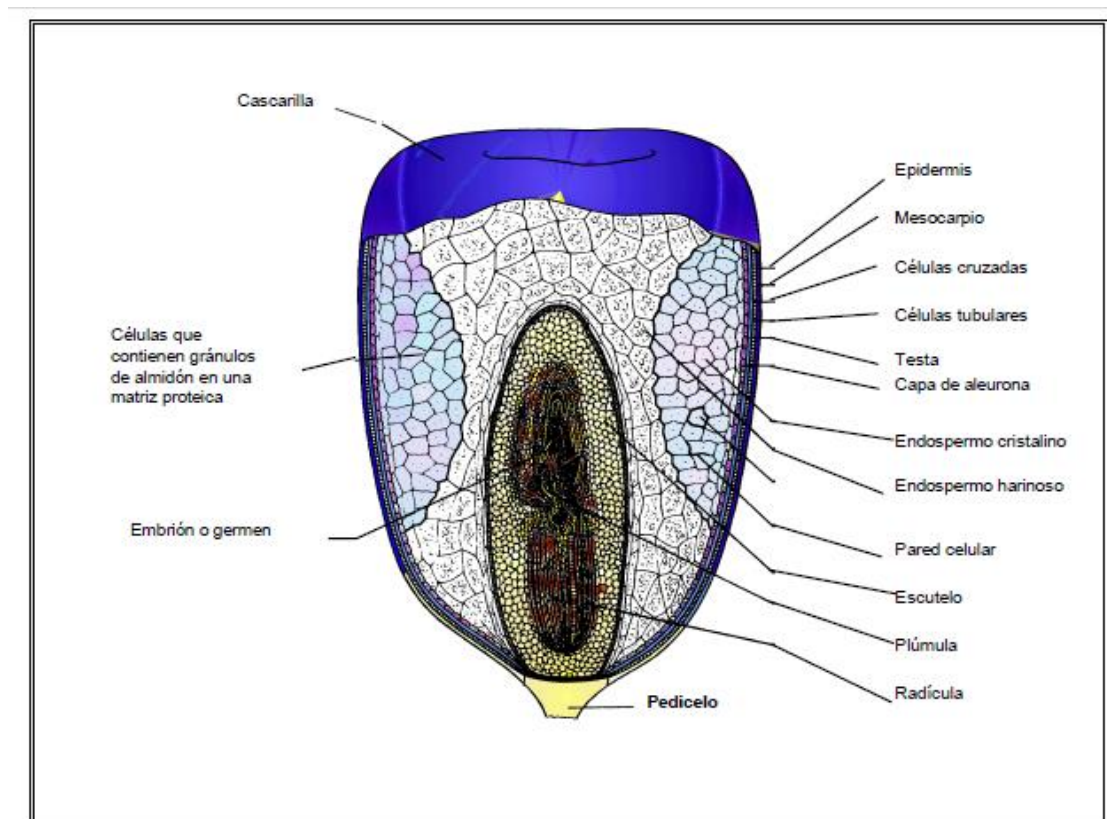


Figura 2. Partes estructurales del grano de maíz.

2.2.1 Pericarpio

Éste es la verdadera cubierta o cáscara del grano, compuesta por todas las capas exteriores. El pericarpio es la pared del ovario maduro y comprende todas las capas exteriores de la célula hasta el recubrimiento de la semilla. A lo largo de su superficie interior se adhiere a la cubierta de la semilla o testa (Dirección Corporativa de Producción, 1993).

El pericarpio representa del 5 al 6 % de peso seco del grano, y todas las capas del pericarpio están compuestas de células muertas, epidermis, células cruzadas y tubulares Watson y Ramstad (1987).

2.2.2 Pedicelo

Representa aproximadamente el 0.8 % del grano y es la estructura celular con la que el grano se encuentra unida al olote. Está compuesto de haces vasculares que terminan en la porción basal del pericarpio, consta de una capa exterior de abscisión que sella la punta del grano maduro. A esta capa le sigue una serie de células parenquimatosas en forma de estrellas, ligadas por sus puntas, formando una estructura frágil y porosa, conectada con la capa de células cruzadas del pericarpio. Esta estructura es responsable de la absorción de líquidos del pedicelo al pericarpio (Earle *et al.*, 1946; Jackson y Shandera, 1995).

2.2.3 Endospermo

El endospermo constituye del 82-84 % del peso seco del grano. Está compuesto de paquetes de células elongadas con gránulos de almidón de 5-30 μ embebidos en una unión continua de proteínas. El almidón del endospermo es de dos tipos: harinoso y córneo (Watson Ramstad, 1987), además, está formado por una capa celular llamada aleurona, lugar donde residen enzimas hidrolíticas (Gómez, 1993). El endospermo harinoso rodea la hendidura central y es ligeramente opaco. Watson y Ramstad (1987), explicaron que la opacidad del endospermo harinoso puede ser debido a la refracción de luz de la minuciosa capa de aire alrededor de los gránulos de almidón, los cuales resultan del desgarre de la unión de la proteína durante el secado. La unión no alcanza a rodear los gránulos de almidón los cuales asumen una forma esférica.

Por otra parte, en el endospermo córneo, la unión de proteína es espesa y permanece intacta con el secado. Durante el secado, los gránulos de almidón son gelatinizados en el endospermo córneo y son comprimidos Watson y Ramstad (1987).

2.2.4 Germen

El germen está compuesto por el embrión y el escutelo. El escutelo funciona como un órgano nutritivo del embrión, constituye del 10-12 % del peso seco del grano.

El germen es el mejor depósito de lípidos, el cual contiene un 83 % del total de lípidos del grano. El germen, es potencialmente metabolizado en el tejido activo, contiene 70 % del azúcar del grano y el 26 % de la proteína del mismo Watson y Ramstad (1987). La proteína que contiene el germen del grano del maíz (gluteína y globulina) es de buena calidad y su contribución a la proteína del grano entero es en promedio de 15 % Betanzos (1977).

2.3 Componentes químicos

Los principales componentes químicos del grano son: almidón, proteínas, lípidos, fibra cruda, vitaminas y minerales.

Hidratos de carbono. El maíz es una fuente importante de hidratos de carbono (75.3 %) y el principal de ellos es el almidón que representa el 72 % de los componentes totales. El almidón está constituido por dos tipos de moléculas, la amilasa y la amilopectina.

Almidón. El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73 % del peso del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30 % del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75 % del almidón. La composición del almidón viene determinada genéticamente. En el maíz común, ya sea con un endospermo de tipo dentado o córneo, el contenido de amilosa y amilopectina del almidón es tal como se ha descrito anteriormente, pero el gen que produce maíz ceroso contiene un almidón formado totalmente por amilopectina. Un mutante del endospermo, denominado diluyente de la amilosa (da), hace aumentar la proporción de amilosa del almidón hasta el 50 % y más.

Otros genes, solos o combinados, pueden modificar la composición del almidón al alterar la proporción entre la amilosa y la amilopectina Boyer y Shannon (1988).

Fibra. El maíz se considera fuente de fibra dietética. La constituyen aquellos hidratos de carbono estructurales que son insolubles como las glumas, el pericarpio y paredes celulares del endospermo.

Proteínas. El maíz es una fuente proteica de baja calidad por sus reducidos niveles de lisina y triptófano, sin embargo, aporta el 38.8 % de las proteínas dentro de la canasta básica del consumo alimentario de la población mexicana Figueroa *et al.* (1994).

Las proteínas constituyen aproximadamente 6-10 % del grano y se localizan principalmente en el endospermo y el germen. De acuerdo a su solubilidad se clasifican en albuminas (solubles en agua), globulinas (solubles en soluciones salinas), prolaminas o zeína (solubles en hidróxido de sodio). Las albuminas y globulinas se conforman por enzimas, nucleoproteínas y glucoproteínas, sustancias biológicamente activas que juegan un papel importante durante la germinación. De las cuatro fracciones proteicas, las albuminas y las globulinas tienen el mejor balance de aminoácidos esenciales.

Lípidos. Constituyen aproximadamente el 4.8 % del peso total del grano. Se encuentran en mayor proporción en el germen, conteniendo el 84 % de los lípidos del grano y el 16 % restante se encuentra en el endospermo. Casi todos los lípidos del maíz son triacilglicéridos libres y los principales ácidos grasos que los componen son el linoléico (18:2) con 50 % de los lípidos del grano, el oléico (18:1) con 35 %, palmítico (16:0) 13 %, el esteárico (18:0) menos del 4 % y el linolénico (18:3) menos del 3 %. Aunque el maíz no es considerado una oleaginosa, es una excelente fuente de ácidos grasos. Aunque altamente poliinsaturados, los lípidos en maíz son muy estables porque contienen altos niveles de antioxidantes naturales y muy poco ácido linolénico (Watson, 1988; Weber, 1988; Jackson y Shandera, 1995).

Vitaminas. El maíz contiene dos vitaminas liposolubles y una gran parte de hidrosolubles tal como la tiamina, riboflavina, biotina, niacina, ácido pantoténico, ácido fólico y piridoxina. La vitamina A (β -caroteno) con un contenido promedio de 2.5 mg/kg y la vitamina E con 22 mg/kg base materia seca. Las vitaminas hidrosolubles tiamina (B1) y el ácido pantoténico se encuentra en cantidades considerables, 3.7 y 6.7 mg/kg de peso seco, respectivamente. La niacina se encuentra en elevadas concentraciones (21.5 mg/kg de materia seca).

El tratamiento alcalino favorece una mayor disponibilidad para los monogástricos. Las vitaminas del complejo B se encuentran generalmente en la capa de la aleurona. La niacina se presenta en forma libre o ligada. La forma ligada no es bien aprovechada por el organismo humano. El tratamiento alcalino del maíz para la producción de tortillas incrementa notablemente la cantidad de niacina disponible, ya que la cocción con cal rompe el enlace glucosídico que une a la niacina con el compuesto ligante Allen (1993).

Minerales. El maíz es considerado como fuente de algunos minerales y vitaminas. En general, el pericarpio, el germen y la capa aleurona son ricos en estos constituyentes. Durante los procesos de molienda seca, muchos de estos nutrientes se remueven y se pierden.

Las cenizas son todo aquel material inorgánico conformado por minerales. La mayoría de los minerales están asociados con el pericarpio y la capa de aleurona, mientras que el endospermo presenta bajas cantidades de minerales la mayor parte de los minerales se encuentran concentrados en el germen, representando el 78 % del total del grano. El elemento inorgánico más abundante es el fósforo, el cual se encuentra presente en un 0.25 % del grano seco. Otros elementos importantes son el potasio 0.33 %, azufre 0.12 %, calcio 0.01 % y selenio 0.04 % Allen (1993).

Cuadro 1. Análisis químico proximal del maíz.

DETERMINACIÓN	VALOR (%)
Proteína cruda	8.9
Grasa cruda	3.5
Fibra cruda	2.9
Cenizas	1.5
Calcio	0.01
Fósforo	0.25
Materia seca	88.0

Allen (1993).

2.3.1 Composición química de las partes del grano

Como se muestra en el Cuadro 2, las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87 %, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67 %), celulosa (23 %) y lignina (0,1 %) Burge y Duensing, 1989). El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87 %), aproximadamente 8 % de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo.

Cuadro 2. Composición química proximal de las partes principales de los granos.

Componente químico (%)	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3.7	8.0	18.4
Extracto etéreo	1.0	0.8	33.2
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcar	0.34	0.62	10.8

Watson (1987).

2.4 Tipos de maíz

El maíz puede dividirse en varios grupos que difieren en el carácter de las semillas o granos Jugenheimer (1981). Estos tipos son el dentado, cristalino, dulce, harinoso, reventador, ceroso y tunicado.

El dentado es el tipo de maíz cuya siembra está más generalizada en Estados Unidos. Se caracteriza por una depresión o "diente" en la corona de la semilla. A los lados tiene almidón corneo, en tanto que el almidón suave se extiende hacia el ápice (corona) de la semilla. Al secarse y contraerse rápidamente el almidón suave, se tiene como resultado el carácter dentado. Los maíces dentados de la faja maicera de los Estados Unidos se originaron de la mezcla de maíces cristalinos del Norte y dentados del Sur.

El maíz cristalino se siembra ampliamente en Europa, Asia, Centroamérica y Sudamérica. En general, estos granos son duros, lisos y contienen poco almidón harinoso. Sin embargo, las cantidades relativas de almidón harinoso y corneo vanan de acuerdo con la variedad Jugenheimer (1981).

El maíz dulce está caracterizado por una apariencia translúcida y córnea cuando está inmaduro y por una condición vítrea cuando está seco. Se siembra principalmente en Estados Unidos. El maíz dulce difiere del duro sólo por un gen recesivo (Su), el cual impide la conversión de una parte del azúcar en almidón.

Los granos de maíz harinoso están compuestos en gran parte por almidón suave. El maíz harinoso se ha cultivado ampliamente en las partes más áridas de Estados Unidos y en la región andina de Sudamérica.

El maíz reventador (palomero) es una forma extrema del cristalino con endospermo que contiene sólo una pequeña proporción de almidón harinoso en el centro del endospermo.

El grano se usa principalmente para consumo humano como palomitas o rosetas de maíz y es la base para la elaboración de confituras de maíz. La

capacidad de reventar está condicionada por la proporción relativa de endospermo corneo, donde los granos de almidón están embebidos en un material coloidal tenaz y elástico de proteína que restringe y resiste la presión del vapor generada dentro del gránulo bajo calentamiento hasta que alcanza una fuerza explosiva.

El maíz ceroso debe su nombre a la apariencia un tanto cerosa de sus granos. El almidón ceroso está compuesto por alto contenido de amilopectina, mientras que el almidón común es aproximadamente 75 % amilopectina y 25 % amilosa. China fue la fuente original del gene ceroso, pero las mutaciones cerosas han ocurrido desde entonces en variedades dentadas americanas.

2.5 Importancia del maíz

Reyes citado por Valdés (2006) menciona que los cereales se han cultivado en varias partes del mundo desde miles de años y han sido fundamentales para el desarrollo de diferentes civilizaciones ya que en diversas regiones del mundo crecieron y se domesticaron especies como arroz y soya en Asia, Trigo y chícharo en Europa, sorgo y mijo en África, y maíz y frijol en América; plantas que son la base de la alimentación mundial.

En México, el maíz consumido directamente suministra más de la mitad de las calorías y una tercera parte de las proteínas consumidas por la población, sobre todo en las zonas rurales Delgado (2003). Durante el 2005 el consumo *per cápita* de maíz en México fue de 330.12g por día, lo que significa un aporte diario de 1021.9 cal. 26.3 g de proteínas y 11.3 g de grasa vegetal (FAOSTAT, 2007).

El maíz representa el cultivo alimenticio más importante de México y los agricultores que cultivan variedades locales o criollas de forma tradicional contribuyen a la conservación y a la generación de su diversidad genética *in situ* Brommer (1991). De esta manera los productores tradicionales contribuyen al mantenimiento de las variedades locales al reproducirlas seleccionando deliberadamente las mejores semillas, aprovechando las diferentes variaciones ocurridas de manera natural (Hernández, 1972; Dobzhansky, 1982).

2.6 Razas de maíz en México

Los caracteres utilizados en la clasificación de los maíces de México son: caracteres vegetativos de la planta, caracteres de la espiga, caracteres de la mazorca, y caracteres fisiológicos, genéticos y citológicos Hernández (1987).

De acuerdo con sus derivaciones, las razas de maíz en México pueden dividirse en cuatro grupo principales de la forma siguiente: Indígenas antiguas, exóticas precolombinas, mestizas prehistóricas, modernas incipientes, y razas no bien definidas, como grupo adicional. A continuación se enumeran las razas de cada grupo.

Cuadro 3. Agrupación de razas de maíz en México.

A. Indígenas antiguas:	7. Jala
1. Palomero Toluqueño	8. Zapalote chico
2. Arricillo amarillo	9. Zapalote grande
3. Chapalote	10. Pepitilla
4. Nal-tel	11. Olotillo
B. Exóticas precolombinas:	12. Tuxpeño
1. Cacahuacintle	13. Vandeño
2. Harinoso de ocho	D. Modernas incipientes:
Sub-raza elotes	1. Chalqueño.
Occidentales	2. Celaya.
3. Olotón	3. Cónico norteño.
4. Maíz dulce	4. Bolita
C. Mestizas prehistóricas:	E. Razas no bien definidas:
1. Cónico	1. Conejo.
2. Reventador	2. Mushito
3. Tabloncillo	3. Complejo serrano de Jalisco.
Sub-raza perla.	4. Zamorano amarillo
4. Tehua	5. Maíz blando de Sonora.
5. Tepecintle.	6. Onaveño.
6. Comiteco.	7. Dulcillo del Noroeste.

FUENTE: Hernández (1987).

A. Indígenas antiguas: Son aquellas que se cree que se originaron en México del maíz primitivo tunicado.

B. Exóticas precolombinas: Se cree que estas razas fueron introducidas a México de Centro o Sudamérica durante épocas prehistóricas.

C. Mestizas prehistóricas: Están constituidas por razas que se cree se originaron por medio de hibridaciones entre las razas indígenas antiguas y las razas exóticas precolombinas y por medio de la hibridación de ambas con un nuevo elemento, el teocintle.

D. Modernas incipientes: Razas que se han desarrollado desde la época de la conquista.

E. Razas no bien definidas: Razas o tipos que han sido recolectadas recientemente o de los cuales se ha reunido poca información para justificar su clasificación y la presentación de sus genealogías con un grado suficiente de seguridad.

2.7 Valor histórico y cultural de los maíces de color en México

Los maíces de color han estado presentes en la mitología, rituales religiosos y en la alimentación de las culturas indígenas de México. Se sabe que entre los aztecas, los maíces de color amarillo, azul y rojo se relacionaban con el culto a “Chicomcoatl”, diosa de los mantenimientos Sahagún (1975). En el pensamiento cosmológico de los mayas, los maíces de color blanco, amarillo, rojo y negro se relacionan con los rumbos cósmicos: el maíz blanco se asocia con el norte, el amarillo con el sur, el rojo con el este y el negro con el oeste Popol Vuh (1975).

Existen varias especies de maíz de color blanco, amarillo, rojo, morado, café y azul. Estos maíces pigmentados están en las 41 razas de maíz descritas en México Ortega *et al.* (1991), y sus colores negros, morados y rojos se deben a las antocianinas, compuestos presentes en el pericarpio y en la capa de aleurona o en ambas estructuras del grano (Wellhausen *et al.* 1951; Salinas, 2000).

Maíz azul. Maíz azul (*kulli*) es más resistente pero con menos calorías que el blanco, lo que contribuye a reducir el índice glucémico (IG), que es el que clasifica a los carbohidratos de un alimento de acuerdo con el efecto en los niveles de glucosa en la sangre. Para los expertos poder reducir este IG significa

aumentar la prevención y el control del síndrome metabólico. Este tipo de maíz posee además un 20 % más proteínas que la variedad blanca. Hasta ahora, la variedad azulada de maíz se ha utilizado casi para los mismos fines alimentarios que el blanco (tortitas, nachos entre otros).

El color que toma el maíz se debe a la presencia de antocianinas, a los que se les atribuyen propiedades antioxidantes. Además, aseguran los expertos, las variedades pigmentadas del maíz, que pueden ser rojas, azules y negras, y que se utilizan como consumo sobre todo en México y en Perú, son más suaves y con un sabor ligeramente distinto a la variedad blanca.

2.8 Pigmentos

El grano de maíz puede diferir significativamente en color de blanco a amarillo, anaranjado, rojo, púrpura (azul o negro) y café. Las diferencias del color pueden ser debido a diferencias genéticas en pericarpio, aleurona, germen y endospermo.

El pericarpio puede ser transparente, anaranjado, rojo, rojo fresa, rojo oscuro, café o variado; la capa de aleurona puede ser transparente, rojo púrpura, púrpura o café; el germen puede ser transparente, amarillo, rojo anaranjado o púrpura; el endospermo es igualmente incoloro o amarillo, anaranjado o rojo anaranjado.

Obviamente, que el pericarpio y la aleurona deben ser transparentes para que el verdadero color del endospermo pueda ser visto Watson (1987).

Los pigmentos responsables de las coloraciones en los denominados maíces pigmentados (azul o rojo) son las antocianinas, que en el grano se encuentran principalmente en el pericarpio, en la capa aleurona o en ambas estructuras Salinas *et al.* (1999).

2.8.1 Pigmentos presentes en el maíz

Las antocianinas representan los principales pigmentos solubles en agua, que son visibles al ojo humano. Aunque se puede encontrar en cualquier parte de la planta, son mucho más evidentes en frutos y flores, en los cuales contribuyen a los brillantes colores rojos, azules y morados que con frecuencia se observan en estos tejidos vegetales. Pertenecen al grupo de los flavonoides y su composición básica es un núcleo de flavón, el cual consta de dos anillos aromáticos unidos por una estructura de tres carbonos.

En general, las antocianinas no se acumulan como tal en la planta, sino que se encuentran en su forma glicosilada, esto es, unidas a algún azúcar, y en cuyo caso se denominan antocianinas.

El nivel de hidroxilación o metilación en el anillo "B" de la molécula determina el tipo de antocianidina. El azúcar presente en la molécula de las antocianinas les confiere una gran solubilidad y estabilidad. Generalmente el azúcar se une a la antocianidina en la posición 3 del grupo fenólico, aunque puede también unirse en las posiciones 5 y 7.

Aunque se han descrito doce diferentes antocianidinas, las más comunes en plantas pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina y malvidina. En algunos casos los azúcares están acilados con grupos acilo derivados del ácido acético o derivados del ácido cinámico (p-cumárico, caféico, ferúlico o sinápico).

La síntesis de antocianinas ocurre en el citoplasma de la célula. Cerca del retículo endoplasmico se localiza el conjunto de enzimas que participan en este proceso y cuyo sitio de acción se halla muy cerca del tonoplasto. Una vez que la antocianina es formada, se deposita en la vacuola, mediante un fenómeno de transporte en el que participa una GS transferasa Marrs *et al.* (1995); en este organelo las antocianinas se localizan en pequeños cuerpos esféricos conocidos como "antocianoplastos" (Pecket y Small, *citados por* Stack y Wray, 1989).

En la planta de maíz, las antocianinas están presentes en diferentes estructuras, que abarcan desde tallo, vaina, hojas, e inflorescencias; en la mazorca se puede encontrar en brácteas, raquis, y desde luego, en el grano.

Las antocianinas encontradas en esta gramínea derivan de cianidina y pelargonidina (Straus, 1959; Harborne y Gavazzi, 1969), aunque otros autores mencionan también la presencia de peonidina y malvidina Caldwell y Peterson (1992), así como delfinidina Bustillos (1997).

En síntesis, las antocianinas presentes en maíz son tanto simples como aciladas. En las simples, el único azúcar reportado es la glucosa (Straus, 1959; Harborne y Gavazzi, 1969; Styles y Ceska, 1972; Harborne y Self, 1987), mientras que en las aciladas se ha identificado además de este azúcar, a la rutinosa Caldwell y Peterson (1992).

Las antocianinas simples reportadas para maíz son cianidina 3-glucósido, pelargonina 3-glucósido y peonidina 3-glucósido Styles y Ceska (1972). La primera es común en los maíces de grano morado (Nakatani *et al.* 1979; Bustillos, 1997) y las dos restantes en maíces de grano rojo (Coe *et al.* 1955; Harborne y Gavazzi, 1969).

Las antocianinas aciladas que tienen uno o más radicales acilo derivados de ácidos alifáticos (ácido málico, malónico o succínico) presentan en su estructura únicamente glucosa y se han identificado en hojas de maíz coloreadas Harborne y Self (1987), en tanto que las aciladas con alguno de los cuatro ácidos cinámicos (p-cumárico, caféico, ferúlico o sinápico) poseen glucosa y rutinosa en su estructura, y los compuesto identificados en granos de maíz con color en la aleurona son: peonidina 3-(cafeilrutinosido)-5 glucósido, peonidina 3-(pcoumarilrutinosido)-5 glucósido y malvidina 3-(cafeilrutinosido)-5 glucósido Caldwell y Peterson (1992).

2.8.2 Importancia de los pigmentos

Su importancia se debe a que el maíz ha estado muy asociado con la cultura y estilo de vida de los nativos de Latinoamérica y, además, de ser uno de los más adaptados en toda América Johnson y Jha (1996). Las tribus de nativos han cultivado históricamente algunos maíces pigmentados para ser utilizados como alimento en rituales.

El maíz azul y otros maíces, históricamente representan el principal tipo de maíz cultivado para elaborar harinas y con ella productos como atoles y tortillas, entre otros. El maíz azul es uno de los más importantes como alimento para propósitos religiosos (Dickerson y Holcomb, 1992; Dickerson, 1996 y Johnson y Jha, 1996).

En la actualidad el maíz azul está encontrando nuevos mercados exteriores por el hecho de que de ellos se pueden obtener productos alimenticios teñidos de forma natural, que en el mundo actual tienen relevancia, por los problemas de salud asociados con el consumo indiscriminado de alimentos con colorantes artificiales. Además, los pigmentos presentes en este maíz son de gran interés por el poder antioxidante que poseen, considerándoseles como un alimento nutracéutico Salinas *et al.*, (1999).

2.8.3 Composición química del maíz azul

Estudios de la Universidad Estatal de Colorado indican que el maíz azul presenta un 30 % más de proteína que los maíces blancos o amarillos (Johnson y Jha, 1996). En una evaluación realizada en 1990 por la cooperativa de extensión de servicios de Nuevo México en cinco variedades de maíz azul, en todas se determinó un contenido mayor en lisina (2.3 mg/g peso seco) que las dos variedades de maíz blanco (1.6 mg/g) y amarillo (1.4 mg/g). Al igual que el maíz opaco-2, el maíz azul contiene una fuente más completa de proteínas que los maíces blanco y amarillo Dickerson y Holcomb (1992). Nakatani *et al.* (1979) encontraron que el maíz azul contiene diez antocianinas y que la principal era

cianidina 3- β -glucósido. La composición proximal y el valor energético del maíz azul fueron reportadas por Casanueva *et al.* (1995).

Cuadro 4. Composición química del maíz azul.

Compuesto	Cantidad
Porción comestible (%)	92
Humedad (%)	10.6
Fibra (g)	12.20
Carbohidratos (g)	74.6
Proteínas totales (g)	8.0
Grasas totales (g)	4.3
Colesterol (mg)	0
Ácidos grasos	
Saturados totales (g)	0.40
Monosaturados (oleico) (g)	1.10
Polinsaturados (linoléico) (g)	2.30
Energía (Kcal)	366

Casanueva *et al.* (1995).

2.9 Valor nutritivo del maíz

La importancia de los cereales en la nutrición de millones de personas de todo el mundo es ampliamente reconocida. Debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, no se les puede considerar sólo una fuente de energía, sino que además suministran cantidades notables de proteínas (Cuadro 6). Los granos de cereal tienen una baja concentración de proteínas y la calidad de éstas se halla limitada por la deficiencia de algunos aminoácidos esenciales, sobre todo lisina. Un hecho mucho menos conocido es que algunos cereales contienen un exceso de ciertos aminoácidos esenciales que influye en la eficiencia de la asimilación de las proteínas. Ejemplo clásico de ello es el maíz, pues otros cereales presentan limitaciones iguales, pero menos evidentes.

El maíz es un cereal rico en carbohidratos, además de contener niacina, fósforo y calcio, que permiten el buen funcionamiento de los sistemas respiratorios, nervioso y cardiovascular; interviniendo en la formación y

mantenimiento de huesos y dientes y además de ayudar en la coagulación de la sangre (CONAL, 1990).

El maíz como todos los cereales es deficiente en aminoácidos esenciales (lisina y triptófano), además de niacina que previene la pelagra y es sintetizada a partir del triptófano. Pero la nixtamalización que implica un tratamiento selectivo de las proteínas del maíz, incrementa el balance de aminoácidos esenciales y libera niacina que de otra manera permanecería sin ser aprovechada.

Cuadro 5. Composición química del maíz.

Composición química y valor nutricional	Maíz entero	Maíz sin germen
Proteína (g/100)	9.9	8.7
Grasa (g/100)	5.2	1.4
Carbohidratos disponibles (g/100)	76.0	89.2
Fibra cruda (g/100)	2.1	0.5
Cenizas (g/100)	1.4	0.4
Energía (Kcal/100)	436.0	437.0

Pedersen y Eggun (1983).

La alta disponibilidad de calcio en la tortilla es importante porque evita el desarrollo de la osteoporosis, que se manifiesta como fragilidad de los huesos por pérdida de masa del tejido óseo González-Hernández *et al.* (1997). En el tratamiento del maíz con agua y cal se da un significativo incremento en calcio, fósforo y hierro.

El maíz y sus derivados contienen casi todos los nutrimentos en mayor o menor cantidad, y su composición cambia según la variedad y otros factores ambientales. Los tipos de maíz que se producen en México reportan una composición promedio del 8 % de proteínas, 70 % de hidratos de carbono.

La cantidad total de proteína en los cereales es baja, siendo el arroz el de menor contenido. El maíz, por otra parte, contiene cantidades un poco menores que el trigo. El valor nutritivo de la proteína en los alimentos, depende tanto de la cantidad como de la cantidad de ésta. Debido a que la diferencia en el contenido

de la proteína en los cereales es relativamente baja, el factor calidad es el de mayor importancia.

2.10 Usos del maíz en México

El maíz es un grano ampliamente versátil. En México, la mayor parte del maíz se utiliza para la elaboración de tortillas, que es un producto básico para la dieta del mexicano; además, de emplearse para hacer otros productos de consumo generalizado como tamales, quesadillas, sopes, entre otros.

Con el maíz se pueden elaborar otros productos como botanas (frituras), almidón, jarabes, edulcorantes, alcohol industrial, whisky, sémola (para las hojuelas de maíz), harina, germen, aceite de germen, proteína y licor de maíz (FIRA, 1995).

2.11 Producción y consumo de maíz

2.11.1 Producción mundial

En los últimos 11 años comerciales, la producción mundial de maíz creció a tasa anual promedio de 3.5 %. Para el ciclo comercial 2010/11, se prevé que la producción crezca 3.3 %. Lo anterior, resulta relevante si se considera que de 1970 a 2000 el volumen cosechado creció 2.9 % en promedio cada año.

Durante el ciclo 2009/10, Estados Unidos fue el principal país productor de maíz en el mundo con 41.2 % de la producción mundial, seguido por China que produjo 19.2 %, mientras que los países de la Unión Europea y Brasil aportaron 6.9 y 6.6 % respectivamente, así como de México y Argentina que produjeron 2.8 y 2.6 % respectivamente del volumen de este cereal en términos globales. Para el ciclo comercial 2010/11, se espera un crecimiento del 3.3 % en la producción, resultado que se explica por la combinación de incrementos de 2.0 y 7.1 % en las producciones de Estados Unidos y China, respectivamente. En el caso específico de la producción estadounidense, los reportes de avance de siembras al mes de mayo informan de un avance del 93 % sobre la superficie programada, avance

que es muy superior al 80 % que se tuvo el año pasado a la misma fecha. Por si mismo, este dato pareciera poco concluyente respecto al impacto en producción total del año. Sin embargo, la siembra a tiempo implica mejores de condiciones generales del cultivo. De esta manera, el adelanto de las siembras respecto al año pasado permitirá incrementar 2.7 % la superficie cosechada con rendimientos 0.8 % por debajo de los reportados en 2009. Por su parte, el incremento esperado de la producción en China se encuentra en duda debido a la presencia de lluvias y bajas temperaturas en la región noreste que han retrasado el inicio de las siembras y que pudiera motivar a los maiceros de la región más productiva de China a sembrar cultivos más rústicos y de ciclo más corto.

2.11.2 Consumo

A pesar de ser una buena fuente de nutrientes para el ser humano, el principal uso del maíz a nivel mundial es la fabricación de pienso o alimento para consumo animal. Hasta el ciclo comercial 2000/01 la fabricación de alimento animal representaba 70 % del consumo mundial del grano. El restante 30 % se destinaba a la obtención de almidones, alta fructuosa, dextrosa, cereales y en menor medida alcoholes como el etanol.

Cabe hacer notar que el consumo humano directo es poco significativo a nivel mundial. Por ejemplo, en Estados Unidos el consumo de maíz como cereal, botana y tortillas significó sólo un 1.7 % del volumen total de consumo durante el ciclo 2009/10.

Cuadro 6. Consumo de maíz por concepto de uso 2009/10.
CONSUMO DE MAÍZ POR CONCEPTO DE USO, 2009/10

Millones de toneladas y porcentaje		
Concepto	Volumen	Participación
Alimento animal	136.5	48.4 %
Etanol	111.8	39.6 %
Alta fructosa	12.7	4.5 %
Glucosa y dextrosa	6.2	2.2 %
Almidón	6.0	2.1 %
Cereales y otros	4.9	1.7 %
Alcohol para bebidas	3.4	1.2 %
Semillas	0.6	0.2 %
Total	282.1	100.0%

FUENTE: FIRA con información de USDA.

En este período el consumo de maíz creció a un ritmo de 2.9 % promedio anual. Entre los ciclos comerciales 2000/01 y 2005/06, el consumo de maíz para etanol se incrementó 29.5 % anualmente y posteriormente se reduce su crecimiento hasta llegar a un crecimiento de 8.4 % en 2009/10 respecto a 2008/09. De esta manera, el consumo mundial de maíz creció en los últimos 10 ciclos a una tasa media anual de 3.8 %. Para el ciclo 2010/11, se prevé que el consumo mundial crezca 2.6 % debido a que el consumo para uso industrial que no incluye el etanol crecerá 1.8 %, pero el consumo para etanol crecerá 5 %. La evidencia indica que al principal determinante de la demanda de maíz en el mundo hasta el ciclo 2000/01, el pienso, se le ha unido una variable mucho más dinámica y alineada al comportamiento de la economía: la demanda para biocombustibles. Así, mientras en la mayoría de países el maíz compite contra sucedáneos en el mercado de los alimentos para consumo animal con un amplio rezago en la transferencia de precios, en Estados Unidos y China, 40 % y 10 % de la producción de maíz, respectivamente, se destina a la producción de etanol. Sin embargo, es necesario considerar que la demanda de maíz para etanol se encuentra fuertemente regulada y esta industria ofrece precios e incentivos gubernamentales que la hacen muy atractiva para el productor. Así, el nivel de consumo de maíz para la producción de etanol se ha convertido en una palanca

que permite a los gobiernos de los principales países productores regular los mercados locales del grano. Lo anterior, toda vez que ante cambios en las expectativas de producción el gobierno modifica la meta de producción de etanol subsidiado, lo que a su vez modifica la demanda de la industria.

2.11.3 Producción de maíz en México

De acuerdo con la información del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) y con el programa del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Entre 2000 y 2010, la producción nacional de maíz creció 3.6 % en promedio al año. Este ritmo es claramente superior al crecimiento observado durante los veinte años anteriores ya que de 1980 al 2000 el volumen cosechado promedio de maíz creció 1.9 % al año. En cuanto a la información para el año agrícola 2009, no se tiene información oficial sobre el cierre del ciclo, pero se prevé una contracción de la producción resultado de problemas de sequía en el ciclo Primavera-Verano 2009. En tanto, para el año agrícola 2010, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) prevé que la producción de maíz supere los 24.9 millones de toneladas con un crecimiento de 2.2 % respecto al cierre de 2008.

En cuanto a la dispersión geográfica de la producción, el maíz se cultiva prácticamente en todo el país. El 68.1 % del volumen de producción se concentra en los estados de Sinaloa, Jalisco, México, Chiapas, Michoacán, Guanajuato y Guerrero. De estos estados, únicamente Sinaloa basa su producción en el ciclo Otoño-Invierno mientras que los estados de Jalisco, México, Chiapas, Michoacán, Guanajuato y Guerrero cultivan el maíz en el ciclo Primavera-Verano.

En los principales estados productores, el maíz es el cultivo que ocupa mayor superficie de producción. Durante el período de 2006 a 2008, el maíz representó en promedio 45.5 % de la superficie agrícola de Sinaloa, 43.1 % de Jalisco, 64.2 % del Estado de México, 51.4 % de Chiapas, 44.1 % de Michoacán, 36.3 % de Guanajuato y 56.7 % de Guerrero. Aun cuando el maíz es el cultivo con mayor extensión, la aportación al valor de la producción agrícola es menor, sobre todo en estados que también cuentan con producción frutícola dado el mayor

valor de mercado de los productos frutales. Este es el caso de Michoacán, Guanajuato y Estado de México, en donde la producción de maíz representó tan sólo 14.6, 22.6 y 34.8 % del valor de la producción agrícola promedio entre 2006 y 2008, respectivamente. Con relación a los sistemas de producción de maíz, es posible afirmar que el 98.6 % de la producción de maíz de Sinaloa proviene de superficies cultivadas bajo riego, así como en Guanajuato, donde 62.4 % de la producción se realiza bajo este mismo sistema. Por otra parte, 92.2 % de la producción de Jalisco se cultiva en condiciones de temporal, al igual que el 77.6 % de la producción del Estado de México, 97.8 % de la Chiapas, 66.7 % de la de Michoacán y 91.2 % del maíz proveniente de Guerrero.

2.11.3.1 Consumo de maíz en México

De acuerdo con información del USDA, el consumo aparente en maíz en México mantiene una tendencia creciente. Así, el nivel de consumo estimado entre los años agrícolas 2000 y 2010 creció anualmente 2.7 % en promedio. Este crecimiento fue impulsado principalmente por el mayor consumo del maíz para alimento de ganado, mismo que observó un crecimiento medio anual de 6.0 %. En tanto, el volumen de maíz para consumo humano, industrial y para semilla creció 0.4 % durante el mismo período, ritmo que es menor incluso al crecimiento de 0.77 % al que crece la población nacional (Consejo Nacional de Población, 2010).

Así, de acuerdo con la información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el consumo de maíz durante el año calendario 2009 fue de 27 millones de toneladas de las cuales 64.2 % correspondieron a maíz blanco y 35.8 % a maíz amarillo. En cuanto a la disponibilidad y uso de maíz amarillo, resalta el hecho de que se importó 72.6 % de la disponibilidad nacional y que sus principales usos son el pecuario y el industrial con 60.8 y 24.5 %, respectivamente. Por su parte, el maíz blanco proviene en un 99.1 % de la producción nacional, destinándose en 66.2 % al consumo humano y 14.1 % a la alimentación animal

2.11.4 Clasificación de la calidad del grano

Con objeto de facilitar la comercialización y de determinar las aplicaciones más adecuadas de los distintos tipos de maíz producidos en el mundo, se han establecido determinadas características cualitativas del grano, aunque no han sido reconocidas por todos los países productores de maíz. En los Estados Unidos el maíz se clasifica en cinco categorías, basadas en ciertos factores. El peso mínimo en análisis se expresa en libras por bushel, libras por pie cúbico, o kilogramo por metro cúbico. Cuanto más elevado sea el peso en análisis más alta será la categoría. La proporción de maíz partido y de sustancias extrañas se expresa en porcentajes, que van del 2 % en la Categoría 1 al 7 % en la Categoría 5, límites mínimo y máximo. Existe una clasificación de granos deteriorados, que incluye los deteriorados por el calor. Las categorías y normas abarcan también las clases de maíz, como el amarillo, el blanco y el mezclado. El maíz amarillo no debe contener más de un 5 % de granos blancos, y el maíz blanco no debe contener más de un 2 % de granos amarillos. La clase mixta es la que contiene más de un 10 % del otro grano.

El contenido de humedad del maíz, elemento importante de su composición química, no se considera un factor de la calidad, aunque influye mucho en la composición, en los cambios de calidad durante el almacenamiento y elaboración, y en su valor económico. El maíz con humedad elevada, de textura blanda, se deteriora con facilidad durante el almacenamiento, mientras que el cereal con niveles bajos de humedad se quiebra. El nivel de humedad más aceptado para la comercialización del maíz es el 15.5 %. La densidad del maíz -peso por volumen unitario- tiene importancia para el almacenamiento y transporte, dado que determina las dimensiones de los contenedores para ambas finalidades. El contenido de humedad y la densidad o el peso en análisis están relacionados mutuamente; cuanto más elevado sea el nivel de humedad, menor será la densidad específica o peso en análisis. Este rasgo cualitativo del maíz también es importante a la hora de la molienda.

Otra característica cualitativa importante del maíz es su dureza, que repercute en las características del proceso de molienda, la formación de polvillo,

las propiedades nutritivas, la elaboración para productos alimenticios y el rendimiento de los productos obtenidos mediante operaciones de molienda en seco y húmeda. La dureza del maíz está regulada genéticamente, pero se puede modificar mediante prácticas de cultivo y mediante la manipulación del grano recogido.

Muchos investigadores han propuesto metodologías de medición de la dureza, destinadas a distintas aplicaciones (Pomeranz *et al.* 1984, 1985 y 1986). El maíz de endospermo córneo, así como las variedades de maíz cristalino y reventador, tienen granos duros, en tanto que las variedades de maíz amiláceas y opacas tienen granos blandos. Algunos tipos de maíz duro tienen una dureza intermedia.

Por último, otra característica cualitativa es que el grano no esté contaminado por hongos.

2.12 Nixtamalización del grano de maíz

La palabra nixtamalización castellanizada, del náhuatl (*nextli*: cal de cenizas y *tamalli*: masa cocida de maíz) significa maíz cocido con cal Cabrera (1972).

La nixtamalización es el proceso en el cual los granos, generalmente maíz, son cocidos con agua y cal para formar nixtamal. Este proceso fue primeramente utilizado por las culturas mesoamericanas (*v. gr.* aztecas, mayas) para la manufactura de muchos alimentos típicos que fueron y son el sustento principal de los pueblos mexicanos y centroamericanos.

La nixtamalización es un procedimiento de antigüedad milenaria que logra, a través de la cocción del maíz en agua adicionada con cal, la gelificación de los almidones y otorga a la tortilla y otros productos nixtamalizados su notoria flexibilidad y sabor. Los productos de maíz cocidos con cal son una fuente importante de energía, proteínas, fibra dietaria y calcio para las personas que dependen de estos productos como alimento principal. Las condiciones del

procesamiento para la obtención del nixtamal varía dependiendo de: tipo de escala de producción (doméstica, comercial o industrial); del molino o tortilladora, de los hábitos regionales, de las formas de consumo y de la variedad del grano de maíz utilizado.

2.12.1 Método tradicional de nixtamalización

El molinero tradicional inicia sus labores alrededor de las tres o cuatro de la tarde en donde cierne el grano para eliminar las impurezas tales como tamo, olote, cañuela, piedras, metales, etc. Una vez realizada esta etapa se agrega el maíz limpio a tinajas de cocimiento en las cuales se le adiciona una solución de agua con aproximadamente 1.5 % de cal en base al peso del maíz.

La temperatura de la solución varía de 70 a 80 °C en donde se va a precocer por un tiempo aproximado de 2 a 3 horas dependiendo de la dureza del grano, fuerza de la cal y temperatura del agua (Dirección Corporativa de Producción, 1993).

Una vez que el grano ha sido cocido se pasa a tinajas de lavado en donde se elimina el material flotante (maíz podrido, impurezas, maíz picado, etc.), en ésta parte también se elimina parte del pericarpio del grano, el pedicelo y muy poco germen. La pérdida o remoción del pericarpio es un factor muy importante en el cocimiento alcalino porque este contribuye a la pérdida de materia seca. Después de esto, se deja reposar el nixtamal durante toda la noche y alrededor de las 5 a 6 de la mañana empieza la etapa de la molienda, para lo cual se emplean molinos de piedra volcánica, los que por sus mismas características tendrán variables tales como mayor o menor filo para el picado de las piedras y mayor o menor eficiencia de la molienda por la carga a la que se le someta. Finalmente la masa obtenida se prepara en "maletas", las cuales son entregadas posteriormente al cliente. Este método de elaboración tiene un porcentaje de mermas que oscila entre un 15 al 30 % dependiendo de las condiciones de operación, calidad del grano, temperatura ambiental, entre otros Flores (1996).

2.12.2 Factores que influyen en el proceso de nixtamalización

Los factores que influyen en el proceso de nixtamalización son: tiempo y temperatura de cocimiento, tipo y concentración de cal, características físicas y químicas del maíz (tipo del endospermo, estructura del grano, dureza, homogeneidad en tamaño, porcentaje de grano dañado. relación amilosa-amilopectina, etc.), frecuencia de agitación durante el cocimiento, así como procedimientos de lavado y reposo Baéz *et al.* (1990).

Las condiciones de proceso deben promover los cambios físicos y químicos necesarios en el maíz para obtener la funcionalidad de textura y humedad deseada para el manejo y procesamiento del nixtamal y masa, y la calidad de los productos Almeida *et al.* (1996).

2.12.2.1 Papel de la cal

El tratamiento con cal facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el remojo, controla la actividad microbiana, afecta en el sabor, olor, color, vida de anaquel y el valor nutricional de las tortillas. La cal actúa de una manera similar a un álcali muy fuerte, separando a la fibra en sus componentes, como hemicelulosa. En algunas instancias, las concentraciones elevadas de cal son utilizadas para incrementar el pH de las tortillas a un nivel en el cual el desarrollo microbiano es retardado. La cal penetra al grano principalmente a través del germen, el cual es la parte anatómica que contiene una mayor concentración de calcio después de la cocción y remojo. La cal también afecta el color de la tortilla. Aun cuando las tortillas sean producidas a partir de granos blancos, una alta concentración de cal, da como resultado un producto amarillento. La intensidad del color se relaciona íntimamente con los pigmentos carotenoides, flavonoides y pH. La cal afecta directa e indirectamente la cantidad de sólidos que van al sistema de desagüe de la planta. Debido a que sólo una pequeña cantidad de cal (menos del 0.2 %) es retenida por el grano durante la cocción y el remojo, el resto es descargado al flujo que sale de la planta. Las altas concentraciones de cal incrementan las pérdidas totales del material seco del maíz Soyano Noticias (1993).

2.12.2.2 Cambios físicos y químicos

a) Proteínas. El cocimiento con cal altera los patrones de solubilidad de las proteínas del maíz. Vivas y otros autores (1990), encontraron que la cocción con cal y el cocimiento de la tortilla reducen las proteínas solubles en sal y agua (albúminas y globulinas) y las solubles en alcohol (prolaminas) e incrementan la cantidad de proteínas inextraíbles. Al freír las tortillas para elaborar tostaditas se reduce aún más la solubilidad de albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas. Las bandas electroforéticas de las fracciones extraídas de las tostaditas de tortilla son considerablemente más intensas que aquellas del grano crudo. El tratamiento térmico secuencial aplicado durante el proceso causa interacciones hidrofóbicas, desnaturalización de la proteína y proteínas ligadas. Estos cambios químicos son responsables de la disminución de solubilidad de la proteína y una gran cantidad de proteína insoluble es recuperada en los residuos de las tostaditas de tortilla.

b) Almidón. Solamente una pequeña parte de los gránulos de almidón son gelatinizados durante la cocción y el remojo. La susceptibilidad de las enzimas del almidón aumenta discretamente durante la cocción del maíz con cal, pero el mayor incremento ocurre durante la molienda y horneado Serna-Saldivar *et al.* (1990). La estructura de los gránulos de almidón naturales son parcialmente fragmentados, observándose mediante Rayos X, un patrón menos organizado. Sin embargo, las alteraciones en la cristalinidad del almidón causado por la cocción se reestructura por la recristalización o reposo durante el remojo Gómez *et al.* (1991). La re-asociación de las moléculas de almidón pueden afectar significativamente las propiedades reológicas subsecuentes de los productos elaborados a base de masa. Cuando el nixtamal es molido para formar la masa, los gránulos de almidón se gelatinizan debido a la fricción de las piedras del molino. En algunas instancias, la molienda puede incrementar la temperatura de la masa de 26 a 52 °C. Del 4-7 % aproximadamente de los gránulos de almidón pierden completamente su birrefringencia durante la cocción con cal, el remojo y la molienda.

Muchos de los gránulos de almidón tienen una forma irregular, y la mayoría de las veces sólo alguna parte, (menos del 60-70 %) de los gránulos individuales

exhiben birrefringencia Gómez *et al.* (1989). Estos pequeños, pero significativos cambios en la fracción almidón del maíz modifica las propiedades de viscosidad del almidón, y esto imparte las características de textura a la masa. Del 4-7 % del almidón gelatinizado forma una "goma" que provee una continua malla entre los gránulos de almidón libres y las piezas del endospermo que contiene la masa Gómez *et al.* (1992).

c) Lípidos. Aproximadamente del 1-2 % del peso seco de la masa tiene distribuidos libremente a los lípidos a través de esta fase continua. La fracción lípida esta principalmente compuesta por lípidos parcialmente emulsificados en la fase acuosa de la masa y lípidos libres que interactúan, tanto con los péptidos, como con los carbohidratos alterando las propiedades de la masa Soyano Noticias (1993).

2.13 Proceso no convencional de nixtamalización

Desarrollado en el CINVESTAV de Querétaro. Consiste en agregar el maíz molido con la cantidad de agua y cal necesaria para llevar a cabo los cambios físicos y químicos propios de la nixtamalización en minutos, con la ventaja de disminución de costos de producción debido al ahorro de gas y agua, sin efluentes contaminantes y menor pérdida de nutrientes durante el proceso Figueroa (1999 a).

2.14 Evolución de la tortilla

El hombre prehispánico comenzó a guardar el grano de cada cosecha para transformarlo en algo que pudiera comer. Así transformó el grano duro y seco en una masa con la que debió hacer las primeras tortillas.

En un estudio antropológico Katz (1974), llegó a la conclusión de que los pueblos precolombinos que sobrevivieron más tiempo fueron aquéllos que utilizaban para su alimentación el maíz con tratamiento térmico-alcalino. Esto es muy interesante, ya que las proteínas del maíz son de un valor nutritivo muy bajo, pero mejoran su calidad después de haber sido sometidas a dicho tratamiento. A

pesar de existir pérdida de algunos aminoácidos, grasa y minerales, el maíz nixtamalizado presenta un valor mayor desde el punto de vista de aprovechamiento de los nutrientes que el maíz crudo.

Tal vez el primer sistema que empleó para “*echar*” las tortillas fue moler el maíz directamente y obtener un polvo (la harina) a la cual se le agregaba agua, que se podía amasar en forma de una pasta que se cocía fácilmente y con la que podría hacer tortillas. Sólo que debió sorprenderse al ver que su “*polvo*” se descomponía con facilidad (se enranciaba) y adquiría mal olor al cabo de tres o cuatro días Rubio (1993). La causa de esta descomposición es la oxidación de las grasas del germen debido a las enzimas que producen la rancidez. Por supuesto que para estos primeros experimentadores prehispánicos, la solución de molido directo para preparar su alimentación no era lo más indicado y por eso trataron de encontrar otra manera de preparar la masa con la que preparaban las tortillas.

El molido en seco solamente se puede hacer si se remueve parte de la punta del maíz, puesto que es donde está el germen que aloja el aceite y las proteínas que se oxidan. Tal vez por eso mismo, los indios Venezolanos creían que los dioses del mal se encontraban alojados en la punta del maíz Rubio (1993).

Al experimentador prehispánico no le quedaba otra posibilidad que la del empleo del fuego para romper los granos por cocción y desprender la punta. Más adelante descubrieron que la ceniza producida por la leña utilizada para cocer los alimentos les sería de gran utilidad, porque la ceniza, óxido de sodio y potasio, mezclada con agua se convierte en una “*lejía*” alcalina que ablanda y destruye la cáscara del grano. La cáscara protege al grano en situaciones normales de la humedad ambiental, evitando así que germine, pero es un elemento sumamente indigesto.

Sin lugar a dudas, cuando se descubrió la cal viva o apagada (quemando piedra caliza con madera para producir óxido de calcio), que en presencia de agua forma el hidróxido de cal o cal hídrica, se encontró el primer elemento

químico que se probó en la nixtamalización; empleo que subsiste hasta nuestros días.

El maíz tiene diferentes colores: blanco, colorado, morado, azul y amarillo. Derivados del maíz son: tortillas, tostadas, gordas, garnachas, memelas, martajadas, picadas, pellizcadas, tlayudas, enfrijoladas, enchiladas, chalupas, quesadillas, peneques, papadzules, totopos, sopes, molotes, esquites, chilmore, panuchos, tacos, tlacoyos, chilaquiles, pozole. En dulce como pinoles, gorditas de azúcar o piloncillo o en bebidas como atoles. Cuando es reciente el fruto del maíz se llama xilotos y son tiernos, tanto que se pueden comer con todo y hijas; cuando son medio maduros se les llama elotes del náhuatl "mazorca del maíz", cuando han alcanzado la madurez se les llama mazorcas, de las que se desgrana el maíz.

Diversos investigadores han descrito el modo en que se cocina el maíz en las zonas rurales de los países consumidores de tortillas Llescas (1943) fue el primero en describir el proceso tal como se lleva a cabo en México. Consiste en mezclar una parte de maíz integral con dos partes de una solución de cal a aproximadamente el 1 %. La mezcla se calienta a 80 ° C durante un lapso de 20 a 45 minutos y luego se deja reposar toda la noche. Al día siguiente, se decanta el líquido cocido llamado nejayote y el maíz, denominado entonces nixtamal, se lava dos o tres veces con agua para eliminar el pericarpio solubilizado y el exceso de cal, las impurezas del grano. La añadidura de cal en las fases de cocción y de remojo contribuye a eliminar las cubiertas seminales; los subproductos se desechan o bien sirven para alimentar ganado porcino. Originalmente, se convertía el maíz en masa moliéndolo varias veces con una piedra plana hasta que las partículas gruesas alcanzaran la finura requerida; actualmente, la molienda inicial se realiza con un aparato de moler carne o con molinillos de disco y luego se refina la masa con la piedra. Para terminar, se toman unos 50 g de masa y se aplanan, tostándolo luego por ambos lados en una plancha caliente o placa de arcilla.

2.14.1 Tortillas de maíz

La tortilla fue sin duda la industrialización primitiva del maíz; un producto alimentario que tenía la versatilidad de acompañar a los demás alimentos y aún seca era comestible, no se descomponía y era también fácil de hidratar.

Fue tan hábil, exitosa y apropiada la creación de la tortilla, que ha perdurado hasta nuestros días, y su producción se ha ido modernizado para adaptarse a los niveles de progreso de las sociedades modernas.

Las tortillas siguen usándose como principio, medio y fin de las comidas, y de su inagotable especie surgirán los llamados “antojitos”, para después llegar a lo que en la actualidad conocemos como “tortilla chips” o botanas a base de tortilla.

A la masa se le da la forma para convertirla primero en tortillas y posteriormente en “tostadas” mediante un proceso de horneado que permite que este alimento se conserve fresco durante seis meses sin necesidad de conservadores.

Pues mientras las mujeres del Istmo mejoran su técnica de “torteo” para hacer tortillas más grandes que puedan alcanzar el récord “guinness”, el gusto por este alimento mexicano sigue traspasando sus fronteras y revolucionando la gastronomía de Estados Unidos y algunos países de Europa.

Hace unas décadas, en Estados Unidos era impensable encontrar tortillas en el supermercado y se hablaba de ellas como algo exótico y curioso que los angloamericanos no sabían cómo comer. Sin embargo, ahora en todas las ciudades de este país, podemos encontrarlas de maíz o de harina y acompañar nuestros alimentos con ellas. Pero no sólo eso, sino que se han inventado derivaciones de la misma, creando una nueva cultura gastronómica, particularmente de las zonas fronterizas de este país, que resulta exótica y curiosa para los mexicanos Talavera-Franco (2003).

2.14.2 Calidad de la tortilla

Las características de calidad de las tortillas de maíz varían entre las regiones de México, y muchos más, fuera del país. Existen tortillas delgadas, con pesos de 18 a 23 gramos, algunas son infladas durante la cocción, mientras que otras se prefieren sin inflar, sin embargo es importante y necesario la flexibilidad y firmeza para usarse como taco o cuchara. La superficie no debe ser porosa, debe tener suficiente humedad para recalentarse y mantenerse flexible, ya que las tortillas de baja humedad se hacen rígidas. La tortilla en general, después de enfriarse, pierde humedad, en virtud de la pérdida de gomas naturales durante el proceso de nixtamalización, razón por la cual, se le agregan gomas para conservar la humedad y flexibilidad (Almeida y Rooney, 1996; Mauricio, 1997).

En cuanto al color se prefieren blancas o amarillas, aunque por regiones geográficas dentro de México son de muy diversos colores: azules o rojas, siempre se buscan de colores brillantes Almeida y Rooney (1996). En cuanto a sabor y aroma, este es característico a la mezcla de la cal con el maíz Ordaz (1994).

La calidad nutritiva se refiere a la proporción de nutrientes que contenga la tortilla; tal es el caso de las tortillas integrales realizadas con el método no convencional de nixtamalización, en el cual adquieren una mayor proporción de fibra y proteína, comparada con la tortilla tradicional nixtamalizada (Figueroa *et al.* 1994; González-Hernández *et al.* 1997).

2.14.3 Valor nutricional de la tortilla

El maíz representa cerca de la mitad del volumen total de alimentos que se consumen cada año en nuestro país. Este cereal se consume principalmente en forma de tortillas y ha generado una industria que aún cuando se encuentra en miles de pequeños establecimientos, es de enorme importancia.

Además de la tortilla, se tiene una gran variedad de alimentos preparados con harinas o masa de maíz y que forman parte de la dieta doméstica y comercial. Existen también alimentos industrializados de consumo popular derivados del maíz como son: harinas, féculas, almidones, mieles, hojuelas, aceites y golosinas. A nivel regional el maíz constituye la fuente de energía más importante en la alimentación del pueblo de México; así en los estados del norte, el maíz aporta en promedio el 30 % del valor total calórico de la dieta, mientras que en el centro representa el 39 % y en el sur el 38 % (CONAL, 1990).

La población mexicana satisface entre el 60 y 75 % de sus necesidades de energía, el 60 % de las proteínas y 87 % del calcio total de la dieta cuando el maíz se consume en forma de tortilla.

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental del presente trabajo fue realizado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el laboratorio de Nutrición Animal perteneciente al Departamento del mismo nombre.

3.1 Caracterización bromatológica del grano de maíz

Se realizó de acuerdo a los procedimientos descritos por la AOAC (1990), para Materia seca total, Cenizas, Proteína, grasa y fibra cruda en el periodo Septiembre a Noviembre de 2011.

Se evaluaron nutricionalmente once variedades de maíz General Cepeda 1, Jaguan, Nuncio, Jagüey, Chapultepec, A7573, AN-447, PAzul2011, General Cepeda 2, PAM (2011) y PAM (2010), las cuales fueron recolectadas en las localidades de El Mezquite N.L., General Cepeda, Nuncio y Chapultepec en Arteaga y Jagüey de Ferniza, Saltillo, Coahuila.

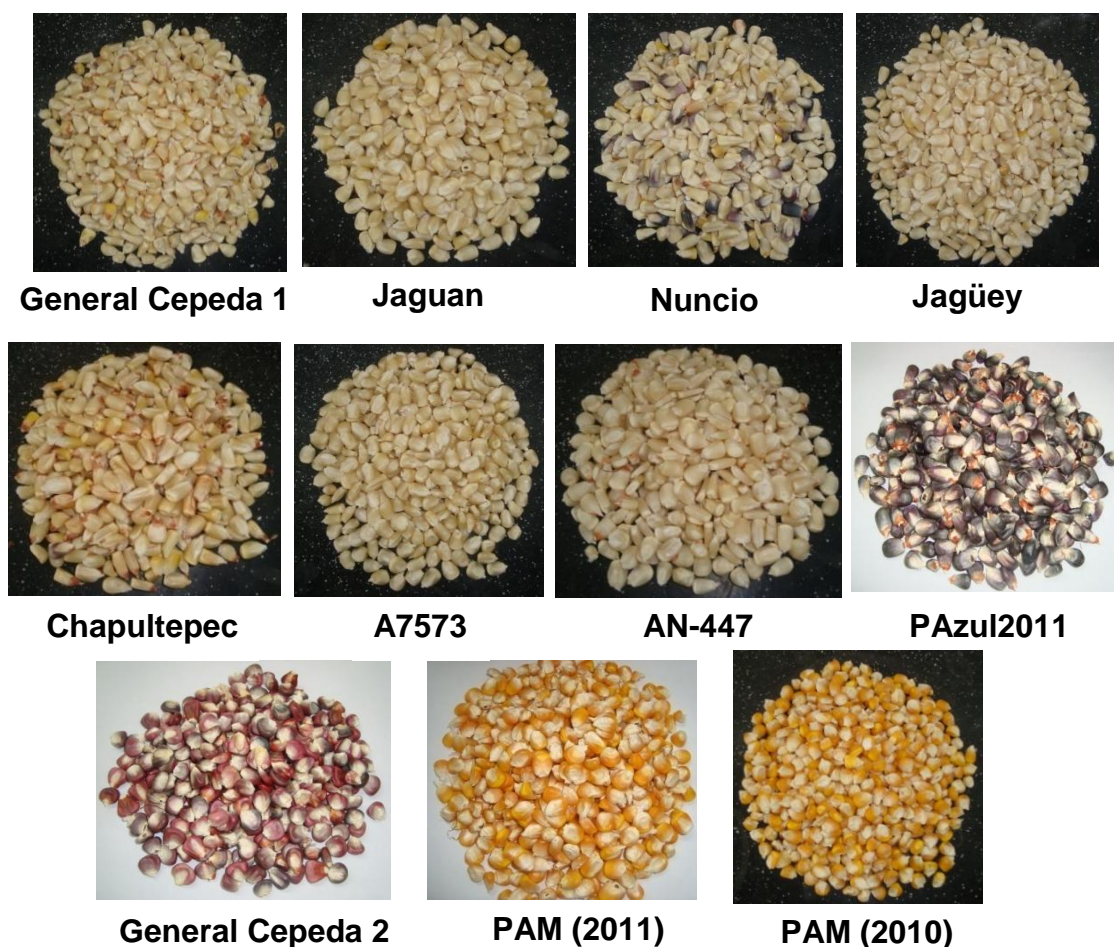


Figura 3. Variedades de maíz utilizadas en el estudio.

3.2 Materiales

1. Crisoles de porcelana
2. Espátula
3. Agua destilada
4. Matraces bola
5. Sifones
6. Dedales de celulosa
7. Papel filtro
8. Vasos Berzelius
9. Filtros de tela de lino
10. Vaso de precipitado de 10 ml., 100ml.
11. Matraces Kjeldhal de 800 ml.
12. Desecador
13. Perlas de vidrio
14. Matraz Erlenmeyer de 125 ml., 500 ml.
15. Papel aluminio
16. Probetas
17. Bureta
18. Morteros
19. Pinzas para crisoles y para matraces bola
20. Prensa de metal.

3.3 Equipos

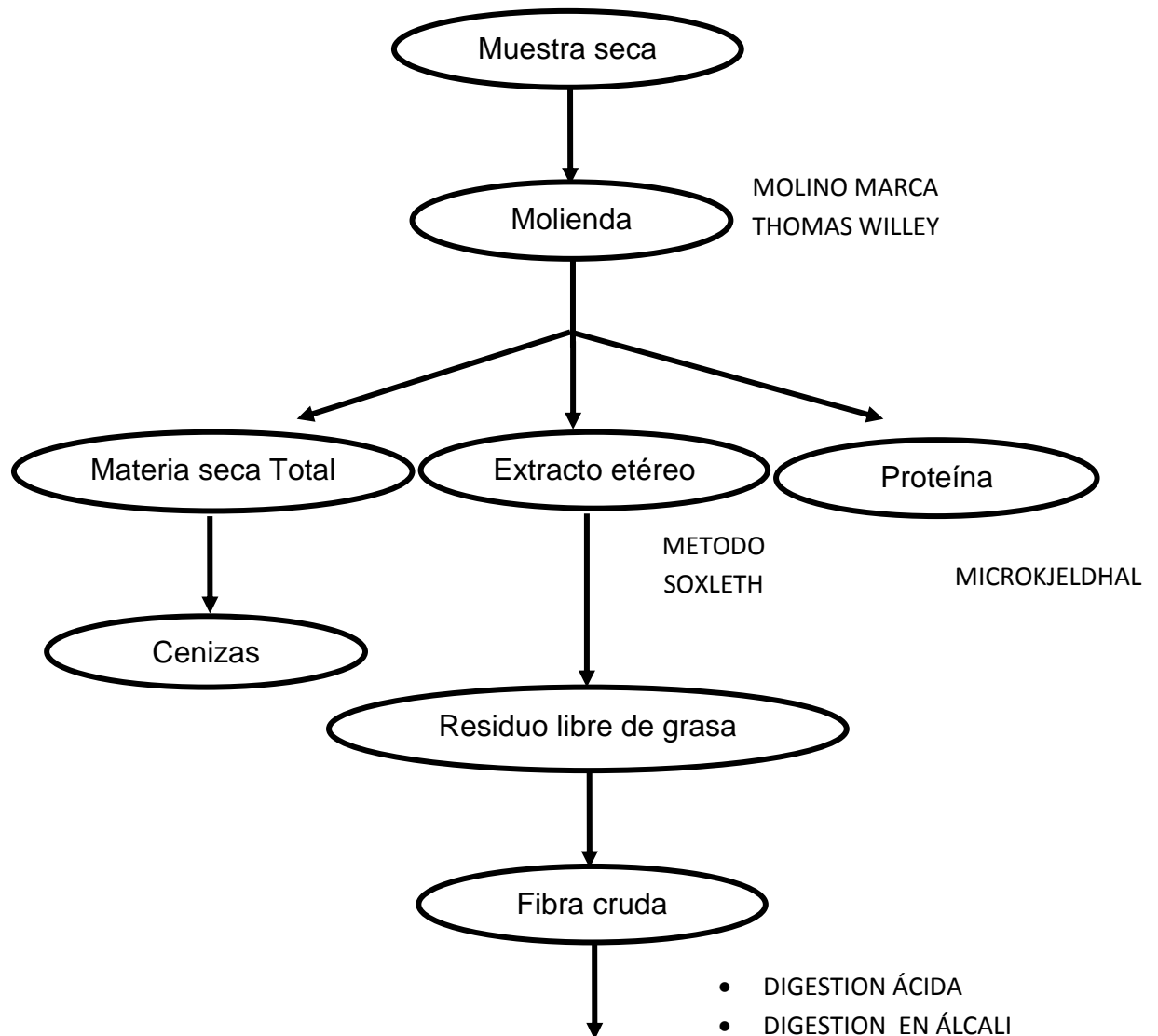
1. Molino Marca Thomas Willey, modelo 4, con una malla de 1 mm
2. Equipo Soxhlet marca BI modelo Electromantle
3. Micro Kjeldhal marca Labconco rapid distillation unit
4. Estufa con circulación de aire caliente. Marca THELCO modelo 27 CGA/PERCISION SCIENTIFIC
5. Estufa de secado de muestra de temperaturas de 55° – 60° C marca ROBERTSHAW
6. Balanza Analítica marca AND modelo HR-200 y balanza analítica marca Explorer OHAUS.

7. Mufla marca. Thermolyne modelo Furnace
8. Parrillas de Macro kjeldhal Labconco
9. Aparato de digestión y destilación marca Labconco
10. Aparato de reflujo marca Labconco modelo Eseicon.
11. Molino de Mano

3.4 Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido sulfúrico de 0.225 N ó al 25 %
- Hidróxido de Sodio 0.313 N ó al 25 %
- Ácido Sulfúrico de 0.1 N
- Hidróxido de Sodio 45 %
- Ácido Bórico 4 %
- H_2SO_4 0.026809 N
- $Ca(OH_2)$ (cal)
- Éter de Petróleo (Solvente)
- Mezcla digestora
- Mezcla reactiva de selenio (Catalizador)
- Granallas de zinc.

3.5 Análisis Proximal del grano de maíz



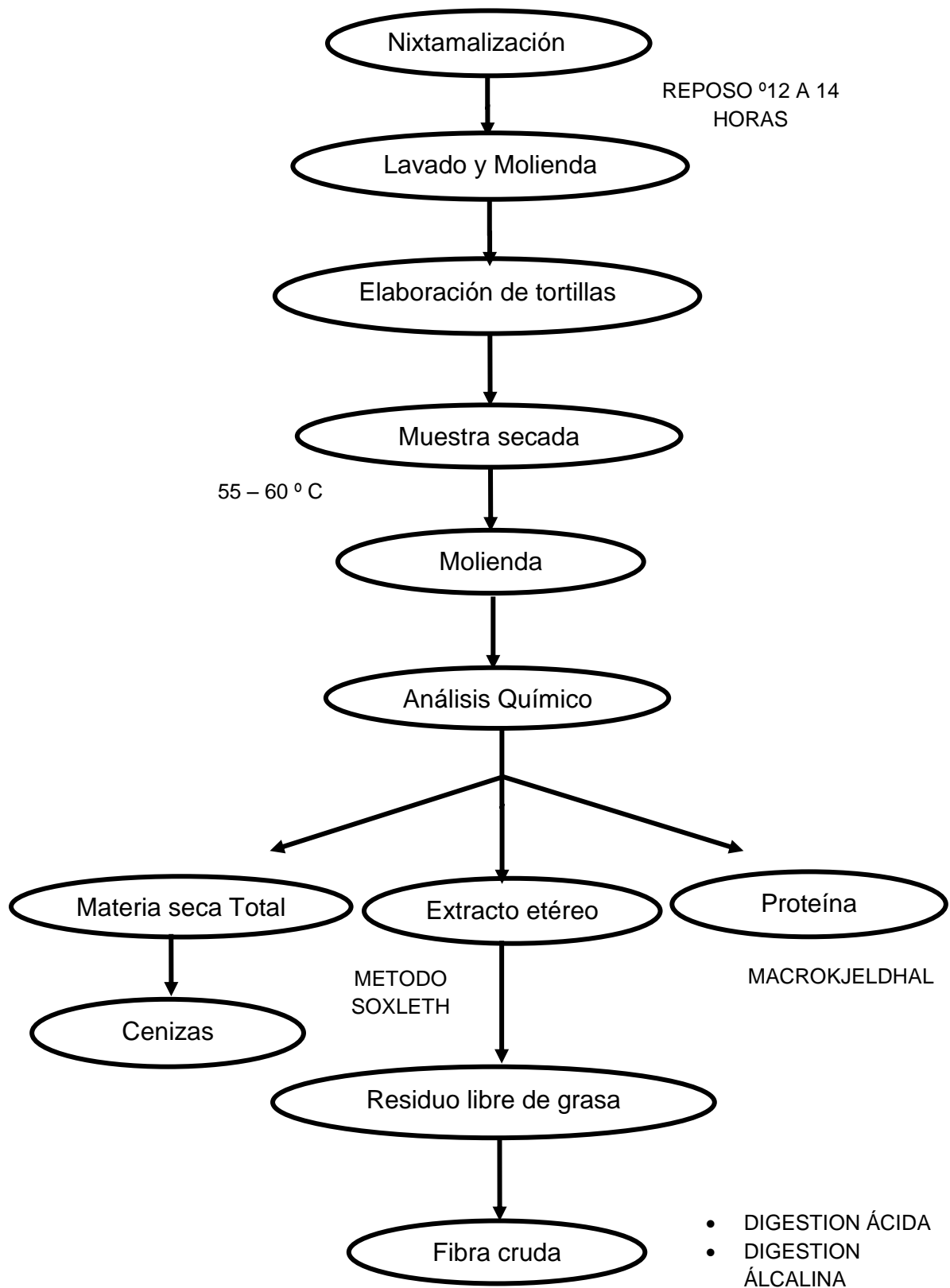


Figura 4. Diagrama de flujo del análisis proximal.

3.5.1 Obtención del maíz

La amplia diversidad de los materiales (variedades) fue definida con el propósito de obtener información de sus propiedades químicas para compararlas con el proceso de nixtamalización. La muestra del material experimental fue obtenida de siembras de los años 2008 – 2011 en las localidades de El Mezquite N.L., General Cepeda, Nuncio y Chapultepec en Arteaga y Jagüey de Ferniza, Saltillo, Coahuila.

3.5.2 Molienda de las muestras secas

La molienda de las muestras secas se realizó en un molino Marca Thomas Willey, modelo 4, con una malla de 1 mm, las cuales fueron colocadas en frascos de plástico para su conservación (Figura 5).



Figura 5. Molienda de las diferentes variedades de maíz que se guardaron en frascos para su conservación.

3.5.3 Determinación de materia seca total (MST)

Se realizó una prueba para conocer la cantidad de materia seca total o sólidos, la cual se obtiene mediante la evaporación total de la humedad a una temperatura por encima de los 100 °C.

Se pesaron 2 gramos de muestra seca sobre un papel limpio y tarando el peso del papel, después se colocó la muestra pesada en el crisol y se metió en la estufa durante 24 horas, transcurrido el tiempo se sacó la muestra de la estufa y se dejó enfriar por 15 a 20 minutos en un desecador, por último se registró el peso. Para obtener los resultados se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca total} = \frac{\text{crisol con muestra seca} - \text{crisol solo}}{\text{gramos de la muestra}} \times 100$$

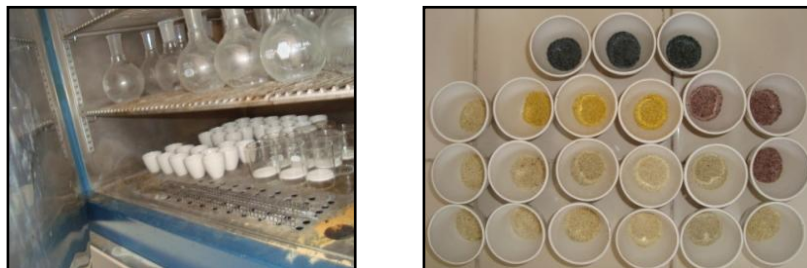


Figura 6. Muestras introducidas en crisoles que se colocaron en la estufa marca J.M. Ortiz durante 24 horas.

3.5.4 Determinación de humedad

Para la determinación de la humedad, se realizó por diferencia de 100, menos los resultados obtenidos en la determinación de (MST).

3.5.5 Determinación de ceniza

La determinación del contenido de ceniza se realizó por el método seco, para lo cual se realizaron los siguientes pasos: después de haber determinado la cantidad de materia seca total y haberse pesado, se pre-incineró en parrillas hasta dejar de sacar humos, después se pasó a la mufla por un periodo de 2 a 3 horas a una temperatura de 600 °C, transcurrido el tiempo se sacó de la mufla y se dejó enfriar en un desecador de 30 a 40 minutos, por último se pesó.

Con la siguiente formula se obtuvieron los resultados:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{crisol con cenizas} - \text{crisol solo}}{\text{gramos de la muestra}} \times 100$$



Figura 7. La muestra utilizada en la determinación de materia seca total.

3.5.6 Determinación de proteína por método de Microkjeldhal

La determinación de proteína se realizó por medio del método de microkjeldhal, para esto se realizaron los siguientes pasos: se pesaron 0.050 gramos que se colocó en un matraz Kjeldhal 100 ml ,después se le agregaron 4 ml de mezcla digestora, se conectó al digestor Microkjeldhal y se dejó digerir hasta que la muestra tomo color cristalino. Posteriormente se realizó la destilación con el microdestilador Kjeldhal marca Labconco hasta recuperar 60 ml del destilado para finalmente concluir con la titulación con H₂SO₄ 0.026809 N registrando los ml gastados. El resultado se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{(\text{ml gastados} - \text{ml del blanco})(\text{Normalidad del ácido})(0.014)}{\text{gramos de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteina} = (\% \text{ Nitrogeno})(\text{Factor de conversion})$$

Nota: El factor de conversión para el cálculo de proteína cruda fue de 6.25 para maíz.



Figura 8. Digestión, destilación y titulación por microkjeldhal.

3.5.7 Determinación de Extracto etéreo o grasa (Método Soxhlet)

Se pesaron 4 g de muestra seca sobre papel filtro por triplicado, los cuales se depositaron en cartuchos o dedales porosos de celulosa y se cubrió con algodón, una vez realizado el paso anterior se colocó el dedal dentro del sifón. Posteriormente se acoplo al refrigerante del dispositivo Soxhlet marca BI modelo Electromantle con un matraz redondo fondo plano, boca esmerilada previamente pesado, al que se agregó éter de petróleo para extraer la grasa por un período de 4 horas, transcurrido el tiempo se colocaron en la estufa a 100- 103° C por un

espacio de 12 horas, se secaron en un desecador por 15 min y se obtuvieron los resultados con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{\text{Matraz con grasa} - \text{Matraz solo}}{\text{gramos de la muestra}} \times 100$$



Figura 9. Extracción de grasa por el método Soxhlet

3.5.8 Determinación de fibra cruda

Se determinó la cantidad de fibra después de haber desengrasado la muestra por medio de los pasos: se pesaron 2 gramos de muestra previamente desengrasada y se colocó en un vaso de Berzelius, se realizó una digestión ácida con 100 ml de solución de ácido sulfúrico 0.225 N, y una digestión básica con 100 ml de hidróxido de sodio, transcurrido el tiempo de 30 minutos por cada digestión, se enjuagó con agua destilada. Posteriormente, se colocó la muestra en la estufa de 100 a 103 °C por un tiempo de 12 horas, transcurrido el tiempo se retiró la muestra de la estufa, se enfrió y se pesó, por último la muestra se pre incineró en una parrilla y se colocó en la mufla a 600 °C por tres horas, se sacó, se enfrió y se pesó. Los resultados se calcularon con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{\text{Crisol con fibra seca} - \text{Crisol con cenizas}}{\text{gramos de la muestra}} \times 100$$



Figura 10. Fibra cruda por medio de una digestión ácida con ácido sulfúrico 0.225 N y una digestión básica con hidróxido de sodio 0.313 N.

3.5.9 Proceso de nixtamalización

3.5.9.1 Nixtamalización

Para el proceso de la nixtamalización: se hirvieron 100 gramos de maíz con agua en una proporción de 700 ml a 800ml, al que se le agregó 3 gramos Ca (OH)₂, con la cual anteriormente se realizaron pruebas. El pH que se alcanzo fue de 12.8 – 13; con un tiempo de cocimiento de 40 minutos a 1 hora, dependiendo de la variedad que se trate: las de endospermo suave requieren menos tiempo, comparado con las del endospermo duro.

Después del periodo de ebullición, se cortó el suministro de calor y se dejó reposar 14 horas, lapso en el cual se alcanza la temperatura ambiente.

Este procedimiento está basado en Trejo *et al.* (1982).



Figura 11. Cocimiento del maíz en recipientes de peltre en una estufa normal de gas. Reposo en vasos de precipitado de 500ml tapados con papel aluminio.

3.5.9.2 Lavado y molienda

El agua de cocción, llamada nejayote, se eliminó y se procedió posteriormente al lavado del nixtamal, eliminando el exceso de cal.

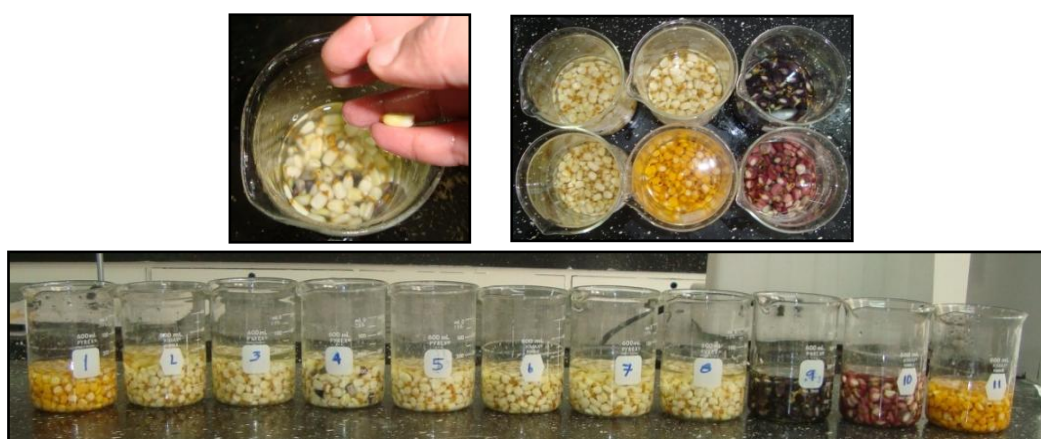


Figura 12. Lavado del nixtamal.

Posteriormente se molió en un molino manual para granos, para continuar con la elaboración de tortillas.



Figura 13. Molienda de maíz en molino manual.

3.5.9.3 Elaboración de tortillas

Una vez obtenida la muestra molida se pesó y se colocó dentro de un recipiente, donde se le agregaron de 35 a 45 ml de agua purificada, mezclándose hasta obtener una masa hidratada.



Figura 14. Mezcla de agua con la muestra molida para obtener las tortillas.

3.5.10 Secado de las muestras frescas

Se colocó aproximadamente un 50 % de cada muestra fresca en charolas de aluminio y dejaron en la estufa a temperatura de 50 – 60 °C por 24 horas, revisando que el secado fuera uniforme en las muestras. Transcurrido el tiempo, se sacaron las muestras y se dejaron enfriar a temperatura ambiente por 5 minutos.



Figura 15. Secado de tortillas de maíz azul y maíz AN-447 en una estufa marca ROBERTSHAW.

3.5.11 Molienda de las muestras secas

La molienda de las muestras secas se realizó con mortero y mano de porcelana y posteriormente se colocó en frasco para una mejor conservación de la muestra.



Figura 16. Molienda de tortillas de maíz mejorado población amarilla en un mortero para posterior análisis químico.

3.5.12 Análisis Químico

Para llevar a cabo el análisis químico de la tortilla se hizo lo mismo que con el grano de maíz, basados en los procedimientos descritos en el A.O.A.C. (1990).

Para MST, cenizas, humedad, extracto etéreo, fibra cruda y proteína que en este caso fue por el método de Macrokjeldhal.

3.5.13 Determinación de proteína por método de Macrokjeldhal

Para la determinación de proteína por el método de Macrokjeldhal, se pesaron 1 gramos de muestra envuelta en papel filtro del #1, después se colocó en un matraz Kjeldhal de 800 ml, se agregaron 3 perlas de vidrio con la finalidad de mantener constante la ebullición, así también se añadieron 30 ml de ácido sulfúrico concentrado, se colocaron en parrillas para la digestión hasta obtener un color verde cristalino y se dejaron enfriar.

Para la destilación se le agregaron 300 ml de agua destilada al resultado de la digestión, también 110 ml de hidróxido de sodio y seis granallas de zinc. Para recibir la destilación se utilizó un matraz Erlenmeyer de 500 ml donde se le agregó 50 ml de ácido bórico al 4 % y 4 gotas de indicador mixto.

Por último se tituló con ácido sulfúrico 0.1 N vire de color azul a rojo lo que se recuperó de la destilación que fue 250 ml. Anotar los mililitros gastados y realizar los cálculos con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{(\text{ml gastados} - \text{ml del blanco})(\text{Normalidad del ácido})(0.014)}{\text{gramos de la muestra}} \times 100$$

Nota: El factor de conversión para el cálculo de proteína cruda fue de 6.25 para maíz.



Figura 17. Obtención de nitrógeno del aparato Macrokjeldhal (digestión, destilación y titulación).

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados experimentales generales de las diferentes variedades de maíz (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparativo de tortilla vs grano de maíz.

Variables	Media	Error estándar
% Materia seca total en la tortilla	95.90	±0.104
% Humedad en la tortilla	4.08	±0.104
% Extracto etéreo en la tortilla	2.58	±0.076
% Cenizas totales en la tortilla	1.60	±0.026
% Fibra en la tortilla	0.68	±0.021
% Proteína en la tortilla	10.57	±0.169
% Materia seca total en el grano	88.82	±0.538
% Humedad en el grano	11.17	±0.537
% Extracto etéreo en el grano	8.16	±0.318
% Cenizas totales en el grano	2.13	±0.076
% Fibra en el grano	1.19	±0.062
% Proteína en el grano	9.14	±0.257

En base a los resultados obtenidos, se puede observar que las variables en la tortilla, son mayores en proteína 10.57 y 2.58 de grasa, ya que Saldaña y Brown (1984) reportan un porcentaje de 9.7 y 1.5. En cuanto a cenizas el porcentaje obtenido en el análisis coincide con estos autores con 1.6. En la variable de fibra cruda el resultado de la media es de 0.68, es menor al reportado de 2.4.

Con respecto al grano de maíz las medias de las variables proteína y fibra, coinciden con Bressani *et al.* (1958), en cuanto a la materia seca total, coincide con Allen (1993).

Cabe mencionar que el comparativo de la tortilla vs grano, mostró diferencias significativas con respecto al % MST, ya que la tortilla presenta 95.90 % y el grano 88.81 %. De acuerdo con Billeb *et al.* (2001) señalan que hay pérdidas de materia seca durante la nixtamalización, en este caso la tortilla

presentó un porcentaje más alto al del grano, esto pudo deberse a que probablemente su endospermo es duro, ya que los granos suaves se cuecen demasiado rápido y el pericarpio no es removido de tal manera que se desprenden partes por un exhaustivo cocimiento.

En cuanto al porcentaje de humedad, es más alto para el grano, con respecto a la tortilla, estos cambios se dieron por el proceso al que fue sometido el grano de maíz hasta transformarse en tortilla. La diferencia en el porcentaje puede deberse a que la absorción de agua al momento de la cocción y el remojo fue lento, debido a que se trabajó con granos duros, tal como lo mencionan Serna-Saldívar *et al.* (1990). La rápida absorción de agua está directamente relacionada al endospermo suave, mientras que el grano tiene un endospermo duro, la absorción de agua será más lenta.

Otra causa de la disminución de humedad en la tortilla fue debido al proceso de elaboración.

Con respecto al porcentaje de extracto etéreo la tortilla reporta porcentajes bajos comparado con el grano; 2.58 y 8.16 % respectivamente; esto pudiera deberse al proceso de nixtamalización donde se pierden del 6 al 15 % de sólidos solubles de acuerdo a González – Hernández *et al.* (1997) en el líquido de cocimiento llamado nejayote ocurren pérdidas importantes de grasa y de otros nutrientes.

En el caso de las cenizas, la tortilla presenta pérdidas que no son tan significativas comparada con el porcentaje del grano. Sin embargo, existe un porcentaje más bajo en la tortilla, citado por Allen (1993), la mayor parte de los minerales se encuentran concentrados en el germen, representando el 78 % del total del grano. Por tal razón disminuye la cantidad de cenizas en la tortilla, ya que hay pérdidas de este componente durante el proceso de nixtamalización. No obstante difiere con lo reportado por Bressani (1989) que señala que el contenido de cenizas es ligeramente superior en la tortilla por la cal utilizada para cocer el maíz, dato que coincide con Rooney (1996) indica que hay un aumento de minerales sobre todo del calcio.

Al igual que en los porcentajes de ceniza, la fibra de la tortilla presentó un contenido bajo con 0.68 % y para el grano fue de 1.18 %. La mayor parte de estos nutrientes se pierden durante la cocción y lavado del maíz, ya que los contenidos más altos de fibra se encuentran en la cubierta seminal o pericarpio que es lo primero que se desprende según lo publicado por (Burge y Duensing, 1989) y Bressani (1990), en el proceso térmico alcalino existen pérdidas importantes que van de 9.21 a 14.4 % de fibra cruda.

En cuanto a la proteína en la tortilla es un poco más alta con un porcentaje de 10.57 % con respecto al grano de maíz con 9.14 %. Estos valores coinciden con Bressani (1990), quién indica que parte del pericarpio, almidón y proteína se solubilizan en el agua de nixtamal (nejayote) de modo que los componentes restantes se concentran y se extraen aminoácidos que de otra manera no se aprovechan.

Cuadro 8. Matriz de correlaciones no paramétricas para verificar la asociación entre las variables de acuerdo al coeficiente de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

Variables	% MST tortilla	% H tortilla	% E.E. tortilla	% C tortilla	% F tortilla	% P tortilla	% MST grano	% H grano	% E.E. grano	% C grano	% F grano	% P grano
% MST tortilla	1.000	-1.000	-0.099	-0.397	0.381	0.118	-0.405*	0.387*	-0.308	-0.150	0.311	-0.252
% H tortilla	-1.000	1.000	0.099	0.397*	-0.381*	-0.118	0.405*	-0.387*	0.308	0.150	-0.311	0.252
% E.E. tortilla	-0.099	0.099	1.000	0.043	-0.501*	0.293	0.454*	-0.433*	0.612*	0.319	-0.109	0.102
% C tortilla	-0.397*	0.397*	0.043	1.000	-0.272	0.097	0.193	-0.183	0.071	0.390*	-0.645*	-0.011
% F tortilla	0.381*	-0.381*	-0.501*	-0.272	1.000**	-0.526*	-0.518*	0.495*	-0.746*	-0.667*	0.189	0.405*
% P tortilla	0.118	-0.118	0.293	0.097	-0.526*	1.000	-0.211	0.234	0.485*	0.553*	0.137	-0.171
% MST grano	-0.405*	0.405*	0.454*	0.193	-0.518*	-0.211	1.000	-0.996*	0.704*	0.454*	-0.314	-0.135
% H grano	0.387*	-0.387*	-0.433*	-0.183	0.495*	0.234	-0.996*	1.000	-0.688*	-0.444*	0.314	0.144
% E.E. grano	-0.308	0.308	0.612*	0.071	-0.746*	0.485*	0.704*	-0.688*	1.000	0.756*	-0.072	-0.047
% C grano	-0.150	0.150	0.319	0.390*	-0.667*	0.553*	0.454*	-0.444*	0.756*	1.000	-0.146	-0.157
% F grano	0.311	-0.311	-0.109	-0.645*	0.189	0.137	-0.314	0.314	-0.072	-0.146	1.000	0.147
% P grano	-0.252	0.252	0.102	-0.011	0.405*	-0.171	-0.135	0.144	-0.047	-0.157	0.147	1.000

MST: Materia Seca Total, H: Humedad, E.E: Extracto Etéreo, C: Cenizas, F: Fibra, P: Proteína

* Los valores marcados son significativos con probabilidad $p \leq 0.05$

Los coeficientes de correlación significativos se marcan con un asterisco indicando cuales de las variables mostraron variación conjunta significativa, sea positiva o negativa.

Para este caso se tomaron en cuenta tres variables de importancia en la tortilla, que la hace nutritiva y por lo que es consumida. Las variables fueron; proteína, cenizas y fibra.

Como se muestra en (Cuadro 8), la correlación que presenta la variable proteína con respecto a fibra y cenizas. Para obtener una tortilla con características con altos valores de proteínas, ésta presentó bajo contenido de fibra, por la correlación negativa que ambas tienen. Es importante señalar que el grano con el que se elaboró la tortilla, fue rico en grasa y cenizas.

Por otra parte, para obtener una tortilla que presente un contenido alto de cenizas, ésta debe de ser una tortilla con menor MST % de acuerdo con la correlación negativa reportada en el Cuadro 8. Sin embargo, por la correlación positiva que existe con la humedad, su contenido de agua debe ser alto.

Ahora bien, para que la tortilla cumpla con estas características, se debe elaborar con granos ricos en cenizas.

Por último se observa una correlación positiva para el porcentaje de fibra con respecto a la MST, por lo tanto sí deseamos una tortilla con un mayor contenido de fibra, se requiere que cuente con un porcentaje alto de MST. Y deberá contar con poca grasa, humedad y proteínas. Es importante señalar que las tortillas que fueron obtenidas eran de granos pobres en MST, extracto etéreo y cenizas que presentaron una correlación negativa con respecto a la fibra. Cabe mencionar que los granos que utilizaron en el trabajo presentaron porcentajes altos en proteína y humedad.

Con los resultados encontrados se pudo obtener información de las once variedades de maíz y cuál de ellas puede proporcionar una tortilla con los nutrientes que debe presentar. Es importante recordar que no se puede tener a todos los nutrientes con altas concentraciones en un solo alimento.

Cuadro. 9 Medias de materia seca total para cada variedad de maíz en la tortilla.

No.	Variedad de maíz	% Materia seca total en la tortilla	
		Medias	
1	General Cepeda 1	95.06 g	
2	Jaguan	95.87 cd	
3	Nuncio	95.52 ef	
4	Jagüey	96.11 bc	
5	Chapultepec	96.20 b	
6	A7573	95.66 de	
7	AN-447	95.36 fg	
8	PAzul2011	96.86 a	
9	General Cepeda 2	96.89 a*	
10	PAM (2011)	96.18 b	
11	PAM (2010)	95.25 fg	

* Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

Al comparar el porcentaje de la materia seca total de la tortilla en las once variedades de maíz (Cuadro 9), las variedades con un mayor porcentaje fueron General Cepeda 2 con 96.89 y el PAzul2011 con 96.86, los cuales comparten la misma literal y son estadísticamente iguales. La tortilla con menor % MTS fue el maíz General Cepeda 1 con 95.06, esto puede deberse al tipo de endospermo, ya que de acuerdo con Billeb *et al.* (2001) durante la cocción alcalina las pérdidas de materia seca se ven directamente influenciadas por la estructura del endospermo, teóricamente un grano suave dará mayor porcentaje de pérdidas que un grano duro.

No obstante el resto de las variedades presentaron diferencias significativas.

Si bien, otra causa puede ser la pérdida de pericarpio y el pedicelo, las variedades con mayor % MST pudiera deberse a que tienen un pericarpio difícil de

separar, al igual que el pedicelo. La forma del grano influye grandemente en la eliminación del pericarpio, ya que los granos redondos y los pequeños conservaron en su mayoría todo el pericarpio luego del lavado.

Cuadro 10. Medias de humedad para cada variedad de maíz en la tortilla.

No.	Variedad de maíz	% Humedad en la tortilla	
		Medias	
1	General Cepeda 1	4.93	a*
2	Jaguan	4.12	de
3	Nuncio	4.47	bc
4	Jagüey	3.88	ef
5	Chapultepec	3.79	f
6	A7573	4.33	cd
7	AN-447	4.63	ab
8	PAzul2011	3.13	g
9	General Cepeda 2	3.10	g
10	PAM (2011)	3.81	f
11	PAM (2010)	4.74	ab

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

Los resultados obtenidos (Cuadro 10), donde la humedad de las once variedades de maíz tiene relación con la materia seca total, por esta razón se puede decir que las variedades de mayor porcentaje de humedad fueron las que presentaron bajo contenido de materia seca. La tortilla de maíz General Cepeda 1 con 4.93, fue la que tuvo mayor humedad, seguido por PAM (2010) y AN-477 siendo diferentes al resto de las variedades. Sin embargo, las tortillas de menor humedad fueron las de maíz General Cepeda 2 y PAzul2011 con 3.10 y 3.13 respectivamente.

La humedad en la tortilla con porcentaje más alto, probablemente pudo deberse a que al momento de su elaboración fueron a las que se les agrego más agua, no obstante este dato solo coincide con la variedad maíz AN-447 con 4.63, ya que a las otras variedades que se les agrego más agua. De acuerdo con Robutti *et*

al. (1999), la menor absorción de agua en la nixtamalización se relaciona con menor humedad en la tortilla.

Cuadro 11. Medias del extracto etéreo para cada variedad de maíz en la tortilla.

No.	Variedad de maíz	% Extracto etéreo en la tortilla	
		Medias	
1	General Cepeda 1	2.62	bcd
2	Jaguan	3.06	ab
3	Nuncio	2.67	bc
4	Jagüey	2.63	bcd
5	Chapultepec	2.90	ab
6	A7573	3.31	a*
7	AN-447	2.62	bcd
8	PAzul2011	2.08	de
9	General Cepeda 2	2.38	cde
10	PAM (2011)	1.98	e
11	PAM (2010)	2.11	de

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a las medias de la variable de extracto etéreo (Cuadro 11), la tortilla con porcentaje más alto de grasa fue la del maíz A7573 con 3.31, seguida del Chapultepec y Jaguan, en contraste con los más bajos siendo la variedad de maíz PAM (2011) con 1.98, PAzul2011 2.08, PAM (2010) 2.11 y General Cepeda 2 con 2.11. Probablemente debido a que las pérdidas de germen fueron menores, que es donde se encuentra el mejor depósito de lípidos, el cual contiene un 83 % del total de lípidos del grano Watson y Ramstad (1987). Se observa una clara disminución de lípidos, esto se puede atribuir a la pérdida parcial del germen y partes del grano que contiene sustancias extraíbles con éter, no dejando de considerar la aplicación del calor usado en el cocimiento de las tortillas.

Cuadro 12. Medias de Cenizas para cada variedad de maíz en la tortilla.

No.	Variedad de maíz	% Cenizas totales en la tortilla	
		Medias	
1	General Cepeda 1	1.65	bcd
2	Jaguan	1.69	b
3	Nuncio	1.67	bc
4	Jagüey	1.65	bcd
5	Chapultepec	1.56	e
6	A7573	1.63	bcde
7	AN-447	1.16	f
8	PAzul2011	1.58	de
9	General Cepeda 2	1.61	bcde
10	PAM (2011)	1.60	cde
11	PAM (2010)	1.77	a*

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a los resultados (Cuadro 12), donde puede apreciarse que la variedad de maíz PAM (2010) mostro el resultado más alto con 1.77, comparado por Saldaña y Brown (1984) es similar ya que reporta 1.8, mientras que el maíz AN-447 con 1.16 presento el valor más bajo, siendo estadísticamente diferente al resto de la variedades.

Cuadro 13. Medias de Fibra cruda para cada variedad de maíz en la tortilla.

No.	Variedad de maíz	% Fibra cruda en la tortilla	
		Medias	
1	General Cepeda 1	0.61	ef
2	Jaguan	0.70	cde
3	Nuncio	0.72	bcd
4	Jagüey	0.53	fg
5	Chapultepec	0.50	g
6	A7573	0.59	efg
7	AN-447	0.74	abc
8	PAzul2011	0.84	a
9	General Cepeda 2	0.85	a*
10	PAM (2011)	0.81	ab
11	PAM (2010)	0.62	def

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a las medias del contenido de fibra (Cuadro 13), los porcentajes más altos fueron las tortillas de General Cepeda 2 con 0.85, PAzul2011 0.84, PAM (2011) 0.81 y maíz AN-477 con 0.74, mostrando que son las variedades que probablemente perdieron menos pericarpio y pared celular del endospermo, que es donde se encuentra la mayor cantidad de fibra Burge y Duensing (1989). La tortilla con menor porcentaje fue el Chapultepec con 0.50, siendo estos valores menores a los reportado por Serna-Saldivar *et al.* (1990) ya que estos autores reportan un porcentaje de 1.1.

Cuadro 14. Medias de proteína para cada variedad de maíz en la tortilla.

No.	Variedad de maíz	% Proteína en la tortilla Medias
1	General Cepeda 1	9.51 gh
2	Jaguan	10.96 bcd
3	Nuncio	9.17 h
4	Jagüey	11.41 b
5	Chapultepec	11.26 bc
6	A7573	12.01 a*
7	AN-447	10.51 def
8	PAzul2011	10.03 efg
9	General Cepeda 2	9.87 fg
10	PAM (2011)	10.66 cde
11	PAM (2010)	11.20 bc

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a los resultados (Cuadro 14), se puede observar que el porcentaje más alto de proteína fue el de la variedad de maíz A7573 con 12.01. Se puede verificar que el resto de las variedades son diferentes estadísticamente. La tortilla de maíz criollo Tuxpeño fue la que obtuvo menos porcentaje de proteína con 9.17 seguida del maíz General Cepeda 1 con 9.51. Las variedades (PAM (2011) y Chapultepec) presentan un porcentaje similar a Serna-Saldivar *et al.* (1990), ya que este autor reporta un porcentaje de 11.2.

Cuadro 15. Medias de materia seca total para cada variedad de maíz en el grano.

No.	Variedad de maíz	% Materia seca total en el grano	
		Medias	
1	General Cepeda 1	91.87	a*
2	Jaguan	91.49	ab
3	Nuncio	91.08	bc
4	Jagüey	90.86	c
5	Chapultepec	91.61	ab
6	A7573	85.16	f
7	AN-447	90.89	c
8	PAzul2011	85.20	f
9	General Cepeda 2	85.81	e
10	PAM (2011)	83.51	g
11	PAM (2010)	89.49	d

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a los resultados de materia seca total en el grano (Cuadro 15), se aprecia que la variedad de maíz criollo General Cepeda 1 con 91.87 es el más alto seguido de Chapultepec con 91.61 y Jaguan con 91.41. Probablemente son las variedades que perdieron menos sólidos. La variedad PAM (2010) con 89.49 similar a lo reportado por Allen (1993), ya que reporta 88. El maíz PAM (2011) fue el que presentó el porcentaje más bajo con 83.51.

Cuadro 16. Medias de humedad para cada variedad de maíz en el grano.

No.	Variedad de maíz	% Humedad en el grano	
		Medias	
1	General Cepeda 1	8.14	g
2	Jaguan	8.50	fg
3	Nuncio	8.91	ef
4	Jagüey	9.13	e
5	Chapultepec	8.38	g
6	A7573	14.83	b
7	AN-447	9.08	e
8	PAzul2011	14.71	b
9	General Cepeda 2	14.18	c
10	PAM (2011)	16.48	a*
11	PAM (2010)	10.50	d

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a las medias del porcentaje de humedad (Cuadro 16), el maíz PAM (2011) con 16.48 es el que obtuvo el porcentaje más alto, estadísticamente diferente al resto de las variedades. Los granos con menor humedad fueron General Cepeda 1 con 8.14, Chapultepec 8.38 y Jaguan 8.50. Los resultados encontrados coinciden con lo citado por Watson y Ramstad (1987). Por otra parte el maíz PAzul2011 con 14.71 es mayor al publicado por Casanueva *et al.* (1995), ya que este autor reporta un porcentaje de 10.6. Si bien los porcentajes altos de humedad en el grano puede deberse a que no se le dio un secado más prolongado en algunas de las variedades ya que presentaron mayor humedad que no es aceptada por la norma NMX-034 (2002).

Cuadro 17. Medias de extracto etéreo para cada variedad de maíz en el grano.

No.	Variedad de maíz	% Extracto etéreo en el grano	
		Medias	
1	General Cepeda 1	8.69	c
2	Jaguan	10.60	a
3	Nuncio	6.90	d
4	Jagüey	9.63	b
5	Chapultepec	11.17	a*
6	A7573	8.37	c
7	AN-447	8.58	c
8	PAzul2011	5.52	e
9	General Cepeda 2	5.48	e
10	PAM (2011)	6.94	d
11	PAM (2010)	7.90	c

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

Según los resultados obtenidos (Cuadro 17), los maíces con mayor contenido de grasa son Chapultepec con 11.17 y Jaguan con 10.60. Seguidos por el Jagüey con 9.63. Compartiendo la misma literal las variedades General Cepeda 1 8.69, AN-477 8.58, A7573 8.37 y PAM (2010) 7.90 los cuales comparten la misma literal y son estadísticamente iguales. Los granos de maíz PAzul2011 con 5.52 y General Cepeda 2 con 5.48 son los que tienen un bajo contenido de grasa, similares a los reportados

por Watson y Ramstad (1987), ya que estos autores reportan porcentajes de 3.5 a 5.7.

Cuadro 18. Medias de cenizas para cada variedad de maíz en el grano.

No.	Variedad de maíz	% Cenizas totales en el grano Medias
1	General Cepeda 1	2.24 c
2	Jaguan	2.68 a*
3	Nuncio	2.09 c
4	Jagüey	2.50 ab
5	Chapultepec	2.61 ab
6	A7573	2.16 c
7	AN-447	1.51 d
8	PAzul2011	1.51 d
9	General Cepeda 2	1.44 d
10	PAM (2011)	2.22 c
11	PAM (2010)	2.46 b

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a los resultados obtenidos (Cuadro 18), las variedades que presentaron los porcentajes más altos fueron Jaguan 2.68, Chapultepec 2.61 y Jagüey 2.60. Las variedades General Cepeda 2 1.44, PAzul2011 1.51 y AN-447 1.55 son los que presentaron un contenido bajo con 1.44, 1.51 y 1.51 respectivamente. Similares a Watson y Ramstad (1987) el cual reporta de 1.1 a 3.9.

Cuadro 19. Medias de fibra cruda para cada variedad de maíz en el grano.

No.	Variedad de maíz	% Fibra cruda en el grano Medias
1	General Cepeda 1	0.88 d
2	Jaguan	0.96 bcd
3	Nuncio	1.15 bcd
4	Jagüey	1.06 bcd
5	Chapultepec	1.39 bc
6	A7573	1.10 bcd
7	AN-447	1.42 b
8	PAzul2011	1.09 bcd
9	General Cepeda 2	0.99 bcd
10	PAM (2011)	2.08 a*
11	PAM (2010)	0.92 cd

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo al (Cuadro 19), se puede apreciar que la variedad que presentó mayor contenido de fibra fue el maíz PAM (2011) con 2.08, lo contrario para el maíz criollo General Cepeda 1 con un porcentaje de 0.88, el cual no es diferente a las otras variedades a excepción de la variedad AN-477 1.42, que se encuentra en segundo lugar. Comparando la media general de los parámetros analizados con valores mencionados por Allen (1993), se tiene que los resultados obtenidos en el estudio son menores ya que este autor reporta un porcentaje de 2.9.

Cuadro 20. Medias de proteína para cada variedad de maíz en el grano.

No.	Variedad de maíz	% Proteína en el grano Medias
1	General Cepeda 1	9.02 cde
2	Jaguan	11.58 a*
3	Nuncio	9.75 bcd
4	Jagüey	7.38 fg
5	Chapultepec	6.75 g
6	A7573	10.17 bcd
7	AN-447	10.36 abc
8	PAzul2011	8.87 de
9	General Cepeda 2	8.17 ef
10	PAM (2011)	10.49 ab
11	PAM (2010)	8.03 efg

*Los promedios seguidos por la misma literal son estadísticamente iguales, según Tukey ($P \leq 0.05$).

De acuerdo a los datos obtenidos (Cuadro 20), la variedad que presentó mayor porcentaje de proteínas fue el maíz Jaguan de 11.58, sin embargo, no fue diferente del maíz PAM (2011) 10.49 y AN477 10.36, en contra parte los valores más bajos de proteína se observaran en el PAM (2010) con 8.03, General Cepeda 2 8.17, PAzul2011 8.87, así como en el General Cepeda 1 9.02. Comparado con Allen (1990) solamente existe similitud con el maíz PAzul2011 8.87, ya que este autor reporta 8.9.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Este trabajo tuvo el propósito de generar información importante de once variedades de maíz, que a continuación se describen:

- Se determinó el rendimiento de nixtamalización, para la elaboración de masa para tortilla encontrándose que la variedad de maíz General Cepeda 1 con un rendimiento de 154.28 % es la que obtuvo mayor porcentaje. Así como las variedades Nuncio y Jaguan que presentaron 149.61 y 148.74% respectivamente, siendo las variedades con mayor rendimiento en gramos de masa.

Así como el contenido nutrimental de las once variedades de maíz en sus principales componentes; en donde la variedad de maíz Jaguan presentó porcentajes superiores a las otras variedades de proteína con 11.58%, cenizas 2.68 %, fibra 0.96 % y extracto etéreo con 10.60 %, en segundo lugar se encuentra el maíz PAM (2011) con 10.49 % de proteína, 2.08 % de fibra y 2.22 % de cenizas. Lo que los convierte en maíces de buena calidad por su alto contenido de nutrientes.

- Se determinaron las cualidades de la nixtamalización en las once variedades utilizadas. Siendo nueve de las once variedades las que se beneficiaron, ya que presentaron un aumento en el porcentaje de proteína. Por otra parte las variedades de maíz PAzul2011 y General Cepeda 2 mostraron un aumento en el porcentaje de cenizas. Fortificando el valor nutricional a la tortilla.
- Se evaluó el contenido nutricional en cada una de las tortillas elaboradas con las diferentes variedades; la tortilla de maíz A7573 obtuvo los porcentaje más altos de proteína con 12.05 %, cenizas 1.63 %, fibra 0.59 % y extracto etéreo 3.31 %. En segundo lugar se encuentra la tortilla de maíz Jagüey con 11.41 % de proteína, 1.64 % de cenizas y con 0.53 % de fibra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. (1990) Métodos Oficiales de Análisis. Association of official Agricultural Chemists. Washington D.C.U.S.A.

Acero, G. M. G. “Uso del cerdo como modelo biológico para evaluar la calidad de la tortilla por dos procesos de nixtamalización y fortificación con vitaminas y pasta de soya”. Tesis de licenciatura, Septiembre 2000, colima, col. <<http://digeset.ucol.mx/.../Ma.%20Guadalupe%20Acero%20Godinez.pdf> ->.

Agama, A. E. y Astrid, O. M. “Aislamiento y Caracterización del almidón de maíces pigmentados”. 2005. Revista Agrociencia. 02 de noviembre de 2011. Redalyc No. 004. <redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/302/30239406.pdf >.

Antonio, M. M., Arellano, V. J. L. “Variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño”. 2004. Revista Fitotecnia Mexicana. 02 de noviembre de 2011. Redalyc No. 001. <redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61027102.pdf ->.

Arellano, V. J. L., Tut, C. C. y María, R.A. “Maíz azul de los valles altos de México”. 2003. Revista Fitotecnia Mexicana. 02 de Noviembre de 2011. Redalyc No. 002. <www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/26-2/5a.pdf>.

Bello, P. L. A. y Osorio, D. P. “Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado”. 2002. Revista Agrociencia. 15 de enero de 2012. Redalyc No. 003. <redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30236305 >.

Bressani, R., Turcios, J. C., Reyes L. y Mérida, R. “Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América

Central". 2001. ALAN v.51 n.3 Caracas set. <R Bressani, JC Turcios, L Reyes... - Archivos..., 2001 - scielo.org.ve>.

Coutiño, E. B., Vázquez, C. G. y Torres, M. B. "Calidad del grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco". 2008. Revista fitotecnia mexicana. 02 de noviembre de 2011. Redalyc No. 003. <redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61009703.pdf >.

Cruz, H. E. y Verdalet, G. Í. "Tortillas de maíz: una tradición muy nutritiva". 2007. Revista divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana". Fecha. La ciencia y el hombre No. 003. <www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol20num3/articulos/tradicion/>.

Castro, G. M. E. Estudios en maíz como una fuente de pigmentos para la industria. 16 de junio de 2011. <www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/maiz/pigmentos.pdf ->.

Durán, H. D. "Descripción fisiológica y molecular de semillas de maíz azul". Tesis de maestría, Febrero 2008, México, D.F. < http://www.biotechnologia.upibi.ipn.mx/recursos/.../Tesis/mc_dduran.pdf ->.

Espinosa, T. E., Mendoza, C. M. C. y Castillo, G. "Acumulación de antocianinas en pericarpio y aleurona del grano y sus efectos genéticos en poblaciones criollas de maíz pigmentado". 2009. Revista Fitotecnia Mexicana. 02 de noviembre de 2011. Redalyc No. 004. <redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61011789007.pdf>.

Flores F. G. 2008."Determinación de la calidad nutricional en plantas de maíz". Tesis licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

García, M. S. “Estudio nutricional comparativo y evaluación biológica de tortillas de maíz elaboradas por diferentes métodos de procesamiento”. Tesis de Maestría. Enero de 2004. Querétaro, Qr.

<itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/.../TESIS.%20SGM.pdf>.

González, P. K. J. “Composición química proximal y mineral, características físicas y vida de anaquel de las tortillas elaboradas artesanalmente para la venta y autoconsumo en algunos municipios de los departamentos de Totonicapán y Jutiapa” Agosto de 2005, Guatemala.

< biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2331.pdf>.

Hernández X. E. 1972. Consumo humano de maíz y el aprovechamiento de tipos con alto valor nutritivo. In: Simposio sobre Desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Colegio de Posgraduados, escuela Nacional de agricultura, Chapingo, México. 13 p.

Martínez-Flores, H. E. 2011. Efectos de Procesos en Características Nutricionales del Maíz y Tortillas.

<www.fcq.uach.mx/phocadownload/SITCAMAIZ/docs/PO7.pdf>

Ortega, P. R. La diversidad del maíz en México. 16 de junio de 2011. <www.culturaspopulareseindigenas.gob.mx/pdf/cap3_maiz.pdf>.

Ortega R., C. y R. Ochoa, B. 2003. Claridades agropecuarias. E maíz: un legado de México para el mundo. Revista mensual. No. 124. 3-4 pp.

Plascencia, G. G. “Comportamiento de maíz pigmentado en la elaboración de frituras, empleando el método de nixtamalización tradicional y harina instantánea

preparada por un proceso hidrotermico". Tesis de licenciatura, Noviembre de 1998, Chapingo, México. <148.206.53.231/UACH21659.PDF>.

Véles, M. J. J. "Caracterización de tostadas elaboradas con maíces pigmentados y diferentes métodos de nixtamalización". Tesis de maestría, Septiembre de 2004, Santiago de Querétaro, Qr. <<http://www.itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/.../JUANVELESMEDINA1.PDF>>.

Silva, C. C. A. "Maíz genéticamente modificado". <www.argenbio.org/adc/.../Maiz20Geneticamente20Modificado.pdf>

Uribe, L. A. 2007. "Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos de tejidos verdes de plantas de diez genotipos de maíz (*Zea mays L.*). Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Vera, A. R. y Villa, A. V. El maíz y la vida en la siembra. fecha.<catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/...l.../capitulo3.pdf>.

APÉNDICE

Cuadro 21. Forma de preparación de las once variedades de maíz para la nixtamalización.

No.	Variedades de maíz	Maíz Gramos	Ca(OH ₂) Gramos	Agua ml	Tiempo de cocimient o Minutos	pH
1	General Cepeda 1	100	3	700	60	12.8
2	Jaguan	100	3	700	60	13
3	Nuncio	100	3	700	40	13
4	Jagüey	100	3	700	60	12.8
5	Chapultepec	100	3	700	60	12.9
6	A7573	100	3	700	45	13
7	AN-447	100	3	700	60	13
8	PAzul2011	100	3	700	45	13
9	General Cepeda 2	100	3	700	50	12.8
10	PAM (2011)	100	3	800	60	12.8
11	PAM (2010)	100	3	700	60	12.8

Cuadro 22. Elaboración de tortillas de las once variedades de maíz.

No.	Variedades de maíz	Masa Gramos	No. De tortillas	Peso de las tortillas Gramos	Agua MI	Masa sobrante Gramos
1	General Cepeda 1	154.28	7	25	35	14.28
2	Jaguan	148.74	7	25	35	8.74
3	Nuncio	149.61	7	25	35	9.61
4	Jagüey	142.89	7	25	35	2.89
5	Chapultepec	137.29	6	25	35	22.29
6	A7573	129.25	6	25	40	19.25
7	AN-447	136.87	7	25	45	6.87
8	PAzul2011	144.55	7	25	40	9.55
9	General Cepeda 2	141.08	7	25	40	6.08
10	PAM (2011)	126.62	6	25	45	21.62
11	PAM (2010)	141.92	7	25	35	1.92

Cuadro 23. Pesos de las tortillas elaboradas de las once variedades de maíz.

No.	Variedades de maíz	Peso de muestra fresca Gramos	Peso de la charola Gramos	Peso de muestra seca Gramos	Porcentaje de humedad parcial
1	General Cepeda 1	131.56	4.63	82.78	60.78
2	Jaguan	101.35	4.79	64.56	60.82
3	Nuncio	112.33	4.12	74.40	63.89
4	Jagüey	120.80	4.50	84.50	67.43
5	Chapultepec	107.77	4.56	75.85	67.52
6	A7573	113.14	4.60	73.63	62.53
7	AN-447	113.67	5.82	76.72	64.20
8	PAzul2011	117.83	4.77	73.90	60.27
9	General Cepeda 2	128.54	4.64	82.51	61.95
10	PAM (2011)	124.71	4.44	80.44	62.28
11	PAM (2010)	115.80	4.43	76.70	63.79