

**Evaluación de cinco proporciones  
de maíz y sorgo nixtamalizado en la  
elaboración de rosquillas a escala industrial**

Jaime Ernesto Aparicio Funes

**Honduras**  
Diciembre, 2002

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

# **Evaluación de cinco proporciones de maíz y sorgo nixtamalizado en la elaboración de rosquillas a escala industrial**

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Jaime Ernesto Aparicio Funes**

Honduras  
Diciembre, 2002

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Jaime Ernesto Aparicio Funes

Honduras  
Diciembre, 2002

**Evaluación de cinco proporciones de maíz y sorgo nixtamalizado en la  
elaboración de rosquillas a escala industrial**

presentado por:

Jaime Ernesto Aparicio Funes

Aprobada:

---

Edward Moncada, M.A.E.  
Asesor Principal

---

Claudia García, Ph.D.  
Coordinadora de Carrera de  
Agroindustria

---

Asterio Díaz, Ing.  
Asesor

---

Antonio Flores, Ph.D.  
Decano Académico

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Asesor

---

Mario Contreras, Ph.D.  
Director General

---

Gladys Fukuda, M.Sc.  
Asesora

## **DEDICATORIA**

A Dios y mi familia, por ser el apoyo necesario para la culminación de mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, la Virgen María y San Marcelino Champagnat por ser luz e inspiración de mi vida.

A mi familia: Jaime, Amelia y Carmen Elena por apoyarme en todo momento a pesar de la distancia.

Al Ing. Edward Moncada, por su dedicación, por la confianza en mí y por ser guía en Zamorano.

A Don Asterio Díaz, Dr. Raúl Espinal y Lic. Gladys Fukuda, por sus enseñanzas y el empeño puesto para la realización de este proyecto.

A mis abuelos Alicia, Elena y Carlos Mario; a mis tíos Ana, Norma, Lilian, Imelda, Jorge, Alicia y Margarita.

Al personal de Alimentos Dixie de Honduras por apoyar la realización de este proyecto, en especial a Osman Olivera, Mauricio Suazo, Guillermo Zúniga, Oscar Flores, Orlando Rivera y Doña Juanita.

A los profesores y personal de la carrera de Agroindustria, del Centro de Evaluación de Alimentos, de la Planta de procesamiento de granos y del Laboratorio de calidad de granos y semillas, por su ayuda incondicional.

A mis amigos Daniel, Eva, Eduardo, Daniel Chávez, Saúl, Reina, Alejandra, Pedro, Arturo, Silvana, Pedro Luis, Daniel Arias, Kyra, Regina, Roberto, Rodolfo, Hugo, José Salinas, José Ramos, Wendy, José Jarrín, Ever, David, Lucia, Enrique, Juan José, Luis y Magaly.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

Al Fondo de Becas FANTEL del Gobierno de El Salvador por financiar mis estudios de cuarto año.

Al Instituto Salvadoreño de Formación Profesional y al Banco Central de Reserva de El Salvador por financiar mis estudios de primer a tercer año.

## RESUMEN

Aparicio, Jaime. 2002. Evaluación de cinco proporciones de maíz y sorgo nixtamalizado en la elaboración de rosquillas a escala industrial. Proyecto especial del Programa de Ingeniería en Agroindustria. Zamorano, Honduras. 35 p.

El sorgo (*Sorghum bicolor*) constituye una opción como sustituto del maíz en la alimentación humana por su similitud en valor nutricional y porque es más tolerante a sequías y enfermedades. El propósito de este estudio fue proporcionar, a la empresa Alimentos Dixie de Honduras, alternativas en la formulación de su producto Rosquillas Casera®, incluyendo sorgo como materia prima. El estudio se realizó en dos etapas, en la primera se evaluaron cinco combinaciones de maíz y sorgo (100% maíz; 75% maíz y 25% sorgo; 50% maíz y 50% sorgo; 25% maíz y 75% sorgo; 100% sorgo) en la planta de procesamiento de granos de Zamorano. Los tres tratamientos con mayor contenido de maíz fueron los más aceptados por los consumidores y seleccionados para la siguiente etapa. La segunda etapa se llevó a cabo en la planta de Alimentos Dixie, se realizó un análisis de aceptación, en el que se evaluó las variables apariencia general, color, olor, sabor y textura; así como análisis físico-químicos, vida de anaquel y estudio de costos. El grano de sorgo requiere menor tiempo de cocción en la nixtamalización. La composición química no varió entre rosquillas de distintos tratamientos, en la cantidad de minerales, fibra y carbohidratos; mientras que si lo hizo en humedad, proteína y grasa, por lo que es necesario uniformizar la producción entre lotes. No se encontraron diferencias en la aceptación de los consumidores ( $p>0.05$ ) entre las rosquillas con un contenido de sorgo de 0 hasta 50%. Hasta los tres meses no hubo rancidez oxidativa en los tres tratamientos. El margen de contribución fue mayor en los tratamientos con mayor contenido de sorgo. Se recomienda usar hasta un 50% de nixtamal de sorgo en la formulación de las Rosquillas Casera®.

Palabras clave: aceptación, análisis físico-químicos, combinación maíz-sorgo, rosquilla y vida de anaquel.

---

Edward Moncada, M.A.E.

## NOTA DE PRENSA

### **Sorgo: Una alternativa alimenticia de bajo costo**

Debido a las constantes sequías que azotan Centroamérica, el maíz, base de la alimentación y la cultura de esta región, se ha vuelto escaso y su precio a sufrido un incremento considerable en los últimos años. El maíz es el ingrediente principal de uno de los productos de mayor consumo en Honduras, las rosquillas de maíz que se consumen sobre todo en la zona centro y sur del país.

El sorgo a diferencia del maíz, es un cereal más tolerante a condiciones climáticas críticas, sobre todo de baja precipitación. Lo cultivan pequeños productores principalmente en la zona sur del país. Según la época del año, el costo de este grano es generalmente menor que el del maíz, lo que lo hace atractivo como sustituto en la industria alimentaria.

La empresa Alimentos Dixie de Honduras, dedicada a la producción de boquitas, a través de su departamento de desarrollo de nuevos productos y en colaboración con la Escuela Agrícola Panamericana, realizaron un estudio sobre la sustitución de maíz con sorgo en cinco distintas proporciones, con el propósito de encontrar la mejor relación de estos dos cereales que disminuya costos de fabricación de su producto Rosquillas Casera® (que actualmente se producen solamente de maíz) además de ofrecer un producto que mantenga sus características propias, tanto en apariencia, sabor, textura y color, como en su aspecto nutrimental y vida de anaquel.

El estudio mostró que los consumidores no detectaron diferencias entre las rosquillas elaboradas totalmente de maíz con aquellas hechas hasta con un 50% de sorgo. En los análisis de valor nutrimental tampoco se detectaron diferencias y hasta los 3 meses todas las rosquillas evaluadas resultaron muy estables al enranciamiento de la grasa.

Los costos no variaron significativamente, debido a que el grano representa solamente el 6% del costo de fabricación, a pesar de que existe un convenio entre productores de sorgo y las agroindustrias que dicta que el precio del sorgo no excederá el 85% del precio del maíz. La empresa aún debe evaluar las condiciones de producción de sorgo en Honduras, para determinar si tendrá el abastecimiento necesario, tanto en cantidad como en calidad, de sorgo para el proceso.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Autoría.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vii
Nota de prensa.....	viii
Contenido.....	ix
Índice de Cuadros.....	xi
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Anexos.....	xiii
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 <b>OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.2 <b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 <b>IMPORTANCIA DEL SORGO .....</b>	<b>3</b>
2.2 <b>COMPONENTES ESTRUCTURALES Y QUÍMICOS DEL SORGO.....</b>	<b>4</b>
2.2.1 Estructura .....	4
2.2.1.1 Pericarpio .....	5
2.2.1.2 Endospermo .....	5
2.2.1.3 Germen.....	5
2.2.2 Composición química .....	5
2.2.2.1 Carbohidratos.....	6
2.2.2.2 Proteínas.....	6
2.2.2.3 Lípidos .....	6
2.2.2.4 Minerales y vitaminas.....	7
2.3 <b>NIXTAMALIZACIÓN.....</b>	<b>7</b>
2.4 <b>MOLIENDA Y HORNEADO.....</b>	<b>7</b>
2.5 <b>PRODUCTOS DE SORGO NIXTAMALIZADO .....</b>	<b>8</b>
2.6 <b>ALIMENTOS DIXIE DE HONDURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
3.1 <b>UBICACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>9</b>
3.2 <b>PROCESO DE ELABORACIÓN DE ROSQUILLAS .....</b>	<b>9</b>
3.3 <b>PRUEBAS DE ACEPTACIÓN.....</b>	<b>11</b>
3.4 <b>SELECCIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS.....</b>	<b>11</b>
3.4.1 <b>Diseño experimental .....</b>	<b>11</b>
3.4.1.1 <b>Tratamientos .....</b>	<b>11</b>

3.4.1.2	Variables .....	12
3.5	ANÁLISIS FÍSICOS .....	12
3.5.1	Calidad de grano .....	12
3.5.2	Color .....	12
3.5.3	Textura .....	12
3.5.4	Actividad de agua (Aw) .....	12
3.6	ANÁLISIS QUÍMICOS.....	13
3.6.1	Análisis químico proximal.....	13
3.6.2	Pruebas de rancidez.....	13
3.7	ESTUDIO DE COSTOS.....	13
4	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	14
4.1	PRIMERA ETAPA.....	14
4.1.1	Evaluación sensorial .....	14
4.1.1.1	Apariencia general .....	14
4.1.1.2	Color .....	14
4.1.1.3	Olor .....	14
4.1.1.4	Sabor .....	15
4.1.1.5	Textura .....	15
4.2	SEGUNDA ETAPA.....	15
4.2.1	Calidad de la materia prima .....	15
4.2.2	Elaboración de rosquillas.....	16
4.2.2.1	Nixtamalización .....	16
4.2.2.2	Masa de nixtamal y queso.....	16
4.2.2.3	Producto final.....	17
4.2.3	Análisis físicos.....	17
4.2.3.1	Color .....	17
4.2.3.2	Actividad de agua (Aw).....	18
4.2.3.3	Textura .....	18
4.2.4	Análisis químicos.....	19
4.2.4.1	Análisis químico proximal, calcio y hierro.....	19
4.2.4.2	Rancidez.....	20
4.2.5	Pruebas de aceptación.....	21
4.2.5.1	Apariencia general .....	21
4.2.5.2	Color .....	21
4.2.5.3	Olor .....	21
4.2.5.4	Sabor .....	21
4.2.5.5	Textura .....	21
4.2.5.6	Preferencias.....	21
4.2.6	Análisis de costos.....	22
5	<b>CONCLUSIONES</b> .....	24
6	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	25
7	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	26
8	<b>ANEXOS</b> .....	28

## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro

1.	Superficie sembrada, producción y rendimiento esperado de sorgo. Año agrícola 2001-2002.....	4
2.	Composición de nutrientes del maíz y el sorgo (Por 100g de porción comestible y 12% de humedad).....	6
3.	Formulación base de las rosquillas.....	9
4.	Combinaciones de maíz y sorgo para los tratamientos.....	11
5.	Comparación de las propiedades sensoriales de los distintos tratamientos....	14
6.	Evaluaciones físicas de los granos.....	15
7.	Características de la masa de nixtamal y queso.....	17
8.	Características de la rosquilla horneada.....	17
9.	Comparación del color de la rosquilla de cada tratamiento.....	18
10.	Comparación de la actividad de agua entre tratamientos.....	18
11.	Análisis de textura (dureza) en el tiempo (vida de anaquel).....	19
12.	Análisis proximal de los tratamientos.....	20
13.	Análisis de rancidez en el tiempo (vida de anaquel).....	20
14.	Comparación de las propiedades sensoriales de los distintos tratamientos...	21
15.	Preferencia de compra de los consumidores.....	22
16.	Evaluación de costos unitarios de los tratamientos.....	23

**ÍNDICE DE FIGURAS**

## Figura

1.	Flujo de proceso de elaboración de rosquillas.....	10
2.	Curva de cocción de maíz y sorgo.....	16
3.	Textura de las rosquillas en el tiempo.....	19

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo

1.	Flujo de proceso de rosquillas Alimentos Dixie de Honduras .....	29
2.	Listado de ingredientes, materiales y equipo utilizado para la elaboración de rosquillas a escala industrial.....	33
3.	Encuesta de aceptación (etapa I).....	34
4.	Encuesta de aceptación (etapa II).....	35

## 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la necesidad de alimentación en el mundo ha llevado al fomento de la expansión de las áreas cultivadas con maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*), debido a su alta productividad y adaptabilidad a muchos ambientes. El maíz y el sorgo están entre las plantas más eficientes en la conversión de luz solar a fotosintatos. Aunque la proteína en los granos de estos cereales generalmente están en el rango de 7 a 11%, las altas cantidades producidas en el mundo y sus usos hacen que éstos sean importantes fuentes de proteína en la dieta de animales y humanos. Por ejemplo, más del 70% de la proteína de cerdo puede provenir de estos cereales; y en algunas regiones en desarrollo del mundo, la dieta humana puede depender de estos granos en más del 50% (Shukla, 1975; citado por Wall y Paulis, 1978).

En el mundo de la industria cada vez hay que ser más competitivos para captar una mayor participación en el mercado y obtener el máximo de utilidad. Una buena manera de llegar a este objetivo es reducir costos sin sacrificar la calidad de los productos o servicios que una empresa proporciona. Por eso es importante hacer estudios que determinen la manera de cómo llegar a esta meta. En productos alimenticios es vital hacer investigación continua sobre posibles cambios en la formulación o en el flujo de proceso, para reducir costos y elevar las utilidades, así como para mejorar las características del producto (textura, sabor, vida de anaquel, etc.), de acuerdo a las exigencias del mercado.

Las rosquillas de maíz son típicas por ser parte de la dieta cultural de la población hondureña. Por lo general son elaboradas de manera artesanal y cuentan con una gran demanda; por lo que la elaboración de este producto, de forma industrial, puede ser bien aceptado en el mercado.

Un importante sustituto de la harina de maíz nixtamalizada, para la elaboración de rosquillas, es la harina de sorgo; su ventaja radica en que, contrariamente al maíz, es un cereal que puede tener buenos rendimientos en condiciones de sequía y altas temperaturas, por lo que muchas veces este grano cuenta con mayor disponibilidad y/o precios más bajos que el maíz. El proceso de elaboración de rosquillas de sorgo es muy similar al realizado con el maíz, salvo el tiempo de cocción del sorgo, porcentaje de cal y remoción de pericarpio (Carrillo, 2000).

Con este proyecto se pretende encontrar la combinación idónea de maíz y sorgo para la elaboración de rosquillas, con base en la aceptación de los consumidores, análisis económico de las formulaciones a estudiar, evaluación de las características físicas y químicas de las distintas combinaciones y estudio de la vida de anaquel de éstas.

Este proyecto será de gran utilidad para la empresa Alimentos Dixie de Honduras, ya que servirá como base para tomar una decisión en cuanto a lanzar al mercado rosquillas elaboradas industrialmente, sustituyendo el maíz que actualmente utilizan por sorgo o por una combinación de éstos, así como conocer las características de su producto y la aceptación que éste tiene en el mercado.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo específico**

Determinar la combinación apropiada de maíz y sorgo nixtamalizado para la elaboración de rosquillas.

### **1.1.2 objetivos específicos**

- Evaluar cinco combinaciones de maíz y sorgo para seleccionar los tres tratamientos que exhiben las mejores calificaciones en atributos sensoriales por parte de los consumidores.
- Comparar las características físicas, químicas y sensoriales de tres combinaciones de maíz y sorgo en la elaboración de rosquillas.
- Evaluar la vida de anaquel de tres combinaciones de maíz y sorgo.
- Comparar los costos de producción de las tres formulaciones a evaluar.

## **1.2 HIPÓTESIS**

No existen diferencias significativas entre las características físicas, químicas, sensoriales y vida de anaquel de las rosquillas elaboradas con sorgo, maíz y tres diferentes proporciones.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 IMPORTANCIA DEL SORGO

El sorgo (*Sorghum bicolor*) es el quinto cereal en importancia del mundo (Compton, 1990; citado por Medina, 1998), se considera como una planta anual aunque es hierba perenne y en los trópicos puede cosecharse varias veces al año (FAO, 1995).

El consumo mundial de sorgo para la alimentación humana se ha mantenido estancado durante los 35 últimos años, en contraste con el consumo alimentario total de todos los cereales, que ha subido considerablemente a lo largo del mismo período. Este estancamiento se ha verificado pese a que, bajo el aspecto nutricional, el sorgo es muy bueno en comparación con otros cereales, sobre todo al ser considerado en muchos países como un grano de categoría inferior. El consumo de sorgo *per capita* es elevado en países o en algunas regiones de esos países donde el clima no permite la producción económica de otros cereales y donde los ingresos *per capita* son relativamente bajos.

Honduras produce principalmente maíz blanco y sorgo, e importa maíz amarillo y sorgo forrajero. Estos productos se utilizan para la preparación de alimentos concentrados y solamente el maíz blanco se utiliza para consumo humano directo en cantidades significativas.

El sorgo es el tercer grano básico en Centro América después del maíz y los frijoles. Durante el período 1983-88, aproximadamente 52% de la producción total de sorgo en Honduras provino de pequeños productores en laderas. El mejoramiento de cultivares por parte de instituciones como INTSORMIL, han brindado a agricultores del sur de Honduras variedades de sorgo de calidad alimenticia mejorada, principalmente la variedad sureño. (Carrillo, 2000)

La producción y destino pronosticado del sorgo en Honduras para el año agrícola 2001-2002 es aproximadamente de 1,566,800 quintales, de los cuales 27 por ciento sería destinado al consumo humano, 58 por ciento al consumo de la industria, 1 por ciento a semilla y 14 por ciento de pérdidas y otros usos. Para este ciclo se estima un déficit en la demanda de grano de sorgo de 1,853,000 quintales (Consejo de Desarrollo Agrícola, 2002). La superficie y la producción por región en Honduras se muestra en el Cuadro 1. Por lo general el sorgo en Honduras es cultivado por agricultores de bajos recursos, pero la producción comercial a gran escala se ha incrementado por la adaptación de nuevos híbridos y desarrollo del mercado de granos en el sector privado (Meckenstock *et al.*, 1993; citado por Carrillo, 2000).

Cuadro 1. Superficie sembrada, producción y rendimiento esperado de sorgo. Año agrícola 2001-2002.

<b>Región</b>	<b>Superficie sembrada (ha)</b>	<b>Producción esperada (kg)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
1. Sur	27,528	17,052,204	619.45
2. Centro Occidental	4,603	2,453,073	532.93
3. Norte	743	3,075,556	4,139.38
4. Litoral Atlántico	479	2,372,808	4,953.67
5. Nor Oriental	7,389	23,222,678	3,142.87
6. Centro Oriental	23,610	15,570,352	659.48
7. Occidental	6,750	7,466,253	1,106.11
<b>Total nacional</b>	<b>71,102</b>	<b>71,212,924</b>	<b>1001.56</b>

Fuente: Consejo de Desarrollo Agrícola, 2002. Encuesta de granos básicos. INE. Instituto Nacional de Estadística.

En los últimos años se ha desarrollado considerable información sobre comidas hechas con sorgo y sobre las propiedades del grano requeridas para producir alimentos de excelente calidad. Esta información está siendo usada para desarrollar sorgos con calidad alimenticia aceptable, así como con propiedades agronómicas mejoradas, tales como resistencia a enfermedades e insectos y producciones estables (Rooney *et al.*, 1986)

Entre los productos elaborados con sorgo en Honduras, además de las tortillas, están las roquillas y rosquetes (hechos tanto con masa de maíz como de sorgo, queso fresco, azúcar y otros ingredientes; son moldeados y horneados). Medina (1998), determinó que las propiedades sensoriales de las tortillas elaboradas a base de sorgo comparado con las de maíz, fueron de menor calidad; sin embargo, tuvieron buena aceptación en los consumidores y la variedad Sureño presentó las tortillas con mejores características sensoriales. Carrillo (2000) concluyó que no existen diferencias significativas entre las roquillas elaboradas con maíz y las de sorgo en cuanto a características sensoriales (color, olor, sabor, textura y apariencia) evaluadas por consumidores.

## **2.2 COMPONENTES ESTRUCTURALES Y QUÍMICOS DEL SORGO**

### **2.2.1 Estructura**

El grano de sorgo es un cariósipide desnudo, los colores más comunes son el blanco, el bronce y el pardo (FAO, 1995). La cariopsis puede ser redondeada y con puntas romas, de 4-8 mm de diámetro ( Purseglove, 1972; citado por FAO, 1995). El peso de 1,000 granos de sorgo tiene un amplio margen de variación, de 3 a 80 g, pero en la mayoría de las variedades va de 25 a 30 g (FAO, 1995). En el grano de sorgo el peso medio del pericarpio es del 6%, el del endospermo del 84% y el del germen del 10% (Hubbard *et al.*, 1950; citado por FAO, 1995).

**2.2.1.1 Pericarpio.** Es el elemento estructural más externo de la cariopsis y se compone de tres subcapas: el epicarpio, el mesocarpio y el endocarpio. El epicarpio se subdivide en epidermis e hipodermis. El mesocarpio y la parte media es la capa más gruesa del pericarpio del sorgo, pero su espesor varía mucho entre los distintos genotipos. El endocarpio, que es la subcapa más interna del pericarpio se compone de células transversales y de una capa de células tubulares que transportan la humedad al grano (FAO, 1995).

**2.2.1.2 Endospermo.** El mayor componente del grano es el endospermo, que es un importante tejido de almacenaje. Se compone de una aleurona y de zonas periféricas de textura córnea y harinosa. Las células de la aleurona son ricas en minerales, vitaminas B, aceite y también contienen algunas enzimas hidrolizantes (FAO, 1995).

El sorgo de endospermo duro cuando se descortezza da menos granos quebrados y más llenos que el sorgo de endospermo más blando (Desikachar, 1982; citado por FAO, 1995). En la molturación en húmedo, el rendimiento amiláceo es superior en los genotipos de endospermo blando (FAO, 1995).

**2.2.1.3 Germen.** Las dos partes principales del germen son el eje embrionario y el escutelo. El escutelo es un tejido de almacenamiento, rico en lípidos, proteína, enzimas y minerales. El aceite presente en el germen de sorgo es rico en ácidos grasos poliinsaturados y análogo al aceite de maíz (Rooney, 1978; citado por FAO, 1995)

## 2.2.2 Composición química

El sorgo tiene en común con otros cereales que es predominantemente amiláceo. El contenido de proteína de este grano es casi igual y comparable al trigo y maíz (Cuadro 2). Los factores genéticos desempeñan una gran función a la hora de determinar la composición del grano. Los factores ambientales modifican también esta composición. En granos de varios cereales, sobre todo del sorgo, se ha observado una correlación inversa entre el rendimiento en grano y el contenido de proteína (Frey, 1977; citado por FAO, 1995). El contenido proteínico del grano también guarda una notable correlación inversa con el peso del grano y su contenido amiláceo. En cambio, el contenido en ceniza y proteína del grano de sorgo están positivamente correlacionados entre sí (Subramanian y Jambunathan, 1982; citado por FAO, 1995).

El salvado de sorgo es bajo en proteína y ceniza y rico en componentes fibrosos. La tracción del germen del sorgo es rica en ceniza, proteína y aceite pero muy pobre en almidón. Más del 68% de la materia mineral total y del 75% del aceite del grano entero se halla localizado en la parte del germen. Su aportación a la proteína del grano es sólo del 15%. El germen del sorgo también es rico en vitaminas B. El endospermo, que es la parte mayor del grano, es relativamente pobre en minerales y contenido oleaginoso; en cambio, es un gran aportador de otros componentes pues contribuye al 80% de la proteína, al 94% del almidón y al 50-75% de las vitaminas B del grano entero (FAO, 1995).

Cuadro 2. Composición de nutrientes del maíz y el sorgo (Por 100 g de porción comestible y 12% de humedad)

<b>Componente</b>	<b>Maíz</b>	<b>Sorgo</b>
Proteína (g)	9.2	10.4
Grasa (g)	4.6	3.1
Ceniza (g)	1.2	1.6
Fibra cruda (g)	2.8	2.0
Carbohidratos (g)	73.0	70.7
Energía (kcal)	358	329
Calcio (mg)	26	25
Hierro (mg)	2.7	5.4
Tiamina (mg)	0.38	0.38
Riboflavina (mg)	0.20	0.15
Niacina (mg)	3.6	4.3

Fuente: Jambunathan y Subramanian, 1988; citado por FAO. (1995)

**2.2.2.1 Carbohidratos.** El almidón es la principal forma de almacenaje de carbohidratos en el sorgo. El almidón del sorgo consiste de amilopectina, un polímero de cadena ramificada de la glucosa, y de amilosa, un polímero de cadena lineal.

Las propiedades fisicoquímicas del almidón repercuten en las características texturales de los preparados alimenticios hechos con el grano de sorgo. El comportamiento del almidón en el agua depende de la temperatura y de su concentración (Whistler y Paschall, 1967; citado por FAO, 1995). Los almidones de grano registran por lo general una escasísima absorción de agua a temperatura ambiente y también es pequeño su potencial de hinchamiento. La absorción de agua aumenta a temperaturas superiores y los gránulos de almidón se desploman dando lugar a la solubilización de la amilosa y de la amilopectina para formar una solución coloide. Es la fase de gelatinización.

**2.2.2.2 Proteínas.** El segundo gran componente del grano de sorgo es la proteína. Factores tanto genéticos como ambientales repercuten en el contenido de la proteína del sorgo. En el sorgo, la variabilidad es a primera vista grande debido probablemente a que este cereal se cultiva en situaciones agroclimáticas diversas, que influyen en la composición del grano (Burluson *et al.*, 1956; Waggle *et al.*, 1967; Deosthale *et al.*, 1972a; citado por FAO, 1995).

**2.2.2.3 Lípidos.** El contenido de grasa cruda del sorgo es del 3%, que es superior al del trigo y arroz pero inferior al del maíz. Las capas de germen y aleurona son los principales determinantes de la fracción de lípidos. El germen en sí aporta un 80% de la grasa total (Rooney y Serna-Saldivar, 1991; citado por FAO, 1995).

**2.2.2.4 Minerales y vitaminas.** En el grano del sorgo, la materia mineral está distribuida desigualmente y se halla más concentrada en el germen y en el revestimiento de la semilla (Hubbard *et al.*, 1950; citado por FAO, 1995).

El sorgo es en general una fuente rica de vitaminas B. Algunas variedades de endospermo amarillo de sorgo contienen beta-caroteno, que podría ser convertido en vitamina A por el cuerpo humano. En el grano de sorgo también se han encontrado cantidades detectables de otras vitaminas liposolubles (D, E y K). El sorgo tal como se consume comúnmente no es una fuente de vitamina C. Entre las vitaminas B, las concentraciones de tiamina, riboflavina y niacina que hay en el sorgo son comparables a las del maíz (FAO, 1995).

## **2.3 NIXTAMALIZACIÓN**

El cocimiento alcalino o nixtamalización es una de las formas más antiguas de preparación de alimentos con base en granos, principalmente el maíz en las culturas mesoamericanas (Carrillo, 2000). El maíz nixtamalizado es usado para producir tortillas, frituras de maíz y productos similares (Jackson, 1992).

Generalmente para el proceso de nixtamalización, el maíz es cocinado en agua (proporción agua-grano 3:1) con 0.8 a 1% de cal o cenizas con relación al peso del grano, a temperaturas por arriba de los 65°C por varias horas, seguido de un reposo durante toda la noche. La temperatura exacta y la concentración de cal varía, pero cada proceso es diseñado para solubilizar y remover el pericarpio y cocinar parcialmente (gelatinizar) el almidón. Las proteínas del endospermo son parcialmente solubilizados y las proteínas del germen son solubilizados completamente. La mayoría del pericarpio es removido durante el cocimiento, el reposo y lavado (Rooney, 2000). Cualquier resto de pericarpio disminuye la calidad de los productos obtenidos del nixtamal (grano después del cocimiento alcalino). La presencia de pericarpio también afecta el color y la textura y dan una apariencia no uniforme al producto (U.S. Grains Council, 2002).

## **2.4 MOLIENDA Y HORNEADO**

En este proceso el grano es físicamente dividido en partes por el corte mecánico ocasionado por los discos del molino, por ello se tiene que añadir agua, para reducir el calentamiento generado por la fricción de los discos (Medina, 1998). El degradamiento y debilitamiento de las paredes del grano, causado por el cocimiento alcalino, facilita la operación de molienda y de esta manera se obtiene una típica distribución de partículas de masa. La masa consiste de partículas de germen, pericarpio y endospermo (Gomez *et al.*, 1989; citado por Medina, 1998).

Durante este proceso las proteínas del grano son sometidas a calor que, en combinación con la alcalinización y seguida de un tratamiento de calor adicional en el horneado, cambiarán la estructura de la proteína desnaturalizándola, haciéndola menos soluble e incrementando su peso molecular (Rooney, 2000).

## **2.5 PRODUCTOS DE SORGO NIXTAMALIZADO**

Los genotipos de sorgo de color sido liberados en Centro América para el uso en productos nixtamalizados, los cuales son muy parecidos a los elaborados con maíz; sin embargo, requieren menor tiempo de cocción y de reposo por ser un grano más pequeño (Serna-Saldivar *et al.*, 1990; citado por Carrillo, 2000).

## **2.6 ALIMENTOS DIXIE DE HONDURAS**

Alimentos Dixie de Honduras es una empresa miembro de la corporación Cressida, está ubicada en las cercanías de la ciudad de San Pedro Sula al norte de Honduras. La empresa está dedicada a la producción de frituras de maíz, yuca, papa, plátano y chicharrón, así como productos de panadería (rosquillas) y confitería para satisfacer los mercados de Honduras y El Salvador.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos etapas. En la primera se evaluaron cinco tratamientos en el laboratorio de procesamiento de granos de Zamorano, en donde se simuló el flujo de proceso que se implementa en Alimentos Dixie de Honduras, para la elaboración de rosquillas a nivel industrial. Con base en una evaluación sensorial con consumidores se seleccionaron los mejores tratamientos, que luego se evaluaron en la segunda etapa de acuerdo a características físicas, químicas, sensoriales y vida de anaquel; además de una comparación de costos de producción.

#### 3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

La primera etapa se llevó a cabo en la Planta de Procesamiento de Granos de Zamorano. Las evaluaciones sensoriales se realizaron en el puesto de ventas y en el campus de Zamorano. La segunda etapa se llevó a cabo en la sección de panadería de la fábrica de Alimentos Dixie de Honduras, en San Pedro Sula; las evaluaciones sensoriales se realizaron en un colegio de San Pedro Sula y en el campus de Zamorano. Los análisis físicos y químicos se hicieron en el Centro de Evaluación de Alimentos y en el laboratorio de calidad de granos y semillas de Zamorano, así como en el laboratorio de control de calidad de Alimentos Dixie.

#### 3.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE ROSQUILLAS

Para ambas etapas del estudio se utilizó la misma formulación (Cuadro 3) y se siguió el mismo proceso (Figura 1) que Alimentos Dixie de Honduras usa para su producto Rosquillas Casera® (Anexo 1).

Cuadro 3. Formulación base de las rosquillas.

<b>Ingrediente</b>	<b>(%)</b>
Materia prima (maíz-sorgo)	55.14
Cal	0.61
Queso	14.52
Margarina	14.73
Mantequilla	12.63
Polvo de hornear	1.32
Sal	1.05

La variedad de sorgo utilizada fue Sureño, debido a que Medina (1998) determinó que es la mejor variedad para consumo en el mercado hondureño, debido a sus características sensoriales. Además Sureño no posee taninos por lo que es apropiado para consumo humano y animal (Meckenstock y Gómez, 1992).

Los ingredientes utilizados en la elaboración de rosquillas, así como el equipo y los materiales usados en la planta de procesamiento de granos de Zamorano y la planta de producción de Alimentos Dixie se encuentran listados en el Anexo 2.

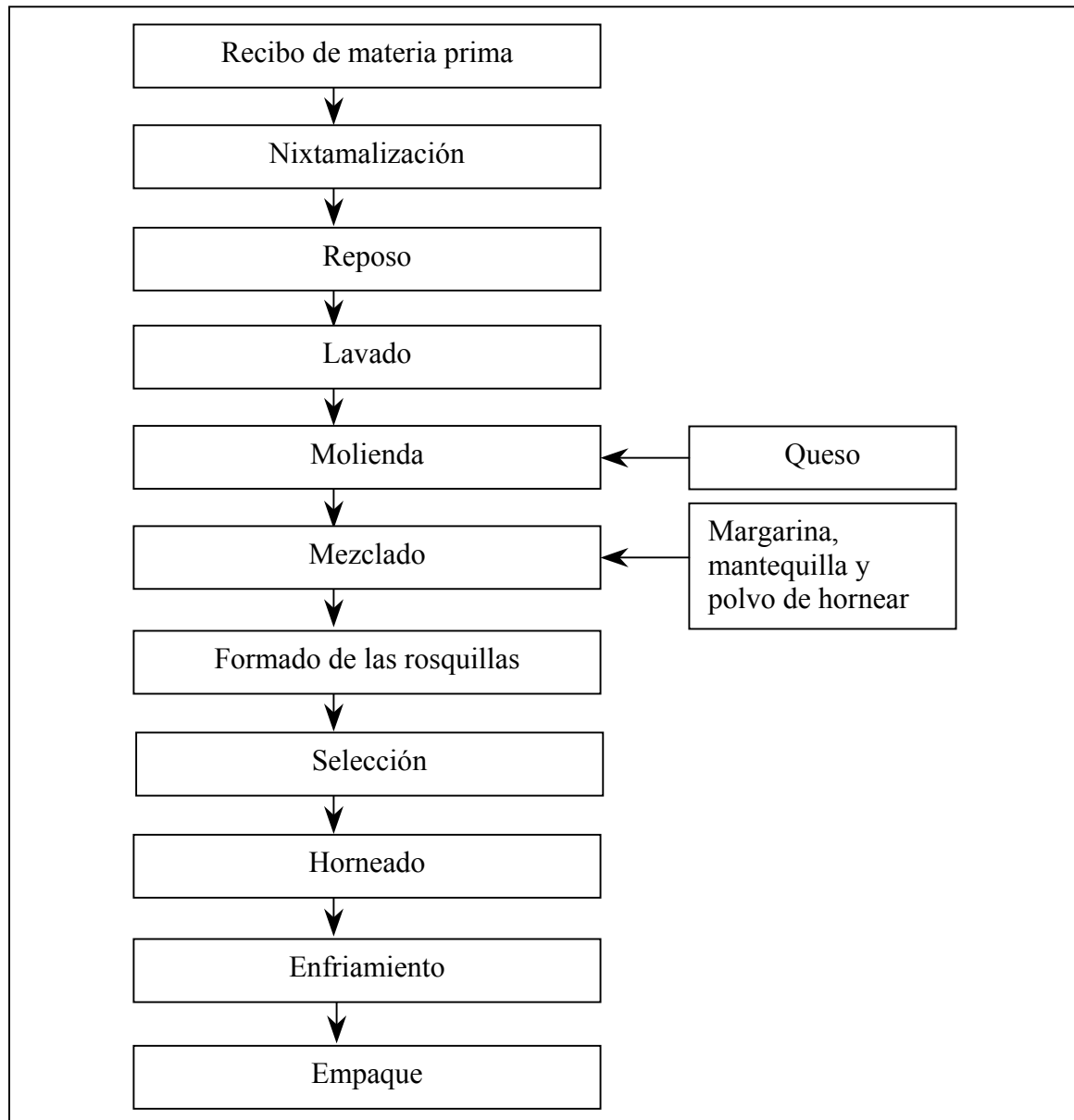


Figura 1. Flujo de proceso de elaboración de rosquillas.

Fuente: Díaz, A. 2001. Flujo de rosquillas, San Pedro Sula, Honduras (Comunicación personal).

En el laboratorio de procesamiento de granos de Zamorano, se elaboraron tres lotes de rosquillas para evaluarlas sensorialmente y en la fábrica de Alimentos Dixie fueron elaborados dos lotes de rosquillas. El proceso hecho en Alimentos Dixie incluye el control de calidad que la fábrica tiene sobre el producto Rosquillas Casera® y que incluye porcentaje de humedad del grano cocido, porcentaje de humedad, sal y acidez expresada como ácido láctico de la masa de nixtamal y del producto final.

### 3.3 PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Se realizaron pruebas de preferencias a través de una encuesta con una escala hedónica de cinco puntos (excelente=5, bueno=4, aceptable=3, malo=2 y pésimo=1). Se encuestaron 245 consumidores en la primera etapa (Anexo 3) y 323 en la segunda (Anexo 4). En cada etapa se les pidió que evaluaran las variables apariencia general, color, olor, sabor y textura de cada uno de los tratamientos. Los distintos tratamientos se identificaron con números al azar y entre un tratamiento y otro tomaron agua para evitar el sesgo en las respuestas. Se incluyó también una pregunta sobre cuál de los tratamientos compraría si estuviera disponible en el mercado.

### 3.4 SELECCIÓN DE LOS MEJORES TRATAMIENTOS

Se hicieron análisis de varianza y separación de medias de las pruebas de aceptación de la primera etapa, para determinar los mejores tratamientos que serían evaluados física, química y sensorialmente en la segunda etapa.

#### 3.4.1 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un bloque completo al azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo para las pruebas sensoriales, físico-químicas y vida de anaquel. Se hizo un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias para comparar los distintos tratamientos.

**3.4.1.1 Tratamientos.** Las proporciones de maíz y sorgo utilizadas fueron las presentadas en el Cuadro 4 y sus unidades experimentales fueron las rosquillas.

Cuadro 4. Combinaciones de maíz y sorgo para los tratamientos.

Tratamiento	Maíz (%)	Sorgo (%)
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

**3.4.1.2 Variables.** Las variables medidas fueron:

- Características sensoriales: color, sabor, textura, olor y apariencia general.
- Características físico-químicas: color, composición química proximal y actividad de agua.
- Vida de anaquel: cambios en los aspectos físico-químicos (textura y rancidez)

### **3.5 ANÁLISIS FÍSICOS**

#### **3.5.1 Calidad de grano**

Se midió la humedad del grano con el medidor electrónico de humedad marca Steinlite (Patente No. 2947940). Se siguió el procedimiento de determinación de calidad visual de acuerdo a la Propuesta de Normas de Calidad para Centroamérica, para detectar daños por insectos, hongos, impurezas, etc. Por último se midió el peso hectolítrico de ambos granos.

#### **3.5.2 Color**

Para la determinación de color se utilizó un colorímetro (Colorflex), el cual funciona por medio de longitudes de ondas reflejadas y una lectura en el sistema Hunter para la medición de color: **L** (claridad +), **a** (rojo +, verde -) y **b** (amarillo +, azul -). Las muestras de rosquillas se colocaron de forma entera en el colorímetro, puesto que es de esa forma como el consumidor percibe el color. La medición de esta variable no se realizó a través del tiempo.

#### **3.5.3 Textura**

La medición de textura se hizo con el acople plano del texturómetro Instron 4444, para simular la trituración de las rosquillas por las muelas de los humanos, en las semanas 1, 6 y 12 de su elaboración, para medir los cambios en el tiempo de esta variable. Para mantener las propiedades del producto por más tiempo, se utilizaron bolsas de celofán selladas completamente, que es la forma en que la empresa comercializa su producto.

#### **3.5.4 Actividad de agua (Aw)**

Se determinó el agua disponible para el aprovechamiento de microorganismos, conocida como Actividad de agua (Aw) con el aparato Aqualab. La muestra antes de meterse a la cámara de medición del Aqualab fue triturada en un mortero.

## **3.6 ANÁLISIS QUÍMICOS**

### **3.6.1 Análisis químico proximal**

Se realizó un análisis químico proximal para determinar la composición de los distintos tratamientos (AOAC, 1997).

### **3.6.2 Pruebas de rancidez**

Debido al elevado contenido de grasa total, se hicieron pruebas de rancidez a lo largo del tiempo para evaluar la vida de anaquel en este aspecto. Las pruebas realizadas fueron índice de peróxidos (mide los peróxidos e hidroperóxidos producidos en la fase inicial del enranciamiento) y valor de ácido tiobarbitúrico o TBA (mide el malonaldehído que es un producto secundario de la oxidación de grasas); se usaron los métodos recomendados por la AOCS (1989).

## **3.7 ESTUDIO DE COSTOS**

Se realizó un estudio de los costos de producción de las formulaciones evaluadas en la segunda etapa del estudio, para poder dar mejores recomendaciones a la empresa.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PRIMERA ETAPA

#### 4.1.1. Evaluación sensorial

**4.1.1.1. Apariencia general.** Las características que determinan la preferencia del público en cuanto a apariencia general son la forma, el tamaño y la distribución uniforme del color. En las encuestas realizadas los consumidores evaluaron la apariencia general de las rosquillas de aceptable a buena (Cuadro 5). Se encontraron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre todas las formulaciones, siendo los tratamientos 1, 3 y 2 (en su respectivo orden) los mejor calificados.

Cuadro 5. Comparación de las propiedades sensoriales de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Combinación Maíz-Sorgo (%)	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura
1	100 – 0	3.63 a	3.84 a	3.54 ab	3.40 a	3.37 a
3	50 – 50	3.54 ab	3.67 ab	3.60 a	3.27 a	3.24 a
2	75 – 25	3.38 bc	3.55 b	3.51 ab	3.29 a	3.37 a
4	25 – 75	3.25 cd	3.30 c	3.43 ab	3.03 b	2.72 b
5	0 – 100	3.08 d	3.19 c	3.35 b	2.93 b	2.88 b

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

Medias con igual letra en la misma columna no son diferentes significativamente

Escala: 1=pésimo, 2=malo, 3=aceptable, 4=bueno, 5=excelente.

**4.1.1.2 Color.** Aunque el color es parte de la apariencia general, se evaluó esta variable para determinar la influencia que tiene en la preferencia de compra de los consumidores. Las encuestas demuestran que existen diferencias ( $p<0.05$ ) entre tratamientos, siendo nuevamente los tres tratamientos con mayor proporción de maíz los mejor calificados.

**4.1.1.3 Olor.** Para esta variable se encontraron diferencias ( $p<0.05$ ) solamente entre las rosquillas 100% de sorgo y las rosquillas con 50% de sorgo. El olor de las rosquillas es dado principalmente por ingredientes como el queso y la mantequilla, que en este estudio

no variaron su proporción en la formulación, por lo que las diferencias encontradas por los consumidores, en cuanto a olor, posiblemente se vieron influenciadas por alguno de las otras variables del análisis sensorial.

**4.1.1.4 Sabor.** El sabor de las rosquillas recibieron una calificación promedio entre aceptable y bueno, excepto el tratamiento de 100% sorgo, que resultó por debajo de este rango. Los tratamientos mejor evaluados en cuanto a sabor fueron el 1, 2 y 3; no existiendo diferencias ( $p>0.05$ ) entre ellos, pero sí con los restantes dos tratamientos.

**4.1.1.5 Textura.** En la variable textura nuevamente los mejores tratamientos fueron los tres con mayor proporción de maíz, que fueron calificados de aceptables a buenos, y entre los que no se detectó diferencias ( $p>0.05$ ); aunque sí hubo diferencias de estos tres tratamientos con los otros dos, que recibieron una calificación promedio por debajo de aceptable.

## 4.2 SEGUNDA ETAPA

Con base en la preferencia de los consumidores mostrada en las diferencias de medias de las distintas variables, en la primera etapa del estudio, se seleccionaron los tratamientos 1, 2 y 3 (Cuadro 5), para ser evaluados en la segunda etapa.

### 4.2.1 Calidad de la materia prima

La humedad de ambos granos es adecuada para el almacenamiento y cumplen con los requisitos de las agroindustrias en Honduras, que establecen que se debe tener un máximo de 13% de humedad en la zona norte y 14% en el resto del país (Cuadro 6). La densidad aparente (peso bushel) del sorgo resultó mayor, esto hace que posteriormente su rendimiento de masa sea mayor.

La calidad del maíz utilizado fue, de acuerdo a la Propuesta de Normas de Calidad para Centroamérica, de calidad inferior a la necesaria para consumo humano (los principales problemas que se observaron fueron granos pequeños, daño por hongo, daño por calentamiento, grano contrastante y daño por insectos); mientras que el sorgo sí cumplió con dichas normas.

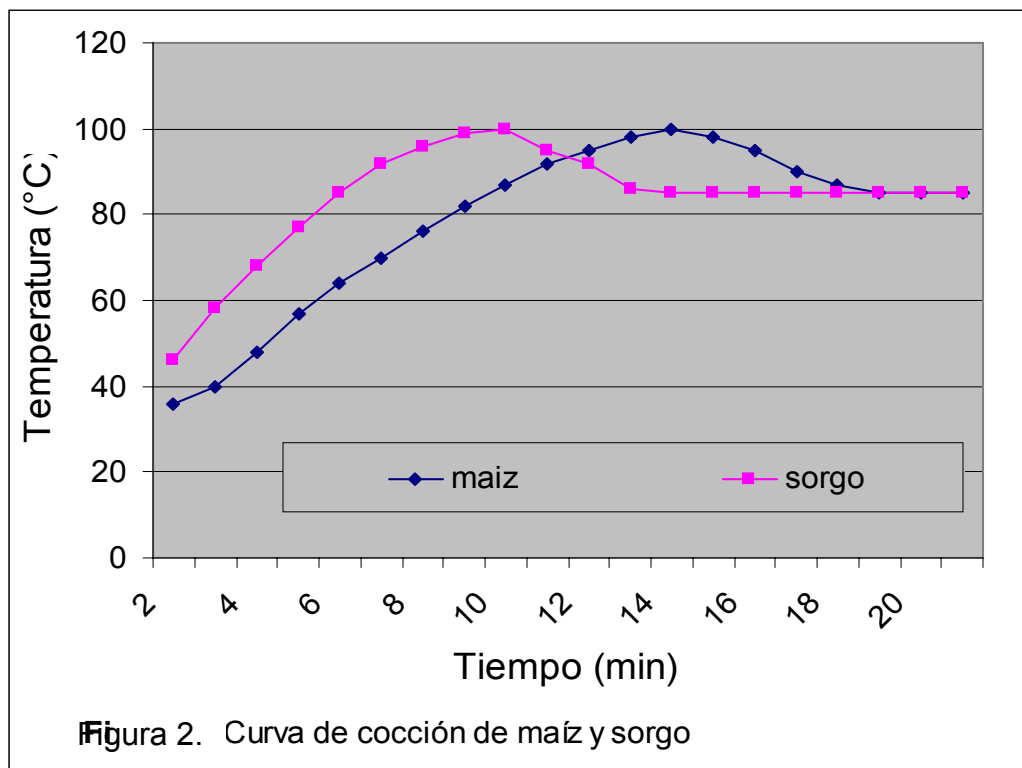
Cuadro 6. Evaluaciones físicas de los granos.

	<b>Humedad (%)</b>	<b>Peso bushel (lb/bushel)</b>	<b>Clasificación Norma de calidad</b>
Maíz	12.29	58.0	SM <sup>1</sup>
Sorgo	12.25	62.2	CA-1

<sup>1</sup> SM = Según Muestra

## 4.2.2 Elaboración de rosquillas

**4.2.2.1 Nixtamalización.** El cocimiento y el tiempo de reposo del maíz y el sorgo se realizaron siguiendo las curvas de cocción presentadas en la Figura 2. Se utilizó un proceso similar al que se realiza en la fábrica de Alimentos Dixie. El tiempo de cocción del sorgo fue menor debido a que el sorgo requiere aproximadamente el 75% del tiempo que requiere el maíz para su nixtamalización, por ser un grano más pequeño (Medina, 1998). Para ambos casos es necesario alcanzar una temperatura cercana a los 100°C. El tiempo de reposo para ambos granos fue de tres horas a una temperatura aproximada de 85°C, durante este tiempo los almidones siguen su proceso de absorción de agua y las proteínas continúan su desnaturalización.



Después del proceso de cocción se registró un mayor rendimiento promedio de grano en el sorgo: 1.643 kg de nixtamal de sorgo por kg de grano seco y 1.612 kg de nixtamal de maíz por kg de maíz. La humedad promedio del grano después de la nixtamalización fue de 40.3% para el maíz y 42.2% para el sorgo.

**4.2.2.2 Masa de nixtamal y queso.** Después del molido del grano y la simultanea adición de queso, se realizó un monitoreo de varias características que determinarán la calidad del producto terminado. No se encontraron diferencias ( $p > 0.05$ ) en el porcentaje de humedad,

porcentaje de sal y acidez expresada como ácido láctico entre las masas (diferentes combinaciones de nixtamal y queso molido), previo al proceso de adición de ingredientes, formado y horneado de las rosquillas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Características de la masa de nixtamal y queso.

Tratamiento	Combinación maíz-sorgo (%)	Humedad (%)	Sal (%)	Acidez (%)
1	100-0	46.95 a	1.50 a	0.37 a
2	75-25	47.80 a	1.65 a	0.34 a
3	50-50	51.30 a	1.48 a	0.36 a

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

Medias con igual letra en la misma columna no son significativamente diferentes

**4.2.2.3 Producto final.** Se midieron nuevamente los parámetros de humedad, sal y acidez para el producto terminado. Para las variables humedad y acidez en las rosquillas luego de horneadas no se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, pero en el análisis de porcentaje de sal el tratamiento de 75% de maíz y 25% de sorgo resultó más salado que los otros dos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Características de la rosquilla horneada.

Tratamiento	Combinación maíz-sorgo (%)	Humedad (%)	Sal (%)	Acidez (%)
2	75-25	1.60 a	2.66 a	0.19 a
1	100-0	1.45 a	2.40 b	0.20 a
3	50-50	1.40 a	2.24 b	0.15 a

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

Medias con igual letra en la misma columna no son significativamente diferentes.

### 4.2.3 Análisis físicos

**4.2.3.1 Color.** De acuerdo a los resultados del colorímetro Colorflex, se detectaron diferencias ( $p < 0.05$ ) entre los tres tratamientos en los tres componentes del color de la escala Hunter (Cuadro 9). Las rosquillas con alguna proporción de sorgo resultaron más oscuras ( $L^*$ ), menos rojas ( $a^*$ ), y menos amarillas ( $b^*$ ), que las elaboradas con nixtamal 100% de maíz.

Cuadro 9. Comparación del color de la rosquilla de cada tratamiento.

Tratamiento	Combinación maíz-sorgo (%)	L*	a*	b*
1	100-0	60.70 a	9.44 a	34.51 a
2	75-25	55.33 c	9.54 a	31.99 b
3	50-50	57.84 b	8.41 b	32.05 b

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

Medias con igual letra en la misma columna no son significativamente diferentes.

Sistema Hunter para medición de color: eje **L** (claridad +), **a** (rojo +, verde -) y **b** (amarillo +, azul -)

**4.2.3.2 Actividad de agua (Aw).** Se detectaron diferencias significativas ( $p=0.0291$ ) entre tratamientos en cuanto a la cantidad de agua disponible para el crecimiento de microorganismos o actividad de agua (Aw) (Cuadro 10). El análisis de varianza demostró que los bloques o lotes fueron diferentes ( $p<0.0001$ ), por lo que es probable que sea necesario evaluar el proceso de elaboración para llegar a uniformizar el producto terminado. La poca actividad de agua de las rosquillas de los tres tratamientos hace que el producto sea muy estable al ataque de microorganismos o actividad enzimática.

Cuadro 10. Comparación de la actividad de agua entre tratamientos.

Tratamiento	Combinación maíz-sorgo (%)	Aw
2	75-25	0.187 a
1	100-0	0.165 ab
3	50-50	0.150 b

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

Medias con igual letra en la misma columna no son significativamente diferentes.

**4.2.3.3 Textura.** En la primera semana después de la elaboración, las rosquillas no presentaron diferencias ( $p>0.05$ ) en textura (Cuadro 11). En la sexta semana, no hubo diferencias entre el tratamiento 1 y 2, al igual que entre los tratamientos 2 y 3, aunque si se presentaron diferencias entre el tratamiento 1 y 3; es decir que durante las semanas 6 los tratamientos con mayor contenido de sorgo fueron los que presentaron las texturas más duras (Figura 3). En la semana 12 no se identificaron diferencias significativas entre tratamientos. En promedio se encontraron diferencias en textura entre la primera semana y las otras mediciones; mientras que entre la semana 6 y la 12 no hubo cambios significativos en textura.

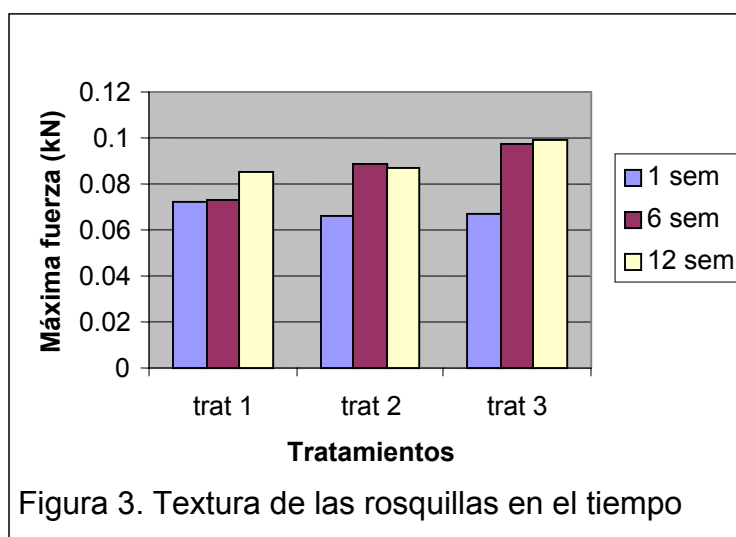
Cuadro 11. Análisis de textura (dureza) en el tiempo (vida de anaquel).

Tratamiento	Combinación maíz-sorgo (%)	Fuerza máxima aplicada (kN)		
		1 semana	6 semanas	12 semanas
3	50-50	0.0673 a <sup>1</sup>	0.0972 a	0.0988 a
2	75-25	0.0662 a	0.0888 ab	0.0867 a
1	100-0	0.0718 a	0.0734 b	0.0854 a
<b>Promedio</b>		<b>0.0684 b<sup>2</sup></b>	<b>0.0865 a</b>	<b>0.0903 a</b>

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

<sup>1</sup> Medias con igual letra en la misma columna no son diferentes significativamente

<sup>2</sup> Medias con igual letra en la misma fila no son diferentes significativamente



#### 4.2.4 Análisis químicos

**4.2.4.1 Análisis químico proximal, Calcio y Hierro.** La humedad del tratamiento 2 resultó más alta ( $p=0.0075$ ) que la de los otros tratamientos (Cuadro 12), además los lotes de producción presentaron diferencias ( $p<0.0001$ ). No se encontraron diferencias significativas en la cantidad de minerales (cenizas) entre tratamientos. En cuanto a la cantidad de proteína cruda, se presentaron diferencias entre los tres tratamientos, siendo las formulaciones con contenido de sorgo las de porcentaje mayor, debido a que generalmente el grano de sorgo tiene más cantidad de proteínas. Las diferencias encontradas entre las rosquillas del tratamiento 1 y las de los otros tratamientos en cuanto a grasa (extracto etéreo) se debieron tanto a la diferencia entre tratamientos como a la falta de uniformidad en el proceso, ya que de acuerdo al análisis de varianza, hubo diferencias entre lotes ( $p<0.001$ ). Los componentes de fibra cruda, carbohidratos (extracto libre de nitrógeno), calcio y hierro no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 12. Análisis proximal de los tratamientos.

<b>Composición (g %)</b>	<b>Tratamiento 1 (0% sorgo)</b>	<b>Tratamiento 2 (25% sorgo)</b>	<b>Tratamiento 3 (50% sorgo)</b>
Humedad	2.92 b	3.40 a	3.01 b
Cenizas	4.61 a	4.66 a	4.52 a
Proteína cruda	11.25 c	12.22 a	11.80 b
Extracto etéreo	21.90 a	20.60 b	20.78 b
Fibra cruda	0.95 a	0.86 a	0.90 a
Extracto libre de N	58.37 a	58.47 a	58.99 a
Calcio	0.43 a	0.42 a	0.41 a
Hierro (mg/100g)	3.23 a	3.80 a	3.65 a

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

Medias con igual letra en la misma fila no son significativamente diferentes.

**4.2.4.2 Rancidez.** Los valores del índice de peróxidos para la grasa extraída de las rosquillas en las semanas 6 y 12 fue bajo (Cuadro 13). El tratamiento 3 a las 6 semanas fue el que presentó menor índice de peróxidos y diferencias respecto a los otros dos ( $p < 0.05$ ), mientras que a las 12 semanas no hubo diferencias significativas entre los tres tratamientos. Entre las semanas 6 y 12 hubo un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) promedio de 0.863 meq de peróxidos/kg grasa.

El valor de TBA hasta los tres meses es bastante bajo, es decir que no se presentó rancidez oxidativa. En las semanas 6 y 12, el tratamiento 1 y 3 no resultaron diferentes ( $p > 0.05$ ), al igual que no hay diferencias significativas entre el tratamiento 2 y 3. Hubo una pequeña disminución promedio no significativa de 0.003 mg de malonaldehído por kg de grasa; esto se puede deber a errores del método de medición del índice de TBA.

La razón por la que no se presentó rancidez en la grasa de las rosquillas es porque la fuente de grasa es la mantequilla crema y el queso, que son productos lácteos que cuentan con ácidos grasos saturados, es decir más estables a la rancidez oxidativa; además, la poca actividad de agua del producto evita el medio necesario para la rancidez enzimática.

Cuadro 13. Análisis de rancidez en el tiempo (vida de anaquel).

<b>Tratamiento</b>	<b>Combinación maíz-sorgo (%)</b>	<b>Índice de peróxidos meq Peróxido/kg grasa</b>		<b>TBA mg malonaldehído/kg grasa</b>	
		<b>6 semanas</b>	<b>12 semanas</b>	<b>6 semanas</b>	<b>12 semanas</b>
1	100-0	1.9823 a <sup>1</sup>	2.3715 a	0.0233 a	0.0193 a
3	50-50	1.3623 b	2.2970 a	0.0203 ab	0.0173 ab
2	75-25	1.9893 a	3.2563 a	0.0150 b	0.0145 b
<b>Promedio</b>		<b>1.7779 b<sup>2</sup></b>	<b>2.6416 a</b>	<b>0.0195 a</b>	<b>0.0170 a</b>

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

<sup>1</sup> Medias con igual letra en la misma columna no son significativamente diferentes.

<sup>2</sup> Medias con igual letra en la misma fila no son significativamente diferentes.

## 4.2.5 Pruebas de aceptación

**4.2.5.1 Apariencia general.** Los consumidores evaluaron la apariencia general en un rango entre bueno y excelente (Cuadro 14). No existieron diferencias ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos, lo que indica que los consumidores no distinguen diferencias o por lo menos toman la apariencia general como buena.

Cuadro 14. Comparación de las propiedades sensoriales de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Combinación Maíz-Sorgo (%)	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura
2	75 – 25	1.92 a	1.97 a	2.03 a	1.97 a	1.96 a
1	100 – 0	1.99 a	2.03 a	2.14 a	2.07 a	1.96 a
3	50 – 50	1.95 a	2.08 a	2.10 a	2.10 a	2.10 a

Prueba SNK, nivel de significancia: 0.05

Medias con igual letra en la misma columna no son diferentes significativamente

Escala: 1=excelente, 2=bueno, 3=aceptable, 4=malo, 5=pésimo.

**4.2.5.2 Color.** Las encuestas indican que los consumidores califican entre aceptable y excelente el color de las rosquillas. No se mostraron diferencias ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos.

**4.2.5.3 Olor.** No se detectaron diferencias entre los olores de los tres tratamientos. Esto se debe a que los ingredientes que dan el característico olor a las rosquillas (queso y mantequilla) no variaron sus niveles en este estudio. Esta variable fue calificada entre aceptable y buena.

**4.2.5.4 Sabor.** Las encuestas demuestran que los consumidores no detectan diferencias en el sabor de los tres tratamientos ( $p>0.05$ ). El rango de calificación estuvo entre aceptable y excelente.

**4.2.5.5 Textura.** En la variable textura, nuevamente para los consumidores no hay diferencias ( $p>0.05$ ) entre las rosquillas elaboradas completamente con maíz y las elaboradas hasta con un porcentaje de 50% de sorgo. La textura de todos los tratamientos fueron calificados entre aceptables y excelentes.

**4.2.5.6 Preferencias.** A la pregunta sobre cuál de los tres tratamientos compraría en caso de estar disponibles en el mercado, el 39 % prefirió el tratamiento con 25% de sorgo, el 34 % el tratamiento de 100% de maíz y el 27 % el tratamiento con 50% de cada grano (Cuadro 15).

Cuadro 15. Preferencia de compra de los consumidores.

Tratamiento	Combinación maíz-sorgo (%)	Preferencia de consumo (No. Personas)	Preferencia de consumo (%)
1	100-0	111	33.88
2	75-25	128	38.92
3	50-50	89	27.21

#### 4.2.6 Análisis de costos

Se analizaron los costos de producción de la rosquilla casera tal como actualmente se produce en Alimentos Dixie (100% de maíz) y se compararon con los costos de producir rosquillas con 25 ó 50% de sorgo (Cuadro 16).

Las variaciones se dan en el costo del grano, ya que el precio del sorgo para las agroindustrias equivale al 85% del precio del maíz, de acuerdo al convenio suscrito en 1999 entre agroindustrias y productores hondureños. Los precios actuales de mercado, según el Sistema de Información Nacional de Precios Agrícolas de Honduras (SINPAH), equivalen a US\$ 10.43 por quintal de sorgo y US\$ 8.67 por quintal de maíz<sup>1</sup>. También, hay variación en la cantidad de grano a utilizar, debido a que el sorgo rinde más en la nixtamalización, y en los costos directos de fabricación por el menor consumo de vapor para la nixtamalización del grano de sorgo.

Debido a las variaciones antes mencionada, las rosquillas con contenido de sorgo aumentan el margen de contribución a los costos fijos; aunque no hay mucha variación en este indicador debido a que no se modificó el uso de otros insumos, que tienen mayor participación en los costos variables, como son el queso seco, material de empaque, gastos directos de fábrica y mantequilla crema.

<sup>1</sup> Murillo, G. 2002. Precios actuales de mercado según el Sistema de Información Nacional de Precios Agrícolas de Honduras (SINPAH) (Comunicación personal). Zamorano, Honduras.

Cuadro 16. Evaluación de costos unitarios de los tratamientos.

Concepto	Costo por kg (US\$)	Uso por caja (kg)	100% maíz	75% maíz, 25% sorgo	50% maíz, 50% sorgo	% costos variables
<b>INGRESO POR VENTAS</b>			<b>6.30</b>	<b>6.30</b>	<b>6.30</b>	
<b>Materia primas</b>						
Grano		tr1. 1.888	0.340			
Maíz	0.18	tr2. 1.879		0.324		7.10
Sorgo	0.15	tr3. 1.870			0.309	
Cal	0.09	0.023	0.002	0.002	0.002	0.04
Margarina	1.18	0.352	0.415	0.415	0.415	9.09
Mantequilla Crema	2.11	0.346	0.729	0.729	0.729	15.97
Polvo para hornear	0.99	0.025	0.025	0.025	0.025	0.54
Queso semi-seco (rallado)	3.82	0.325	1.241	1.241	1.241	27.18
Sal fluorizada	0.40	0.033	0.013	0.013	0.013	0.29
Sazonador a queso, exceed 309	19.14	0.017	0.317	0.317	0.317	6.94
Material de empaque			0.761	0.761	0.761	16.66
Gastos directos de fábrica <sup>1</sup>			0.741	0.740	0.738	16.19
<b>Total costos variables</b>			<b>4.585</b>	<b>4.568</b>	<b>4.550</b>	<b>100.00</b>
<b>MARGEN CONTRIBUCION (US\$)</b>			<b>1.72</b>	<b>1.73</b>	<b>1.75</b>	

<sup>1</sup> Los gastos directos de fábrica incluyen depreciaciones, salarios indirectos, gastos generales, energía eléctrica, reparaciones y almacén de materias primas.

Tasa de cambio: L. 16.73 por US \$.

## 5. CONCLUSIONES

- Las proporciones maíz:sorgo 100:0, 75:25 y 50:50 fueron las más aceptadas por los consumidores en cuanto a apariencia general, color, olor, sabor y textura.
- En las rosquillas es técnicamente factible sustituir hasta un 50% de maíz por sorgo.
- Las rosquillas con un contenido de hasta 50% de sorgo tuvieron diferencias en color y actividad de agua respecto a las elaboradas con 100% de maíz.
- Las rosquillas hasta con 50% de sorgo hasta los tres meses fueron muy estables al enranciamiento e incremento de dureza.
- El mayor margen de contribución a los costos fijos en la producción de rosquillas a escala industrial ocurre en las formulaciones con mayor proporción de sorgo

## **6. RECOMENDACIONES**

- Evaluar las características sensoriales a través del tiempo para correlacionarlos con los datos obtenidos de los análisis de vida de anaquel.
- Establecer la curva de cocción óptima (tiempos y temperaturas) para mejorar la calidad en el producto y reducir la energía necesaria para el proceso de nixtamalización.
- Calibrar constantemente la máquina formadora de rosquillas para uniformizar la producción y reducir costos en la mano de obra necesaria para la clasificación de las rosquillas.
- Evaluar detalladamente el control de la calidad de la materia prima y de la estandarización de los procesos para uniformizar el producto final.
- Elaborar estudios técnicos y económicos para modificar el uso de otros insumos que puedan reducir costos, así como de otros productos con sorgo (frituras y extruidos), debido al alto potencial de este cereal en la alimentación humana.
- Evaluar las condiciones de producción de sorgo blanco en Honduras para determinar si existe el abastecimiento necesario, tanto en cantidad como en calidad, para las agroindustrias.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

AOAC, 1997. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Volume II. 15<sup>th</sup> ed. Va. USA. 1298 p.

AOCS, 1989. Official Methods and Recommended Practices. Volume II. 4<sup>th</sup> Edition.

Carrillo, E. 2000. Caracterización del proceso de elaboración de rosquillas de sorgo y su aceptación en el mercado. Tesis de Ing. Agr. Zamorano, Honduras, 35 p.

Consejo de Desarrollo Agrícola. Departamento de Información Agrícola de la Unidad de Planeamiento y Evaluación de Gestión. 2002. Compendio Estadístico Agropecuario. Tegucigalpa, Honduras. 197 p.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1995. El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición N°27 (en línea). Roma, Italia. Consultado 28 ago. 2002. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T0818S/T0818S00.htm#Contents>

Jackson, D. 1992. Corn Quality for Industrial Uses (en línea). University of Nebraska-Lincoln, E.U.A. Consultado 30 ago. 2002. Disponible en <http://www.ianr.unl.edu/pubs/fieldcrops/g1115.htm#CORNWETMILL>.

Meckenstock, D.; Gómez, F. 1992. Sorgo Sureño. EAP-SRN-INTSORMIL-4. Zamorano, Honduras.

Medina, J. 1998. Evaluación de la calidad tortillera de cinco variedades de maicillos mejorados (*Sorghum bicolor L.*). Tesis de Ing. Agr. Zamorano, Honduras. 37 p.

Rooney, L. 2000. Changes in StarLink™ Corn During Processing and its Safety (en línea). Council for Agricultural Science and Technology. Iowa, E.U.A. Consultado 31 ago. 2002. Disponible en <http://www.cast-science.org/biotechnology/20001128rooney.htm>

Rooney, L.; Kirleis, A.; Murty, D. 1986. Traditional foods from sorghum: Their production, evaluation, and nutritional value. In Advances in Cereal Science and Technology. Volume VIII. Ed. By Y. Pomeranz. American Association of Cereal Chemist Inc, St. Paul, USA. P. 317-353

U.S. GRAIN COUNCIL. 2002. Testing Methodology and Interpretation of Results for Corn (en línea). E.U.A. Consultado 30 ago. 2002. Disponible en [http://www.vegrains.org/documents/2002veg\\_report/testing/ctfooduse.html](http://www.vegrains.org/documents/2002veg_report/testing/ctfooduse.html)

Wall, J. Paulis, J. 1978. Corn and Sorghum Grain Proteins. In Advances in Cereal Science and Technology. Volume II. Ed. By Y. Pomeranz. American Association of Cereal Chemist Inc, St. Paul, USA. P. 135-219

## **8. ANEXOS**

## Anexo 1. Flujo de proceso de rosquillas Alimentos Dixie de Honduras

Almacén de granos



Cocimiento alcalino y reposo



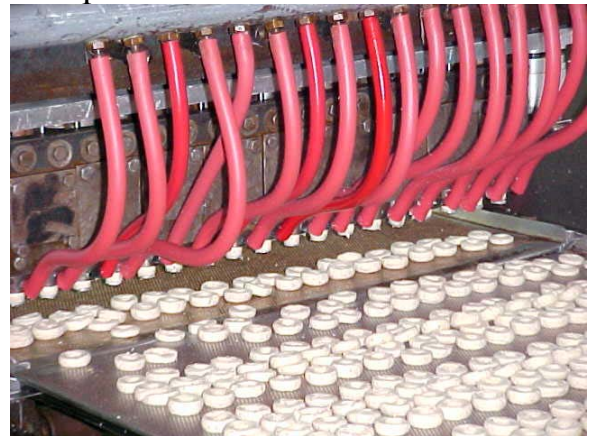
### Molienda y adición de queso



### Mezclado y adición de ingredientes



### Formación de rosquillas



### Clasificación



### Horneado



### Clasificación y empaque



**Anexo 2.** Listado de ingredientes, materiales y equipo utilizado para la elaboración de rosquillas a escala industrial.

Los ingredientes utilizados fueron los siguientes:

- ♦ Sorgo variedad Sureño
- ♦ Maíz blanco (Híbrido Dekalb C343)
- ♦ Cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )
- ♦ Queso seco rallado
- ♦ Margarina
- ♦ Mantequilla crema
- ♦ Sal comercial
- ♦ Polvo de hornear

El equipo utilizado en la primera etapa para la elaboración de las rosquillas fue el siguiente:

- ♦ Ollas
- ♦ Estufa de gas
- ♦ Molino de disco
- ♦ Horno de convección
- ♦ Utensilios de cocina
- ♦ Balanza

Para la segunda etapa se utilizó el siguiente equipo:

- ♦ Marmita
- ♦ Recipientes metálicos para reposo
- ♦ Molino de discos
- ♦ Mezcladora
- ♦ Máquina formadora de rosquillas
- ♦ Bandejas
- ♦ Hornos rotativos de convección
- ♦ Máquina empacadora Cyclone

**Anexo 3.** Encuesta de aceptación (etapa I).**EVALUACION SENSORIAL**

Fecha: \_\_\_\_\_

No. Encuesta: \_\_\_\_\_

Gracias por su colaboración. Tome una rosquilla de cada muestra y califique cada una de las características de acuerdo a la siguiente escala:

Excelente: 5

Bueno: 4

Aceptable: 3

Malo: 2

Pesimo: 1

Muestra	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura
1					
2					
3					
4					
5					

Cual de las muestras compraría para consumir como snack?

1     2     3     4     5

Por que?

---

**Anexo 4.** Encuesta de aceptación (etapa II).EVALUACION SENSORIAL

Fecha: \_\_\_\_\_

No. Encuesta: \_\_\_\_\_

Gracias por su colaboración. Tome una rosquilla de cada muestra y califique cada una de las características de acuerdo a la siguiente escala:

Excelente: 1

Bueno: 2

Aceptable: 3

Malo: 4

Pesimo: 5

Muestra	Apariencia general	Color	Olor	Sabor	Textura
43					
27					
61					

Que rosquilla le gusta mas? 43  27  61