

61

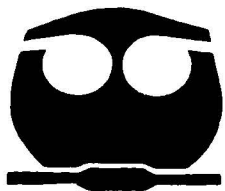
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**



**FACULTAD DE QUÍMICA**

PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y SENSORIALES QUE EL MOLINERO DEBE CONSIDERAR PARA OBTENER MASAS DE MAIZ ADECUADAS PARA LA ELABORACION DE TORTILLAS

**TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS DE EDUCACION CONTINUA QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: QUIMICO DE ALIMENTOS PRESENTA: JUAN CARLOS ROJAS RUIZ**



**MÉXICO, D. F. EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE QUÍMICA**

**2002**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Juan Carlos

Rojas Ruiz

FECHA: 04/Noviembre/2002

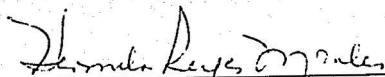
FIRMA: ~~Juan Carlos~~

ESTA TERCERA COPIA  
DE LA BIBLIOTECA

**Jurado asignado.**

Presidente	Maria Del Rocio Santillana Hinojosa
Vocal	Lucia Cornejo Barrera
Secretario	Hermila Reyes Morales
1er. Suplente	Karla Mercedes Díaz Gutiérrez
2do. Suplente	Zoila Nieto Villalobos

Sitio donde se desarrollo el tema:  
Facultad de Química, Edificio "D"



Asesor: Hermila Reyes Morales



Sustentante: Juan Carlos Rojas Ruiz

**A la memoria de mi abuelita Elvira  
Siempre estarás presente en mi corazón**

**A mis padres Ana y Ramón  
Mamá gracias por todo tu amor y comprensión  
que siempre me has dado  
Papá gracias por todo tú apoyo**

**A mis hermanos Julio y José  
Por su apoyo y comprensión**

**A mi cuñada Claudia**

**A la familia Díaz  
Señora Guadalupe Díaz, Georgina y Gabriel  
Por ser como mi segunda familia**

**A mis amigos de la facultad  
Lilia Gutierrez, Victor Hugo Blancas, Gabriela  
Alcantara y Cynthia Armendáriz**

**A mi amigo Ivan Contreras**

**A mi bodoque**

**AGRADEZCO**

A la Q.F.B Hermila Reyes Morales

Por todo su apoyo en la elaboración de este trabajo.

A todos mis sinodales

A la FACULTAD DE QUÍMICA

A la UNAM

**GRACIAS**

# C O N T E N I D O

	Página
1. Introducción.....	1
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>Antecedentes bibliográficos</b>	
1. El maíz	
1.1 Origen .....	2
1.2 Botánica .....	2
1.3 La estructura y composición química del grano .....	3
1.4 Tipos de maíz.....	4
1.5 Razas de maíz en México.....	5
1.6 Clasificación de la calidad del grano de maíz.....	6
1.6.1 Clasificación comercial.....	7
1.7 Producción mundial.....	8
1.8 Producción nacional.....	8
1.9 Importancia del maíz .....	9
1.10 Usos del maíz.....	9
2. Nixtamalización	
2.1 El proceso.....	10
2.1.1 Maíz.....	11
2.1.2 El papel de la cal .....	11
2.1.3 El agua.....	12
2.1.4 Conservadores y acidificantes .....	12
2.2 Cambios estructurales.....	14
2.3 Cambios físicos y químicos .....	14
2.4 Pérdidas de materia seca.....	16
2.5 Ventajas y desventajas del proceso tradicional contra el industrial.....	17
3. Parámetros fisicoquímicos .....	18
4. Parámetros sensoriales.....	24

<b>CAPITULO II</b>	
Planteamiento del problema.....	25
Objetivos.....	25
<b>CAPITULO III</b>	
Resultados y conclusiones .....	26
Conclusiones.....	34
Bibliografía .....	35

***Índice de Anexos.***

Anexo I. Cuestionario de Investigación Proceso tortilla.....	38
Anexo II. Calculo de Ji-cuadrada para la pregunta 3 .....	39
Anexo III. Glosario de términos empleados por el molinero.....	40

***Índice de cuadros***

Cuadro 1. Composición química proximal de los granos de maíz.....	3
Cuadro 2. Especificaciones del maíz.....	7
Cuadro 3. Producción mundial del maíz.....	8
Cuadro 4. Producción nacional del maíz.....	9
Cuadro 5. Ventajas y desventajas del proceso tradicional contra el industrial.....	17
Cuadro 6. Definición de las propiedades de textura.....	20
Cuadro 7. Datos de identificación (cuestionario).....	26
Cuadro 8. Respuestas al cuestionario.....	27
Cuadro 9. Respuestas al cuestionario (continuación).....	28



### ***Índice de figuras***

Figura 1. Esquema general para la elaboración de tortillas de maíz.....	13
Figura 2. Comportamiento de los componentes de la masa de maíz en el viscoamilógrafo.....	21
Figura 3. Gráfica de firmeza y adhesividad de la masa.....	22
Figura 4. Características de la masa para hacer una buena tortilla.....	30
Figura 5. Principales características (textura) de la masa para hacer una buena tortilla.....	30
Figura 6. Otras características de la masa para hacer una buena tortilla.....	30
Figura 7. ¿Cómo evalúa la calidad de la masa?.....	31
Figura 8. ¿Qué considera usted que afecte más a las Características de una buena masa?.....	32
Figura 9. Características que debe de tener el maíz para la elaboración de tortillas.....	33

## INTRODUCCIÓN.

México es el principal país donde el consumo de maíz, constituye la base de su dieta, la forma principal de su consumo es por medio de tortillas de maíz, para lo cuál se cuenta con una extenso número de establecimientos especializados como molinos de nixtamal y tortillerías para la elaboración de dicho alimento.

Actualmente en nuestro país no existen normas de control de calidad para la elaboración de tortillas de maíz, lo cual entorpece en gran medida el desarrollo y la estandarización del proceso de nixtamalización. Los métodos de análisis de evaluación de la tortilla y de la masa para su elaboración, son en su mayoría empíricos, sencillos y subjetivos en gran medida, y totalmente dependientes de la experiencia del molinero.

En los últimos años el análisis sensorial ha pasado de ser una herramienta secundaria y empírica a tener una categoría de disciplina científica capaz de generar información precisa y reproducible, por medio de la cuál se pueden tomar decisiones importantes acerca de la materia prima, los diferentes procesos (formulaciones y desarrollo) de un producto, en una palabra el análisis sensorial es una herramienta básica para el trabajo en la industria de los alimentos. El análisis sensorial puede resultar de gran ayuda para el establecimiento de parámetros sensoriales que nos ayuden a evaluar de una manera objetiva y reproducible la calidad de las tortillas de maíz y de las masas con las cuales dichas tortillas se obtienen.

En el presente trabajo se establecen los parámetros fisicoquímicos y sensoriales más importantes para la obtención de masas adecuadas para la elaboración de tortillas, para lo cual se hizo una revisión bibliográfica acerca del tema, así como también se llevaron a cabo 10 entrevistas a distintos molineros para obtener información acerca de los parámetros sensoriales que ellos consideran importantes en las masas para la elaboración de tortillas.

# CAPITULO I

## ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

### 1. EL MAÍZ

#### 1.1 Origen.

El cultivo de maíz tuvo su origen, con toda seguridad en América central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte; hasta Canadá y hacia el sur; hasta Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz es de unos 7000 años de antigüedad y fue encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacan (México)<sup>[18]</sup>. En algunas culturas destacadas, como la maya, la inca y la azteca, el maíz aparte de alimento fue objeto de rituales religiosos. Su presencia en los códices primitivos llegados hasta nosotros demuestra claramente que la planta de maíz fue deificada como fuente de vida y riqueza<sup>[5]</sup>. A finales del siglo XV, tras el descubrimiento de America por Cristóbal Colón, el grano fue introducido a Europa a través de España. Se difundió entonces por los lugares de clima más cálido del Mediterráneo.

#### 1.2 Botánica.

El maíz presenta el siguiente perfil taxonómico<sup>[11]</sup>

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotyledoneae
Grupo	Glumifera
Orden	Graminales
Familia	Gramineae
Tribu	Maydeae
Género	Zea
Especie	Mays

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas, al género *Zea mays L.*, el cual cuenta con una sola especie, pero se tienen diferentes variedades que difieren principalmente en la estructura del grano. El grano es conocido botánicamente como cariósipide, es decir se trata de un fruto formado por un pericarpio que encierra una semilla simple. La forma, tamaño, y composición del grano está determinada por sus antecedentes genéticos, éste puede ser: grande, pequeño, de forma esférica, aplanada, entre otras<sup>[18]</sup>.

El maíz presenta un alto nivel de adaptación ecológico. La temperatura óptima para su crecimiento es de 25-30 °C y requiere 50 cm de lluvia durante su ciclo vegetativo. Se cultiva desde el nivel del mar hasta 2 500 m de altitud y desde 50° latitud norte hasta 40° latitud sur. Es un cultivo muy susceptible a bajas temperaturas y/o heladas<sup>[14]</sup>.

### 1.3 Estructura y composición química del grano.

El grano de maíz es un cariósipide formado por una sola semilla en la cual el recubrimiento de la fruta (pericarpio) se adhiere firmemente a la semilla. El grano esta compuesto de pericarpio o piel, germen o embrión y endosperma.

Como se muestra en el cuadro 1, las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. El pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%. El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%). Por su parte el germen se caracteriza por un elevado contenido de grasa, el 33% y contiene también un nivel relativamente elevado de proteínas (casi un 20%).

Cuadro 1. Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz.

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
Azúcares totales	0.34	0.62	10.8

Fuente: Watson, 1987.

#### 1.4 Tipos de maíz.

De acuerdo a las características físicas del grano, se ha clasificado como sigue<sup>[6,11,13]</sup>

- Zea mays everta (pop-corn), maíz reventador, de granos esféricos y pequeños, cuyo endospermo esta formado casi en su totalidad por almidón vidrioso. La humedad atrapada en su interior se expande cuando se aplica calentamiento y estalla a través de su cubierta dura, creando las palomitas de maíz.
- Zea mays indurata (flint-corn), también llamado maíz duro. De granos grandes, redondeados y de consistencia madura; el endospermo córneo envuelve completamente el núcleo harinoso. Este grano es cultivado en lugares en donde se requiere de tolerancia al frío o donde las condiciones de germinación y almacenamiento son pobres.
- Zea mays indentata (dent-corn), conocido también como maíz dentado. Consiste de un núcleo harinoso con inclusiones laterales de almidón duro. Debido a que la parte alta del grano contiene almidón harinoso, la pérdida de humedad de esta área provoca un ligero colapso durante la maduración, que produce la apariencia dentada característica. Este es el maíz de mayor importancia comercial. Se utiliza tanto para alimento de humanos, para ganado y fabricación de productos industriales como almidón, aceite, alcohol, jarabes de maíz, etc.
- Zea mays amilacea (soft-corn), maíz blando. Los granos tienen el endosperma totalmente harinoso. Consiste de granos suaves que son fácilmente molidos o cocinados para preparar alimentos como tortillas, tamales, atole, etc. Es la variedad favorita para consumo humano.
- Zea mays saccharata (sweet-corn), maíz dulce. Tiene un endosperma constituido principalmente de azúcar, con muy poco almidón. Tiene un alto valor comercial por su utilidad como vegetal procesado.
- Zea mays cerotina (waxy-corn) maíz ceroso, con granos de textura viscosa o cerosa.

### **1.5 Razas de maíz en México.**

Los maíces de México son de un interés extraordinario desde varios puntos de vista. En ningún otro país de América ha llegado el maíz a convertirse en un elemento tan preponderante en la vida social y económica del pueblo como en México. México supera a cualquier otro en la riqueza de diversidad de sus razas y variedades de maíz.

De acuerdo con sus derivaciones, las razas de maíz de México pueden dividirse en cuatro grupos principales en la siguiente forma: a) Indígenas Antiguas; b) Exóticas Precolombinas; c) Mestizas Prehistóricas y d) Modernas Incipientes; y e) Razas No bien Definidas, que es un grupo adicional.

Referencia: <http://www.mesoamerica.org.mx/maiz/razas.htm>

a) Las razas Indígenas Antiguas: son aquellas que se cree se originaron en México del maíz tunicado primitivo que en un tiempo debe haber tenido una distribución extensa. Las diversas razas en este grupo difieren unas de otras como consecuencia de su desarrollo independiente en diferentes localidades y diferentes medios ambientales, pero como se han originado de un solo progenitor sin hibridación, aún mantienen muchos caracteres importantes en común. Actualmente se reconocen cuatro de estas razas: Palomero Toluqueño, Arrocillo Amarillo, chapalote y Nal-Tel. Todas estas, así como el progenitor primitivo, son maíces reventadores o palomeros. Todas tienen mazorcas pequeñas.

b) Las razas Exóticas Precolombianas: se cree que estas razas fueron introducidas a México de Centro o Sudamérica durante épocas prehistóricas. Las cuatro razas que han podido ser reconocidas como pertenecientes a este grupo son las siguientes: Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Olotón y Maíz Dulce. Todas tienen contrapartidas en Sudamérica y todas, con excepción del Maíz Dulce, han sido progenitoras de razas híbridas, algunas de las cuales son de por sí relativamente antiguas. Cabe mencionar que el Cacahuacintle, es un maíz blanco, harinoso de grano grande el cual se encuentra únicamente en ciertas localidades de México, Puebla y Tlaxcala.

c) Las razas Mestizas Prehistóricas: son las que se cree se originaron por medio de hibridaciones entre razas Indígenas Antiguas y las razas Exóticas Precolombinas. El número de posibles razas híbridas es de 36, hasta ahora sólo se han reconocido 13 razas de este. La mayoría de ellas son

productos secundarios o aun terciarios de hibridaciones entre razas y sus genealogías son excesivamente complejas. Estas razas incluyen los siguientes: Cónico, Tehua, Tepecintle, Comiteco, Jala, Zapalote Chino, Zapalote Grande, Pepitilla, Olotillo y Tuxpeño.

d) Las razas Modernas Incipientes son aquellas que se cree se han desarrollado desde la época de la Conquista, muchas de las cuales no han alcanzado aún la condición de uniformidad racial. En este grupo se reconocen cuatro razas: Chalqueño, Cónico Norteño, Bolita y Celaya.

e) Razas No bien Definidas: incluye razas o tipos que han sido recolectados y de los cuales no hay suficientes datos que justifiquen su clasificación y genealogía con un grado razonable de seguridad.

En total ha sido posible reconocer en México cuando menos 25 razas de maíz distintas con algunas sub-razas. sin embargo, no todas las variedades encontradas en México pueden ser clasificadas dentro de estas 25 variedades y sus sub-razas. La mayoría de las variedades recolectadas son mezclas recientes de dos o más razas. La continuación de estos estudios seguramente conducirá a la identificación de nuevas razas en el futuro.

### **1.6 Clasificación de la calidad del grano de maíz**

Con objeto de facilitar la comercialización del maíz en México se han establecido determinadas características cualitativas del grano. El maíz en todos sus grados de calidad se designa de acuerdo a su color en las siguientes clases: Blanco extra, blanco, Amarillo y mezclado.

La norma Oficial Mexicana (NOM-FF-034-1995-SCFI), clasifica al grano de maíz en cuatro categorías, basados en ciertos factores, como se puede observar en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Especificaciones del maíz**

	MÉXICO 1	MÉXICO 2	MÉXICO 3	MÉXICO 4
Densidad (kg/hl) (mínimo)	72	71	70	66
Impurezas (%) (máximo)	1	2	3	4
Daños por calor (%) (máximo)	1	2	3	4
Granos quebrados(%) (máximo)	2	3	5	7
Suma de daños (%) (máximo)	3	5	7	10

Nota: Los porcentajes (%) se refieren exclusivamente a su relación con el peso. El parámetro suma de daños incluye los daños por calor, hongos, insectos, roedores y otros daños.

La clasificación del maíz puede realizarse con diferentes niveles de humedad, sin embargo se considera que el contenido de humedad adecuado para permitir el manejo, conservación y almacenamiento del maíz, es del 14%.

### 1.6.1 Clasificación comercial.

La norma oficial Mexicana (NOM-FF-034-1995-SCFI), define a las siguientes clases de maíz.

**a) Maíz blanco extra:** Maíz con un mínimo de 98% de granos blancos incluyendo granos cremosos, pajizos, grisáceos o rosados y con un máximo de 2% de granos amarillos.

**b) Maíz blanco:** Es el maíz con un mínimo de 88% de granos blancos, incluyendo granos cremosos, pajizos, grisáceos o rosados. con un máximo de 12% de granos de otros colores, dentro de este último porcentaje no debe haber más de 3% de granos oscuros (rojos o azules) ni más de 2% de granos morados.

**c) Maíz amarillo:** Maíz que contiene un mínimo de 95% de granos amarillos y un máximo de 5% de grano de otros colores; en este último porcentaje no debe haber más de 4% de granos morados.



**d)Maíz mezclado:** Maíz que no corresponde a ninguna de las clases anteriores, el cual puede incluir granos pintos, rojos, azules, morados y otros.

### 1.7 Producción mundial.

La producción mundial del maíz se ha incrementado considerablemente de 1990 al 2001 como se indica en el cuadro 2. La superficie cultivada con maíz pasó de 131 millones de hectáreas en 1990 a unos 137 millones en 2001 aproximadamente.

Cuadro 3. Producción mundial de maíz.

Año	Superficie cultivada (Ha)	Rendimiento (Hg/Ha)	Producción (MT)
1990	131,326,847	36,791	483,163,909
1991	134,157,554	36,852	494,392,859
1992	137,089,106	38,915	533,487,575
1993	131,572,879	36,239	476,811,927
1994	138,419,536	41,131	569,335,791
1995	136,377,808	37,885	516,663,007
1996	140,967,115	41,767	588,744,363
1997	141,296,934	41,402	585,000,639
1998	138,926,288	44,209	614,178,998
1999	139,172,873	43,440	604,572,166
2000	138,738,942	42,742	592,999,083
2001	137,596,759	44,273	609,181,620

Fuente: FAO, 1990-2001

### 1.8 Producción nacional.

El maíz es el alimento de mayor importancia en nuestro país y el componente más relevante de la producción agrícola. En el cuadro 4 se muestra, que la superficie cultivada ha disminuido a partir de 1997; pero la producción ha aumentado considerablemente, y esto puede deberse a la introducción de nuevas variedades de maíz con mayor capacidad de producción, lo que favorece finalmente la producción total del producto.

**Cuadro 4. Producción nacional de maíz**

<b>Año</b>	<b>Superficie cultivada (Ha)</b>	<b>Rendimiento (Hg/Ha)</b>	<b>Producción (MT)</b>
1990	7,338,872	19,942	14,635,439
1991	6,946,831	20,515	14,251,500
1992	7,219,352	23,450	16,929,344
1993	7,428,220	24,401	18,125,264
1994	8,193,968	22,255	18,235,826
1995	8,020,392	22,883	18,352,856
1996	8,050,931	23,387	18,023,626
1997	7,406,061	23,840	17,656,258
1998	7,876,819	23,429	18,454,710
1999	7,152,829	25,604	18,314,344
2000	7,280,000	25,571	18,615,904
2001	7,331,180	24,620	17,556,900

Fuente: FAO, 1990-2001

### **1.9 Importancia del maíz.**

El maíz, junto con el trigo y el arroz son los cereales más importantes del mundo, proporciona elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales, y es la materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen harinas, almidón, aceite, bebidas alcohólicas, edulcorantes, entre otros<sup>[14]</sup>

Por otra parte el maíz es la materia prima esencial para la elaboración de tortillas, el cual es un alimento básico en la alimentación del pueblo de México.

### **1.10 Usos del maíz.**

De la industrialización del maíz se obtienen importantes subproductos utilizados como materias primas industriales, así como para la alimentación humana y del ganado. El gluten de la semilla tiene un alto valor como materia alimenticia. Del gluten se obtienen aceite de múltiples usos: industriales, farmacológicos y domésticos, como subproducto de esta extracción queda la torta de maíz, alimento concentrado de gran valor para el ganado<sup>[6]</sup>.

El almidón del grano de maíz sirve como materia prima para la industria alimentaria. A partir del almidón se obtienen múltiples productos de panadería, confitería, goma de mascar, cervecería, etc. Por medio de otros aprovechamientos industriales del maíz se benefician productos textiles, cosméticos, fabricación de papel y materiales de envasado, lavandería, adhesivos, etc.<sup>[6]</sup>

## 2. NIXTAMALIZACIÓN.

### 2.1 El proceso.

La nixtamalización es el proceso mediante el cual el grano de maíz es cocido con agua y cal para formar nixtamal, el cual es posteriormente triturado para formar una masa suave y húmeda. La masa es el ingrediente básico para la elaboración de tortillas y otros muchos productos como son tostadas, nachos, tamales, tacos, quesadillas, enchiladas, flautas, sopes, chalupas, pinole, atole, entre otros)<sup>[10,14]</sup>. La nixtamalización alguna vez suele referirse al proceso completo de transformar el maíz en tortillas. Cocimiento alcalino es otro término usado para este proceso.

Los principios básicos para producir tortillas de maíz fueron desarrollados a principios de la civilización mesoamericana y ha permanecido prácticamente sin cambios. Quizás el avance más significativo a nivel industrial ha sido la producción de harina nixtamalizada. Entre sus ventajas cabe mencionar que reduce tiempo de proceso, mano de obra, ahorro de energía y espacio en la planta. Las desventajas de utilizar harina nixtamalizada es que los productos obtenidos no tienen el mismo sabor tan rico como cuando se elaboran con masa fresca y en términos de costos el precio resulta mayor<sup>[10,13]</sup>. En el presente trabajo se referirá solamente al proceso tradicional de elaboración de tortillas, es decir, a la obtención de masa fresca.

En la elaboración de tortillas el maíz se cuece en agua con cal sobre fuego, seguido de un remojo que dura de 8 a 16 horas (o generalmente toda la noche). El licor de cocimiento o nejayote es desechado y luego el maíz cocido (nixtamal) es lavado y molido manualmente o con molinos de piedra hasta formar una masa fina. La masa es entonces moldeada manualmente o con máquinas hasta formar discos delgados que son cocidos sobre un comal. Las tortillas se cocen de cada lado por aproximadamente 30 segundos. Por

tradición las tortillas en México se producen diariamente y se consumen frescas, ya que se enrancian rápidamente.

El maíz, la cal y el agua son los ingredientes básicos necesarios para la producción de masa fresca. Ahora nos ocuparemos de estos tres ingredientes.

### **2.1.1 Maíz.**

La calidad de la tortilla, los parámetros de cocimiento (tiempo y temperatura) y el color del producto dependen grandemente de este ingrediente. El grano óptimo debe de estar sano, en buen estado, libre de fisuras y de un tamaño uniforme, y un endospermo de dureza intermedia; el pericarpio debe de ser fácilmente removido durante el cocimiento alcalino<sup>[10]</sup>.

La dureza del grano, la densidad y la prueba de peso hectolítrico son importantes características porque están relacionadas a la pérdida de materia y consecuentemente con el rendimiento del producto. Los granos de endospermo suave se cocen más rápido pero se rompen fácilmente durante su proceso y manejo lo que conduce a un menor rendimiento.

### **2.1.2 El papel de la cal.**

Evidencia arqueológica sugiere que el lixiviado de ceniza de madera fue la primera forma de álcali usada para el cocimiento alcalino. Hoy en día diferentes formas de cal ( $\text{CaO}$  y  $\text{Ca(OH)}_2$ ) son utilizadas. El tratamiento con cal facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el remojo, controla la actividad microbiana y tiene un efecto sobre el sabor, aroma, color, vida de anaquel y valor nutricional de las tortillas. La cal actúa de manera similar a los álcalis más fuertes como el  $\text{NaOH}$ , al descomponer componentes de fibra como la hemicelulosa<sup>[10]</sup>. En algunos casos, se emplean altas concentraciones de cal para aumentar el pH de las tortillas a tal nivel que retarde o retrase su descomposición ocasionada por contaminación microbiana.

La cal penetra a el grano principalmente a través del germen, la parte anatómica de maíz con la mayor concentración de calcio después de la cocción y remojo. Como ya se mencionó la cal afecta el color de la tortilla, incluso cuando la tortilla se produce de granos blancos, una alta concentración de cal conduce a un producto final amarillento.

### **2.1.3 El agua.**

El agua es el medio en el cual el maíz es cocido y la cal es parcialmente solubilizada. Para la producción de masa fresca el maíz es cocido generalmente con 2.5-3 partes de agua y 1% de cal en base al peso del grano. Durante el cocimiento, el almidón del grano es parcialmente gelatinizado, y otros componentes del grano son hidratados y alterados. La cantidad de agua absorbida depende del tiempo de cocción, el cual varía de acuerdo al tipo de maíz. El agua también es absorbida durante el remojo y se requiere de agua adicional para la molienda del grano.

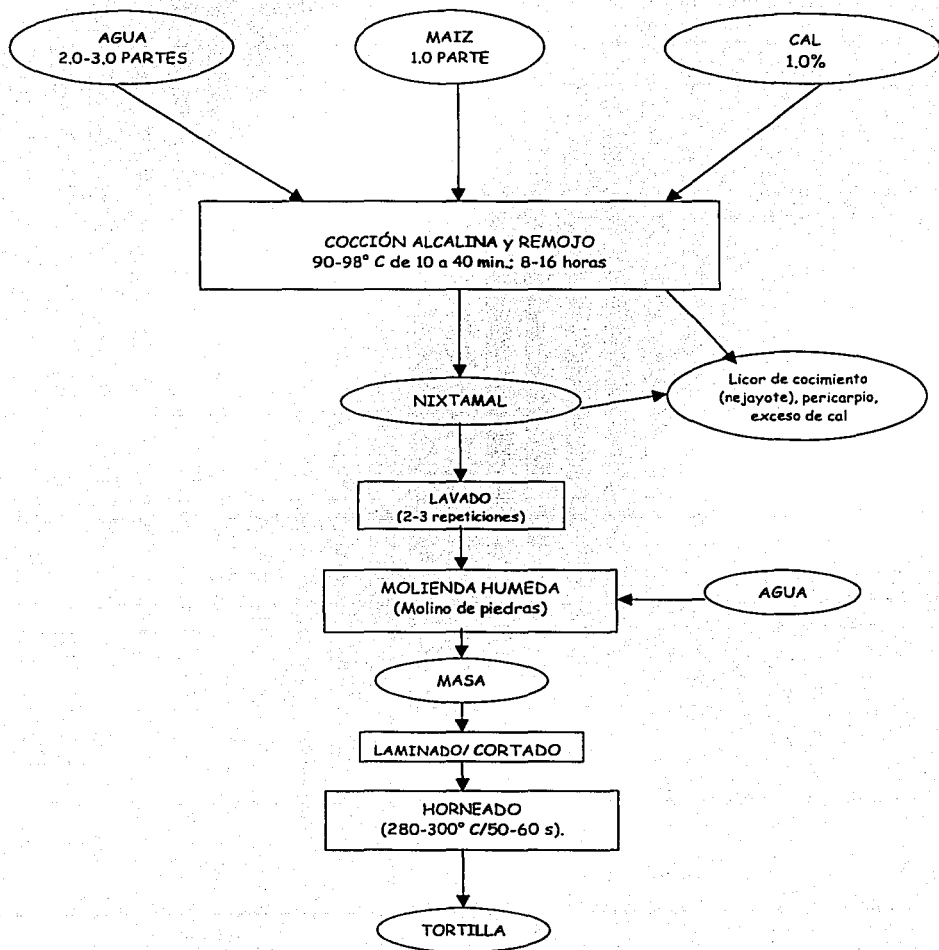
### **2.1.4 Conservadores y acidificantes.**

La limitada vida de anaquel y la rápida rancidez de las tortillas son los principales problemas que afectan la distribución de las tortillas. Las tortillas son susceptibles a la contaminación microbiológica debido a su alto contenido de humedad (38-46%) y su actividad de agua ( $a_w = 0,96$ )<sup>[10]</sup>. Aunque cabe aclarar que esto solamente se presenta para el caso de consumo de tortillas en Estados Unidos en el cual su consumo no es tan frecuente como en México, por lo cual ellos adicionan conservadores como propionatos y sorbatos, los cuales son más efectivos bajo condiciones ácidas por lo cual también se adicionan acidificantes, con el fin de prolongar la vida de anaquel de las tortillas.

En México ningún tipo de conservador es necesario o requerido en las tortillas elaboradas de masa fresca, debido a que se consumen diariamente. Las tortillas producidas con harina de maíz nixtamalizado si tienen conservadores.

A continuación se muestra un esquema general para la elaboración de tortillas de maíz.

Figura 1. Esquema general para la elaboración de tortillas de maíz.  
Modificado de: Pomeranz, 1990 y Othon, 1996.



## 2.2 Cambios estructurales.

La cocción y el remojo alcalino ocasionan una disolución parcial de la cutícula, así como hinchazón y debilitamiento de las paredes celulares lo cual facilita la remoción del pericarpio. Aunque las proteínas del endospermo permanecen adheridas a los gránulos del almidón, la cocción alcalina cambia la apariencia física de los cuerpos proteicos, por lo menos en algunas áreas del grano. Estos cambios se presentan en las paredes celulares del endospermo con almidón y la matriz proteica se debilita, especialmente durante el remojo<sup>[10]</sup>.

Al moler el nixtamal, se descomponen los componentes del grano preacondicionados por la cocción y el remojo y esta fricción hace que se forme la masa. La masa consiste de piezas de germen, fragmentos de pericarpio, gránulos de almidón libres y partículas de endospermo aglutinados por una mezcla parecida a un pegamento de "gránulos de almidón fundidos", "hojas" de matriz proteica y lípidos emulsificantes. Los álcalis liberan la niacina ligada al maíz y mejoran su valor nutricional<sup>[10]</sup>.

## 2.3 Cambios físicos y químicos.

a) **Proteínas.** La cocción con cal altera los patrones de solubilidad de las proteínas del maíz. Se ha encontrado que la cocción con cal y el cocimiento de la tortilla disminuye el contenido de proteínas solubles en agua y sal (albúminas y globulinas) y aquellas que son solubles en alcohol (prolamina) y así mismo incrementa la cantidad de proteínas imposibles de extraer<sup>[10]</sup>.

La nixtamalización también origina la desnaturalización de las proteínas del maíz, en especial de las glutelinas, lo que las hace más digeribles. La mayor parte de la lisina y el triptofano se encuentran contenidos en la fracción de las glutelinas, por lo cual el tratamiento alcalino incrementa la disponibilidad biológica de estos aminoácidos esenciales. La niacina que se encuentra formando un compuesto polipeptídico (niacitina) en el maíz, compuesto que lo hace biológicamente indisponible, se libera de dicho polipéptido por hidrólisis alcalina<sup>[8]</sup>.

**b) Almidón:** El gránulo de almidón en estado natural presenta una capacidad limitada de absorción de agua fría, y en cambio con la temperatura se mejora su capacidad de absorción. Cuando una suspensión acuosa de almidón es sometida a la acción de calor, los gránulos se modifican apreciablemente en su estructura al alcanzar una temperatura crítica. A partir de este punto se inicia el rompimiento de la red que forma el gránulo, por rompimiento de los puentes de hidrógeno, ocurriendo la hidratación irreversible del gránulo, este fenómeno es conocido como **gelatinización del almidón**<sup>[20]</sup>.

En realidad sólo se gelatiniza una pequeña parte de los gránulos de almidón durante la cocción y el remojo. La susceptibilidad enzimática del almidón se incrementa ligeramente conforme se va cocinando el maíz con la cal; sin embargo, el mayor incremento se presenta durante la molienda y el horneado. Cuando el nixtamal es molido para hacer la masa, los gránulos de almidón se gelatinizan debido a la fricción de las dos piedras molidoras. La molienda generalmente incrementa la temperatura de la masa entre 26 y 52°C. Aproximadamente del 4 al 7% de los gránulos de almidón pierden completamente la birrefringencia durante la cocción con cal, el remojo y la molienda. Mucho de los gránulos de almidón tienen una forma irregular y con frecuencia sólo parte de un gránulo individual presenta birrefringencia. Estos cambios pequeños, pero muy importantes, en la fracción del almidón del maíz modifican las propiedades de pasta del almidón, a fin de que pueda impartir esa característica de textura de masa. El 4-7% del almidón gelatinizado forma el "pegamento" que ayuda a que haya una red continua entre los gránulos de almidón libres y los fragmentos del endospermo que componen la masa. En resumen estos cambios determinan las principales propiedades mecánicas de la masa de maíz<sup>[9,10]</sup>.

Cabe mencionar que la birrefringencia es la propiedad óptica que poseen los gránulos de almidón de refractar doblemente la luz, debido a que dentro del gránulo de almidón existe al menos un alto grado de orientación molecular. Los términos birrefringencia y cristalinidad no deben de ser confundidos, ya que ellos no están necesariamente relacionados. Existen materiales que son birrefringentes sin ser cristalinos. Los gránulos de almidón se describen como semicristalinos, formado por regiones cristalinas de un elevado orden molecular, y de regiones amorfas con poco o nada de orden molecular<sup>[20]</sup>.



La mayor parte de la birrefringencia y la cristalinidad del almidón se pierde cuando los discos de masa se cocen en forma de tortillas. La combinación de calor (280 a 300°C) y alto contenido de humedad (51 a 55%) facilita una mayor gelatinización del almidón. Sin embargo, aún no se completa la gelatinización debido al corto tiempo del cocimiento (20-40 segundos). El resultado a estos cambios es una típica tortilla con una textura semiplástica y plegable, fácil de enrollarse. El sabor de la tortilla puede mejorarse mediante las reacciones de Maillard que se presentan mientras se reducen los azúcares y los péptidos<sup>[10]</sup>.

**c) Lípidos:** Entre el 1-2% del peso seco de la masa son lípidos libres distribuidos por toda la fase continua de la masa. La fracción lipídica está compuesta principalmente de lípidos parcialmente emulsificados localizados en la fase acuosa de la masa y los lípidos libres que interactúan tanto con los péptidos como con los carbohidratos, alterando las propiedades de la masa. Aún falta estudios para evaluar la relación que existe entre los lípidos y la capacidad que tiene la masa de someterse al maquinado, la textura, el sabor y el índice de rancidez de las tortillas.

#### **2.4 Pérdidas de materia seca.**

Las pérdidas de materia seca del maíz durante su cocción con cal y remojo varían entre 7-15% o más dependiendo, del tipo de maíz, así como de las condiciones de procesamiento. La firmeza del grano afecta la pérdida de materia seca; granos de maíz rotos o quebrados producen más pérdidas de materia seca.

Durante la nixtamalización se pierden cantidades de distintos componentes químicos. El pericarpio, rico en fibra, se encuentra formado de hemicelulosa en mayor cantidad, celulosa y lignina. Debido a que la celulosa y lignina no se hidrolizan en soluciones alcalinas diluidas, estas quedan prácticamente íntegras. Sin embargo la hemicelulosa es un polímero de pentosas  $\alpha$ -D xilosa con enlaces  $\beta$  1-4, las cuales son desdobladas fácilmente en presencia de álcalis diluidos, y como la hemicelulosa es la que se encuentra en el pericarpio en mayor proporción es la que se pierde mayoritariamente<sup>[9]</sup>. El calor y el esfuerzo físico durante el procesamiento afectan la pérdida de otros componentes químicos. Las pérdidas totales de almidón, proteína y lípidos de maíz están por debajo del 5, 2 y 20% respectivamente<sup>[10]</sup>. Sin embargo estas proporciones pueden variar de acuerdo con el tipo de maíz y si se cuece con granos quebrados.

## 2.5 Ventajas y desventajas del proceso tradicional contra el industrial.

En el cuadro 5, se observan las ventajas y desventajas de un sector y del otro. La tortilla hecha con el proceso tradicional (semi-tecnificada) tiene la ventaja de presentar una mayor preferencia por los consumidores que aquella elaborada con harina de maíz.

Cuadro 5. Ventajas y desventajas del proceso tradicional contra el industrial

PROCESO INDUSTRIAL INDUSTRIALIZADA	MÉTODO TRADICIONAL SEMI-TECNIFICADA
Ventajas:	Desventajas:
Empleo de aditivos para obtener una mayor vida de anaquel del producto final.	Corta vida de anaquel.
Estricto control de calidad y control sanitario.	Escaso o nulo control sanitario.
Almacenamiento adecuado del producto, evitando así el crecimiento de hongos productores de aflatoxinas.	Almacenamiento inadecuado.
La mano del hombre no toca el producto durante el proceso.	Escaso o nulo control sanitario.
Tratamiento de aguas de proceso	Aguas de desecho se vierten al drenaje ocasionando altos índices de contaminación
Utiliza tres veces menos cantidad de agua en el proceso.	No hay mediciones exactas de los materiales usados.
Utiliza 40% menos de gas durante el proceso.	Utilización de mayor energía.
Se cuenta con la tecnología para instalar macrotrortilladoras en un futuro próximo con una capacidad de producción de 600 tortillas por minuto.	Troquelado de 30 tortillas por minuto
Costo de producción menor que el artesanal.	Calidad de maíz variable.
1 Kg. de harina de maíz nixtamalizada produce 1.7 Kg. de tortillas, es decir 20% más de rendimiento de lo obtenido a partir de maíz nixtamalizado procesado de manera tradicional.	1 Kg. de maíz produce 1.4 Kg. de tortilla.
Desventajas:	Ventajas:
Uso de aditivos, lo que altera el sabor final de la tortilla.	Presenta mayor preferencia por los consumidores debido a su sabor.
Mayor precio por kilogramo.	Menor precio por kilogramo.

Fuente: Iturriaga, 1993.

### 3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS.

La masa consiste en piezas de germen, pericarpio remanente y endospermo, conjuntamente con una red de gránulos de almidón gelatinizados parcialmente, cubiertos por la matriz de proteína y lípidos emulsificados. Los cuerpos proteínicos hinchados pierden su forma, y en algunos casos son físicamente destruidos durante la cocción o secado<sup>[10]</sup>.

Desde un punto de vista físico-estructural la masa se considera como una red que solubiliza polímeros de almidón (fase continua) que se mantienen dispersos, gránulos de almidón hinchados, fragmentos celulares y lípidos (fase dispersa). La textura de la masa depende de la proporción de cada constituyente que, a su vez, se relaciona con la textura del endospermo de maíz que se este usando; del proceso de secado a que fue sometido el grano y del almacenamiento del mismo.

Existen diversos factores que afectan la calidad de la tortilla, dentro de estos se puede mencionar el tipo de endospermo. La dureza del endospermo determina en parte la velocidad de penetración del agua durante el cocimiento. Granos suaves se hidratan rápidamente, requiriendo tiempos cortos de cocimiento pero son muy susceptibles al sobrecocimiento. Granos de dureza intermedia-alta son adecuados para la nixtamalización porque resisten cierto abuso o falta de control durante el proceso de producción de masa y tortillas con calidad aceptable<sup>[11,20]</sup>. Otros factores que pueden afectar esta calidad es la variación en el proceso de nixtamalización los cuales están determinadas por factores geográficos y socioeconómicos algunos ejemplos pueden ser: tipo de maíz, la proporción agua/maíz, concentración de cal, tiempo de cocción y temperatura los cuales son definidos de acuerdo a los hábitos familiares o específicos del procesador<sup>[16]</sup>. La localización geográfica, el precio y la disponibilidad del maíz va a determinar la variedad del maíz a utilizarse.

De acuerdo con la bibliografía los parámetros fisicoquímicos más importantes a evaluar en la masa fresca son: 1) el contenido de humedad, y 2) propiedades reológicas como son 2a) la viscosidad, 2b) firmeza ó dureza y 2c) adhesividad de la masa.

### **1) El contenido de humedad**

El contenido de humedad óptimo de la masa para producir tortillas de alta calidad y buena vida de anaquel varía con las variedades de maíz. En general, se ha visto que los mejores resultados se obtienen de un contenido de humedad de alrededor de 50-55%<sup>[20]</sup>. Durante la elaboración de las tortillas la cantidad de humedad en la masa es controlada subjetivamente agregando pequeños volúmenes de agua a ésta, considerando que es un parámetro muy importante para la obtención de tortillas de calidad aceptable. Si la humedad de la masa es baja las tortillas tienden a ser rígidas y quebradizas, las tortillas elaboradas con masas con una humedad óptima tienen la suficiente humedad para recalentarse y mantenerse flexibles.

Método para la determinación de humedad.

La determinación de humedad se puede determinar de acuerdo al método No. 44-40 de American Association of Cereal Chemists 1986 (A.A.C.C), que consiste en: tomar 2 gramos de masa y ponerlos en una caja de aluminio a peso constante luego se ponen en una estufa con corriente de aire caliente a una temperatura de  $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$  durante una hora. El contenido de humedad en la muestra se determina por diferencia de peso y se informa el porcentaje.

La textura es un atributo sensorial de los alimentos sumamente importante ya que su detección y magnitud son en muchas ocasiones decisivas para la aceptación o el rechazo de un producto por el consumidor. Anzaldúa-Morales (1994) propone como definición de textura la siguiente " propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído; y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación". Este autor destaca que la textura no puede ser percibida si el alimento no ha sido deformado, ya sea con la mano, al cortarlo con algún utensilio (cuchillo), o al morderlo y/o masticarlo con la boca.

Este factor de calidad de los alimentos requiere de evaluación, y puede estimarse por medios sensoriales o bien por métodos físicos como los que a continuación se describen. Las definiciones físicas y sensoriales de las propiedades de textura, se describen a continuación en el cuadro 6.

Cuadro 6. Definición de las propiedades de textura .

PROPIEDADES	DEFINICIONES
Dureza	<i>Física:</i> Fuerza necesaria para lograr romper o deformar un material dado. <i>Sensorial:</i> Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre los molares (para sólidos) o entre la lengua y el paladar para semisólidos
Cohesividad	<i>Física:</i> Amplitud de la deformación de un material antes de romperse, debido a la fuerza intermolecular del alimento. <i>Sensorial:</i> Grado hasta el que se comprime una sustancia entre los dientes antes de romperse.
Viscosidad	<i>Física:</i> Tasa de flujo por unidad de fuerza. <i>Sensorial:</i> Fuerza requerida para sorber un líquido de una cuchara.
Elasticidad	<i>Física:</i> Tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante. <i>Sensorial:</i> Grado hasta el cual regresa un producto a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes, o entre la lengua y el paladar para semisólidos.
Adhesividad	<i>Física:</i> Trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto. <i>Sensorial:</i> Fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (generalmente a el paladar) durante su consumo.

Fuente: Anzaldúa Morales A. (1995).

## 2. Propiedades reológicas

### 2a) Viscosidad.

Una de las formas más comunes de medir la viscosidad en masas, es mediante un viscoamilógrafo, del cual se obtienen los viscoamilogramas, que presentan una serie de variables de importancia que sirven para caracterizar el proceso de gelatinización del almidón, los cuales son: temperatura de inicio de gelatinización (TIG) y pico máximo de viscosidad, no obstante se pueden obtener datos sobre viscosidad a temperatura constante y la viscosidad final<sup>[8,20]</sup>.

La determinación de viscosidad se realiza utilizando un viscoamilógrafo Brabender mediante la técnica descrita por Morales(2001) y Zepeda (2000). La prueba se realiza utilizando la cantidad de muestra en función del contenido de humedad de la masa, la cual se determina previamente. Posteriormente se le añade agua destilada a la muestra, se coloca el agitador que transfiere la señal de viscosidad a un graficador y se deposita el recipiente que contiene la muestra en el viscoamilógrafo, y se inicia el ciclo de calentamiento con una temperatura inicial de 25°C durante aproximadamente 42 minutos con agitación constante durante toda la prueba a 75 r.p.m hasta alcanzar una temperatura de 92°C punto en el cual se registra la viscosidad máxima, la temperatura se mantiene constante a 92°C durante 20 minutos. Después la temperatura desciende hasta 50°C y se registra en este punto la viscosidad final, que se expresa en Unidades Brabender (UB). De esta prueba, se obtienen gráficas (figura 2) las cuales indican la temperatura de gelatinización, viscosidad máxima y la viscosidad final.

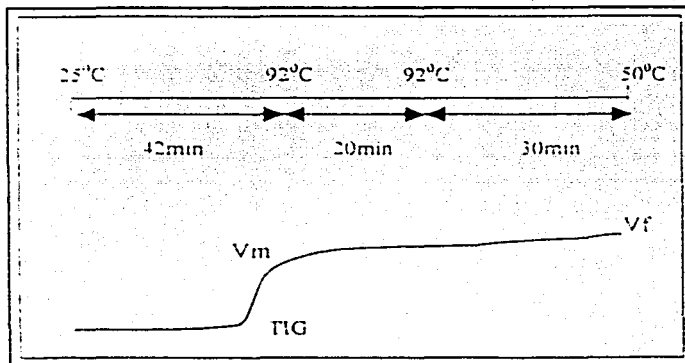


Figura 2. (Fuente: Morales, 2001) Comportamiento de los componentes de la masa de maíz en el viscoamilógrafo, donde Vm = viscosidad máxima, Vf = viscosidad final y TGI = temperatura de gelatinización.

2b) Firmeza ó dureza y 2c) adhesividad de la masa.

Las propiedades de dureza y adhesividad se evalúan utilizando un Texturómetro Universal. La técnica descrita por Morales (2001) se describe a continuación: se pesa una porción de masa de 55 gramos y se moldea en una cápsula cilíndrica de plástico transparente, con 5.6 cm de diámetro interior y 3.8 cm de altura, procurando que la masa llene el recipiente perfectamente en la parte inferior y que, la superficie de la masa este completamente lisa. Se utiliza una celda de compresión de 1kg con una punta de semiesfera de bronce con  $\frac{1}{2}$  plg. de diámetro y una velocidad de cabezal de 6 cm:min. La cápsula se coloca en el aparato, el cual baja la semiesfera lo suficiente hasta que penetra la masa 6 mm y se registra su firmeza máxima. La adhesividad se registra como la fuerza necesaria para separar la esfera de la masa. El aparato traza gráficas en un plano dimensional (x,y) donde se representan las propiedades evaluadas (figura 3). De las curvas se obtiene: la firmeza o fuerza máxima, que esta representada por la altura máxima (pico) de la gráfica (figura No. 3 ) y sus unidades están representadas en gf.(gramo-fuerza). La adhesividad, una fuerza de tensión, se mide como el área de la curva de tensión ubicada en el eje "y" negativo y se reporta en Newton por metro (N.m).

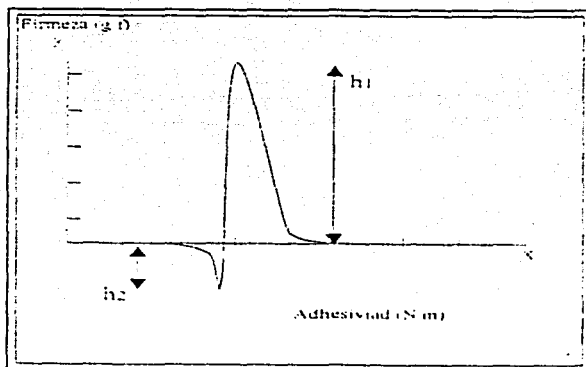


Figura 3. (Fuente: Morales, 2001). Gráfica de Firmeza y adhesividad de la masa, donde Firmeza (gf) =  $h_1$ , Adhesividad (Nm) =  $h_2$  y FCT (adimensional) =  $(h_1/h_2)$

EL FCT (Factor de Comprensión-Tensión) se obtiene dividiendo la altura máxima,  $h_1$  (eje "y" positivo) entre la altura más pequeña,  $h$  (eje "y" negativo) de la gráfica. Al dividir con las mismas unidades resulta un valor adimensional.

El Factor de Comprensión-Tensión (FCT) es un parámetro importante en la medición de textura y se define como la razón de la fuerza máxima de compresión y la fuerza máxima de tensión aplicada a la masa. Es un factor adimensional. Con este factor se puede predecir cual será el comportamiento de una masa en los rodillos moldeadores durante el procesamiento. Un valor óptimo es aquel en el cual la masa tiene un grado de dureza y adhesividad que permiten un buen manejo de ella en los rodillos y que produce un alto rendimiento de tortillas con óptimas propiedades sensoriales.

Estudiar la evaluación instrumental de adhesividad; también conocida como pegajosidad involucra dos categorías de fuerzas<sup>[8]</sup>.

1. La fuerza de adhesividad entre la superficie del instrumento y la superficie de la muestra.
2. La fuerza de cohesión en la microestructura de la muestra.

Dependiendo de la magnitud de estas dos fuerzas puede ocurrir que:

- Cuando la fuerza de adhesión es más grande que la fuerza de cohesión, entonces la muestra queda adherida a la superficie del aparato.
- Cuando la cohesión excede la adhesión, la muestra se separa de la superficie quedando está completamente libre de residuos de muestra.

Las masas con altos valores de FCT son duras, mientras que las masas con valores bajos de FCT son pegajosas. Molsalvo (2000) en su tesis reporta valores óptimos de FCT entre 2.4 -2.7.



#### **4. PARÁMETROS SENSORIALES.**

Realmente los trabajos sobre análisis sensorial en tortillas de maíz son pocos y nulos en masa de maíz. Sin embargo la textura es el parámetro sensorial más importante en el análisis sensorial de la masa para elaborar tortillas y en las tortillas mismas.

Los análisis sensoriales de la textura no solamente dependen de las sensaciones percibidas en la cavidad bucal, si no también de ciertos estímulos durante su observación visual o durante el manejo previo a la ingestión. Las sensaciones originadas por el aspecto del alimento, su resistencia al corte, su extensibilidad, etc; contribuyen a veces de forma importante a la sensación global de textura<sup>[16]</sup>. En el caso de la masa de maíz la textura se evalúa únicamente de manera manual.

En cuanto a los métodos de prueba utilizados las pruebas descriptivas son las más utilizadas, por que no sólo se desea saber si hay diferencias de textura, sino también la magnitud de las mismas. Antes de seleccionar la prueba sensorial a realizar, se debe concretar la amplitud de la información que se desea obtener. Al ser la textura un atributo multidimensional y estar integrada por varios parámetros, se puede optar por un análisis completo, aplicando la técnica conocida como perfil de textura o análisis descriptivo cuantitativo (Q.D.A.)<sup>[11,16]</sup>

Para estandarizar una metodología sensorial hay que seleccionar y entrenar a un grupo de personas capaces de medir y cuantificar sensorialmente las características de textura, en forma confiable y reproducible, es decir formar un panel analítico con cierto grado de sensibilidad y exactitud que confirme la validez de la metodología.

De acuerdo a la literatura consultada no se han realizado trabajos sobre análisis sensorial en masas de maíz, los trabajos que se han llevado a cabo son en tortillas. Como ejemplo tenemos el trabajo realizado por Vázquez (1990), en el cual para el análisis sensorial de tortilla, llevo a cabo un perfil de textura; para lo cual usó parámetros como suavidad, elasticidad, rolabilidad, dureza y adhesividad.

Así pues hace falta desarrollar una metodología para el análisis sensorial de masas de maíz, pero como ya se mencionó la textura es el parámetro más importante.

## **CAPITULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

Debido a la importancia que tiene en México el maíz, y particularmente el consumo de éste en forma de tortillas, y a que no existen normas de control de calidad para la elaboración de éstas, se realizaron 10 entrevistas a distintos molineros de Ixtapalapa, Nezahualcoyotl, Ecatepec y la delegación Gustavo A. Madero con la finalidad de recolectar información verídica y de primera mano acerca de los parámetros que ellos consideran importantes para la obtención de masas adecuadas para la elaboración de las tortillas. Por el motivo anterior se aplicó un cuestionario exploratorio con preguntas abiertas y de seguimiento.

Se realizaron únicamente 10 entrevistas debido al corto tiempo para llevar a cabo el presente trabajo, cabe mencionar que en un principio se pretendía hacer más entrevistas pero no todos los molineros entrevistados aceptaron contestar las preguntas del cuestionario. Los molinos se seleccionaron al azar, y los resultados y datos obtenidos se analizan en el capítulo correspondiente.

Los parámetros fisicoquímicos más importantes para la obtención de masa para tortilla de acuerdo con la bibliografía son: el contenido de humedad; ya que este determina la flexibilidad de la tortilla, y propiedades reológicas como son la viscosidad, firmeza y adhesividad de la masa, por lo cual también se desea hacer una comparación de estos parámetros con los evaluados por los molineros.

Con esto podemos resumir como objetivos los siguientes:

### **Objetivo general:**

Recolectar información verídica y de primera mano acerca de los parámetros fisicoquímicos que los molineros consideran importantes para la obtención de masas adecuadas para la elaboración de tortillas.

### **Objetivo particular:**

Hacer una comparación de los parámetros fisicoquímicos encontrados en literatura con los evaluados por el molinero.

### CAPITULO III RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se aplicó un cuestionario de 7 preguntas para cada molino, el cuestionario se muestra en el Anexo 1, y a continuación se vierte la información obtenida de estos cuestionarios.

**Cuadro 7. Datos de identificación (cuestionario)**

	Nombre	Edad (años)	Años de molinero	Grado máx. De estudios	Lugar del molino
1	Miguel Martínez	39	17	Secundaria	Iztapalapa
2	Alberto Huidobro	48	3	Secundaria	Ecatepec
3	Yolanda Hernández	43	25	Primaria	Ecatepec
4	Francisco Silva	37	10	Secundaria	Ecatepec
5	Felipe Benavides	47	12	Secundaria	Ixtapalapa
6	Ricardo Olvera	35	10	Secundaria	Gustavo A. Madero
7	Arturo Serrano	60	25	Primaria	Ixtapalapa
8	Francisco Reyes	32	7	Primaria	Ixtapalapa
9	Pedro	29	7	Secundaria	Nezahualcoyotl
10	Abraham Flores	20	4	Secundaria	Nezahualcoyotl

Como se observa en el cuadro 7 la mayoría de los molineros entrevistados son hombres, contándose con una sola mujer de 43 años; las edades varían desde los 20 años hasta los 60 años. El tiempo de experiencia como molinero se consideró importante debido a la experiencia adquirida por los años, teniéndose como experiencia mínima de molinero 3 años. En cuanto al nivel máximo de estudios 7 de los entrevistados cuentan con secundaria de los cuales 3 no la terminaron y 3 de ellos solo cuentan con la primaria, lo cual nos dice que su grado de estudios es bajo.

Cuadro 8. Respuestas al cuestionario.

Molinero	Kg de masa Al día	Características de una buena masa	Evaluación de la masa	Cantidad de muestra evaluada
1	3000 kg	Que la masa sea fresca, que este bien cocido el maíz, que no se despedace, que sea suave	Tocándola con la mano, que no se pegue, que sea suave.	Al tanteo, con un puño de la masa
2	700 kg	Debe de ser fresca, debe de tener un color amarillo tenue, que sea suave.	Tocándola con la mano, que sea suave y no se pegue; probando un pedazo, no debe de saber agria	Al tanteo, con un puño de masa.
3	1000 kg	La masa no debe de tener un color oscuro, que sea suavcita para que amarre bien, que no se parta o desmorone.	Agarrandola con la mano, debe de ser suave, no pegajosa	Con lo que agarre una mano, es decir, un puño.
4	900 kg	Que sea suave, de color amarillo tenue, que no tenga olor agrio, que este calientita	Tocándola, que este suavcita, y no este pegajosa	Al tanteo, con un puño.
5	1,100 kg	Debe de tener una textura firme y elástica, no debe despedazarse.	Con el tacto, agarrandola con una mano	Con una bola de la masa, lo que agarre un puño, se debe apretar con la palma y sentir su textura.
6	3,500 kg	Que no sea chiclosa, que sea suave y fina, que tenga un buen apriete, debe de estar húmeda.	Tocándola con la mano, apretándola y sintiendo que este suave, que no se pegue, que este húmeda	Con lo que agarre una mano, un puño, no importa mucho la cantidad.
7	No quiso decir	Que sea suave, que tenga "correa", que no se parta como polvorón	En base a la experiencia, tocándola me puedo dar cuenta de su consistencia	Con lo que agarre un puño, primero la aprieto y luego la froto entre mis manos, debe de tener buena "correa"
8	4,000 kg	Que este bien cocida la masa, que sea suave	Ninguna	No le hago nada, solo debe de tener un color amarillo claro
9	2000 kg	Debe de tener una buena textura y suavidad, que no huela agria	Textura al tacto, que no sea chiclosa, que tenga un buen color (amarillo claro)	Tomo un puño de masa y hago una bolita, no se debe de romper.
10	500 kg	Que este bien cocida, suave y no pegajosa	La toco con la mano, debe de sentirse suave, no debe de oler feo.	Lo que sea, un puño es suficiente.

Cuadro 9. Respuestas al cuestionario (continuación).

Molinero	Parámetros que afectan la calidad de la masa	Características del maíz para la nixtamalización	Selección del maíz y tipo
1	Que el maíz no este bien cocido, que este duro	Que sea fresco, que tenga un buen color amarillo.	No lo selecciono, cuando me lo traen lo proceso directo. Maíz blanco de Sinaloa o el Bajío.
2	Que el nixtamal este martajado (no bien molido, entero)	Que el maíz no este mojado, y que no huela feo.	Es el maíz que yo cosecho, o de Puebla. Muerdo un maíz para saber su madurez.
3	Que el maíz sea muy duro y no se este bien cocido, debe de alcanzar un punto de suavidad	Que no este muy seco y duro, debe de ser reciente, no viejo.	Maíz amarillo de Puebla, cuando se que es un maíz viejo se le da más tiempo de cocción.
4	Cuando el maíz esta muy viejo o se le añade mucha cal, ponerle agua en gran cantidad hace una masa inconsistente.	Que el maíz no sea viejo.	Maíz amarillo de Puebla.
5	Que el maíz tenga exceso de cal en su cocción, que este sucio.	Debe de ser un maíz maduro.	Maíz blanco de Veracruz.
6	Si se pasa de cocimiento, exceso de cal, que el maíz no este bien cocido.	Que no sea un maíz viejo, que este limpio, que no este húmedo.	Muerdo el maíz para saber su dureza. Maíz blanco de Sinaloa o el bajo
7	El tiempo de cocción, que no este muy cocido y la cantidad de cal si es mucha la masa sale muy amarilla.	Que no este húmedo, que no huela a rancio.	Maíz blanco de Sinaloa.
8	Que no este bien cocido el maíz.	Maíz que no este roto,	Que el maíz sea blanco, el patrón lo compra. piensa que es del Bajío.
9	Que el nixtamal no este crudo, que no tenga mucha cal.	Que sea un maíz joven, que no este viejo, que no huela rancio.	Maíz blanco de Sinaloa.
10	La cantidad de cal, que este crudo el maíz.	No debe de estar húmedo ni roto.	Maíz blanco y/o amarillo.

Pregunta 1. ¿Aproximadamente cuantos kilogramos de masa procesan al día? Esta pregunta se hizo con el fin de conocer la capacidad de producción de los diferentes molinos y encontrar algún tipo de relación entre el tipo de parámetros evaluados y el volumen de producción. De acuerdo a las respuestas obtenidas se puede concluir que no hay ninguna diferencia entre los parámetros evaluados por el molinero y el tamaño del molino, ya que los molinos con mayor producción no verifican ningún parámetro adicional. El volumen de producción de cada molino se puede observar en el cuadro 8.

Pregunta 2. ¿Cuáles son las principales características de la masa para hacer una buena tortilla?

Se obtuvieron diferentes respuestas las cuales las podemos clasificar como propiedades de textura o consistencia y otras propiedades (figura 4). En cuanto a las primeras los molineros mencionan características como que la masa tiene que estar fresca, húmeda y calientita; es decir recién molida, no se debe de despedazar, romper, partir o desmoronar; debe de ser firme, no debe de ser chiclosa; todo esto nos habla de propiedades de textura y 3 molineros mencionan que el maíz debe de estar bien cocido ya que si no lo está se obtienen masas de poca consistencia que se parten. En cuanto a las otras propiedades, se menciona que la masa debe de tener un color amarillo claro, no debe de tener un color oscuro y no debe de tener un olor agrio, Las respuestas se muestran en el cuadro 8 y se resumen en la figura 5 y 6 en una gráfica de frecuencia.

Es importante resaltar que dos personas mencionan que la masa debe de tener un buen "amarre" o "apriete" esto quiere decir que la masa debe de ser firme y no se debe de desmoronar, otro expresó esto mismo mediante la palabra "correa".

En el anexo III se incluyen un glosario de los términos mas empleados por los molineros.

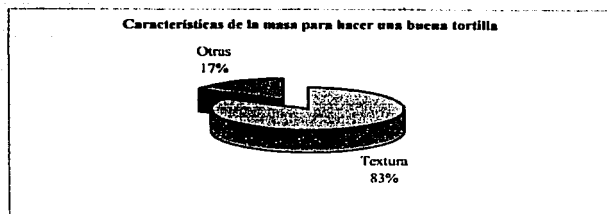


Figura 4

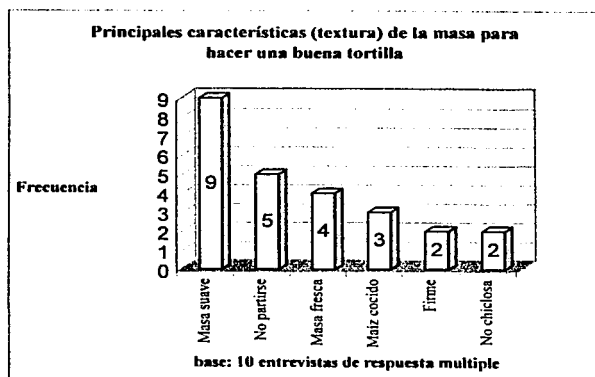


Figura 5.

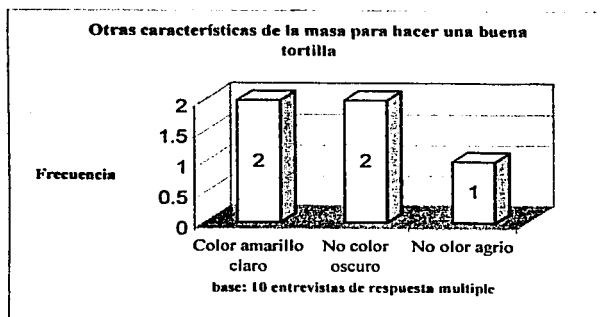


Figura 6.

### Pregunta 3 ¿Cómo evalúa la calidad de la masa?

Acerca de cómo se evalúa la calidad de la masa 9 molineros mencionan que mediante el tacto, es decir, tocando la masa con las manos, por medio de esto el molinero siente que tan suave es la masa, si la masa se le pega en los dedos, lo cual no debe de ocurrir y haciendo la masa "bolita" se pueden dar cuenta si esta permanece firme, es decir, que no se despedace, desmorone o separe. Esta prueba constituye la prueba sensorial más importante para la evaluación de la calidad de la masa de los molineros, la cual es una prueba de textura que ellos realizan con las manos. Es importante señalar que sólo uno de ellos mencionó degustar la masa para valorar su calidad, el menciona que la masa no debe tener ningún sabor agrio, pero esta misma persona también toma en cuenta la prueba de textura con la mano. Se hizo un cálculo de  $\chi^2$  (ver Anexo II) y se concluye que hay una diferencia significativa al 95% en la forma de evaluación de la masa.

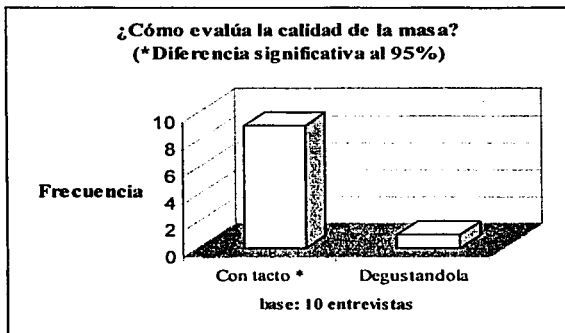


Figura 7.

### Pregunta 3a. ¿Qué cantidad de muestra toma para la evaluación?

La cantidad de muestra tomada para la evaluación es al tanteo, es decir, el molinero no toma una cantidad exacta, toma la cantidad de masa que agarre su puño esto es aproximadamente 50 gramos.



**Pregunta 4. ¿Qué considera usted que afecte más a las características de una buena masa?**

La mayoría de los entrevistados expresó que la masa es afectada por el grado de cocción del maíz, es decir, si éste es cocido en exceso o bien si no está bien cocido. Si está crudo se obtienen masas con poca firmeza, se desbaratan fácilmente y si se cocinó demasiado se obtienen masas chiclosas o pegajosas. También la cantidad de cal es importante ya que si está en exceso se obtienen masas muy amarillas.

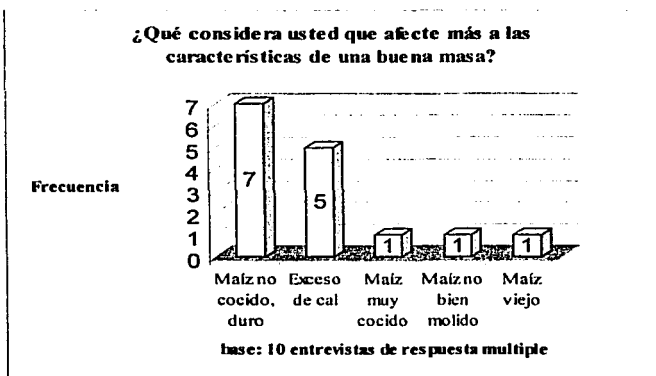


Figura 8.

**Pregunta 5. ¿Cuál es el procedimiento para la elaboración de la masa?**

El proceso descrito por los molineros es en general, cocer el maíz en agua caliente (entre 80 y 95°C) y mantener la temperatura constante, el tiempo varía entre los 20 y 50 minutos y la concentración de cal está entre 1.0 y 1.4 %, después el nixtamal dependiendo de la hora en que lo realicen lo dejan entre 8 y 12 horas en reposo. Al término de este tiempo es escurrido y después lavado con agua. Enseguida es molido para obtener la masa. Tres molineros confesaron agregar un poco de cal antes de molerlo para que la masa dure más tiempo y no se enrancie.

**Pregunta 6. ¿Cuáles son las características que debe tener el maíz para la elaboración de tortillas?**

Los molineros expresan que debe de ser un maíz fresco o maduro, no demasiado viejo ya que son más duros; que no esté mojado porque dan masas de mala calidad, no debe de oler a rancio o feo, y no debe de estar roto.

Algo que es importante mencionar es que dos molineros señalan evaluar la dureza del maíz, masticando un grano de maíz. Si este es difícil de masticar y/o romper con los molares se trata de un maíz duro y aumentan la temperatura de cocción por el contrario si es fácil de romper y/o masticar se trata de un maíz suave el cual requiere menos temperatura o tiempo de cocción. Esta es una prueba sensorial para evaluar la dureza de maíz.

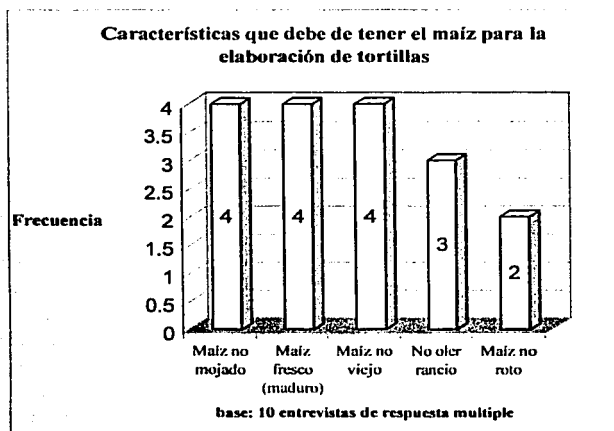


Figura 9.

**Pregunta 7 Hablando del maíz ¿Cómo lo seleccionan, qué tipo de maíz utiliza?**

Los molineros dijeron utilizar maíz blanco y/o amarillo, 4 molineros mencionan que el maíz que utilizan es maíz blanco de Sinaloa, 3 maíz blanco del Bajío, 3 maíz amarillo de Puebla y uno menciona maíz de Veracruz.

De acuerdo a las respuestas obtenidas, los molineros no evalúan ningún parámetro fisicoquímico en las masas.

## CONCLUSIONES.

- ✓ El proceso de elaboración de tortillas es muy variado de una tortillería a otra, así como la evaluación de la calidad del maíz y de la masa para la elaboración de tortillas, dicha evaluación es muy subjetiva y va de acuerdo a la experiencia del molinero.
- ✓ Los molineros consideran la textura de la masa el parámetro sensorial más importante para la evaluación de la calidad, aunque ellos no conocen el término de textura, sin embargo sus descripciones se refieren a textura.
- ✓ Los molineros no evalúan ningún parámetro fisicoquímico.
- ✓ Sin que el molinero lo sepa él evalúa de manera empírica (prueba sensorial que hace con las manos para sentir la consistencia de la masa) la adhesividad, cohesividad y elasticidad de la masa, lo cual coincide con las propiedades fisicoquímicas evaluadas en la masa.
- ✓ El lenguaje común para los molineros para referirse a la adhesividad es que la masa debe de tener “amarre”, “apriete” o “correa”.
- ✓ Es necesaria la estandarización de una metodología que permita medir los atributos de textura sensorialmente en la masa para tortillas, como son cantidad de muestra, el uso de una sola mano o de ambas para la evaluación y en general que todos los panelistas hagan la prueba de la misma manera.
- ✓ Es necesario la selección y entrenamiento de un panel en perfil de textura para evaluar objetivamente las propiedades texturales en la masa para tortillas, específicamente con los atributos que los molineros requieren.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. A.A.C.A American Association of Cereal Chemist, "Approved methods of the American association of Cereal Chemists", 8<sup>a</sup> Ed, 1986.
2. Acevedo M. C., COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DE MAÍZ (Zea mays L) RECIBIDO EN TRES MOLINOS DE LA ZONA METROPOLITANA Y UNA FABRICA DE HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA, Tesis profesional, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, 1997.
3. Anzaldúa-Morales, LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS EN LA TEORÍA Y LA PRACTICA, Editorial Acribia, España 1994.
4. FAO. Centro de Estadística agropecuario, anuario FAO, Producción de maíz, 1990-2001.
5. Iturriaga J. N., LA CULTURA DEL ANTOJITO, Editorial Diana, México, 1993.
6. Llanos C. M., EL MAÍZ. SU CULTIVO Y APROVECHAMIENTO, Ed. Mundi-Prensa, España, 1984.
7. Monsalvo M. M., CALIDAD DE LAS TORTILLAS DE MAIZ (Zea mays L) ELABORADAS BAJO DOS MÉTODOS: INDUSTRIAL Y EXPERIMENTAL, Tesis profesional, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, 2000.
8. Morales G. C., RELACIÓN ENTRE DUREZA DE ENDOSPERMO, ABSORCIÓN DE CALCIO Y TEXTURA DE TORTILLAS DE MAÍZ (Zea mays L) NIXTAMALIZADO, Tesis profesional, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, 2001.

9. Pérez R. R., Rodríguez M. J., ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS Y SENSORIALES DE MAÍZ, SORGO Y MEZCLAS DE MAÍZ, SORGO, Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM, 1988.
10. Pomeranz Y., ADVANCES IN CEREAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, Vol. X, American Association of cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, U.S.A, 1990.
11. Ramirez C. A., CALIDAD DE MAICES COMERCIALES PARA LA ELABORACIÓN DE TORTILLAS, Tesis profesional, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, 2000.
12. Reyes M. H., Notas del diplomado en Análisis Sensorial, Ciudad Universitaria, 2002.
13. Salunkhe D.K., Chavan J.K., Kadam S.S., POSTHARVEST BIOTECHNOLOGY OF CEREALS, C.R.C Press Inc., Florida, 1985.
14. Sergio R, Othon Serna Saldivar, QUÍMICA, ALMACENAMIENTO E INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS CEREALES, AGT Editor, S.A., México, 1996.
15. Stone H., SENSORY EVALUATION PRACTICES, Academic Press, Second edition, U.S.A., 1993.
16. Vazquez A. R., CORRELACIÓN DE MEDIDAS SENSORIALES E INSTRUMENTALES PARA OPTIMIZAR UNA METODOLOGÍA PARA MEDIR LA TEXTURA EN TORTILLA. Tesis profesional, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, 1990.
17. Vazquez C. B., DETERMINACIÓN OBJETIVA DE VARIABLES TEXTURALES EN TORTILLAS DE MAIZ, Tesis profesional, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, 2001.

18. Watson, A. S., "STRUCTURE AND COMPOSICION IN CORN: CHEMISTRY AND TECHNOLOGY", American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA, 1987.
19. <http://www.mesoamerica.org.mx/razas.htm>
20. Zepeda Y. R. M., DEFINICIÓN DE PARÁMETROS TEXTURALES EN MASA Y TORTILLAS DE MAIZ (Zea mays L), Tesis profesional, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, 2000.

**ANEXO 1**  
**Cuestionario de Investigación Proceso tortilla.**

Datos de identificación.

Nombre \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_  
Tiempo de trabajar en el molino \_\_\_\_\_  
Grado máximo de estudios \_\_\_\_\_  
Dirección \_\_\_\_\_

Buenos días / tardes, mi nombre es ..... soy estudiante de la UNAM (mostrar identificación) y estoy haciendo mi tesis acerca del proceso de elaboración de tortillas ¿Podría ayudarme contestándome unas preguntas, por favor?

1. ¿Aproximadamente cuantos kilogramos de masa procesan al día?  
\_\_\_\_\_
2. ¿Cuáles son las principales características de la masa para hacer una buena tortilla? (Profundizar)  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Cómo evalúa la calidad de la masa? (Profundizar) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 3a. ¿Qué cantidad de muestra toman ustedes para la evaluación?  
\_\_\_\_\_
4. ¿Qué considera usted que afecte más a las características de una buena masa?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. ¿En general podría decirme ¿cuál es el procedimiento para la elaboración de la masa y que tipo de maíz utiliza?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. ¿Cuáles son las características que debe de tener el maíz para la elaboración de las tortillas? (Profundizar) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. Hablando del maíz ¿cómo lo seleccionan?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ANEXO II.

### Calculo de Ji-cuadrada para la pregunta 3

Fórmula de Ji-cuadrada:

$$\chi^2 = \sum (f - F)^2 / F$$

Donde:  $\Sigma$  = sumatoria

f = número de respuestas de cada muestra

F = total de respuestas / 2

Cálculos para la pregunta 3

$$\chi^2 = (9-5)^2 + (1-5)^2 / 5 = 32/5 = 6.4$$

$$\chi^2 (\text{tablas, 95\%}) = 5.4$$

Como  $\chi^2$  (teórica) <  $\chi^2$  (calculada), 5.4 < 6.4; se concluye que hay diferencia significativa respecto a la forma de evaluación de la masa con 95% de confiabilidad.



### ANEXO 3

#### Glosario de términos empleados por el molinero.

**Amarre:** característica que la masa debe de tener para no desmoronarse, partirse o quebrarse, debe de tener un buen “amarre”. Términos equivalentes: apriete y correa.

**Apriete:** Característica que la masa debe de tener para no desmoronarse, partirse o quebrarse, debe de tener un buen “apriete”. Términos equivalentes: amarre y correa.

**Correa:** Característica que la masa debe de tener para no desmoronarse, partirse o quebrarse, debe de tener una buena “correa”. Términos equivalentes: amarre y apriete.

**Martajado:** término utilizado para referirse a que el maíz no esta bien molido, que se encuentra entero o “martajado”.

**Masa calentita:** cuando el nixtamal es molido la temperatura aumenta y se obtiene una “masa calentita”, el molinero utiliza este término para referirse a que la masa debe de estar fresca ó bien recién molida.

**Masa chiclosa:** masa difícil de manejar, ya que se pega en las manos o en cualquier superficie, es una característica indeseable en una masa.

**Masa firme:** masa con una adecuada consistencia, que no se parte, despedaza o desmorona, masa que tiene un buen “apriete”, “amarre” o “correa”.

**Masa fresca:** masa recién molida.

**Masa húmeda:** masa fresca o recién molida, con el transcurso del tiempo la masa se reseca o pierde humedad.

**Masa suave:** masa con una adecuada consistencia, que es fácil de manejar y moldear.