

**Contenido nutricional de harinas de sorgo
(*Sorghum bicolor* L. Moench) RCV y De
Leche, harina de trigo (*Triticum aestivum*) y
su uso en la elaboración de un muffin**

Alicia Renée Rodríguez Urquilla

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Contenido nutricional de harinas de sorgo
(*Sorghum bicolor L. Moench*) RCV y De
Leche, harina de trigo (*Triticum aestivum*) y
su uso en la elaboración de un muffin**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

Alicia Renée Rodríguez Urquilla

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

**Contenido nutricional de harinas de sorgo
(*Sorghum bicolor* L. Moench) RCV y De
Leche, harina de trigo (*Triticum aestivum*) y
su uso en la elaboración de un muffin**

Presentado por:

Alicia Renée Rodríguez Urquilla

Aprobado:

Francisco Javier Bueso, Ph.D.
Asesor Principal

Luis Osorio, Ph.D.
Director
Carrera Agroindustria Alimentaria

Edward Moncada, M.A.E.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Rodríguez, A. 2009. Contenido nutricional de harinas de sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) RCV y De Leche, harina de trigo (*Triticum aestivum*) y su uso en la elaboración de un muffin. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 28 p.

La mayoría de las personas conocen el sorgo como fuente de alimentación animal, pero también tiene potencial para alimentación humana. Es por ello que INTSORMIL junto al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal de El Salvador (CENTA) están promoviendo la producción y utilización del sorgo en panadería como sustituto parcial de la harina de trigo que cada vez va incrementando su costo. Se realizaron dos diseños experimentales el primero para comparar el contenido nutricional de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harinas de sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*) de las variedades RCV (afrecho, regular y extra fina) y De Leche, mediante un DCA con cinco tratamientos y tres repeticiones. Las harinas de sorgo fueron obtenidas en el CENTA y el trigo suave fue importado desde Estados Unidos. En cada harina se evaluó la composición química proximal, vitamina E, minerales, perfil de ácidos grasos, índice de peróxidos y color. En el segundo estudio se realizó un DCA con tres tratamientos y tres repeticiones para determinar la aceptación del muffin con 100% de trigo y 55% trigo/45% sorgo con dos diferentes variedades RCV regular y De Leche. Participaron 13 panelistas salvadoreños donde evaluaron color, sabor, aroma, textura, granulometría y aceptación general del muffin con una escala hedónica de 1 a 5. La harina de sorgo demostró ser una buena alternativa para sustituir parcialmente la harina de trigo, ya que en composición nutricional fueron muy similares, incluso algunas de las harinas de sorgo fueron mejores en potasio, magnesio, manganeso, zinc, fibra cruda, extracto etéreo y otros. La percepción de los panelistas en sabor, textura, granulometría, aroma y aceptación general fue igual, excepto en el color del muffin con 100% trigo que en la escala hedónica fue de 3.61 y el de la premezcla con la harina RCV regular fue de 3.17.

Palabras clave: CENTA, contenido nutricional, INTSORMIL, panificación.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
5. CONCLUSIONES.....	19
6. RECOMENDACIONES	20
7. BIBLIOGRAFÍA	21
8. ANEXOS.....	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Contenido del grano de sorgo y trigo en base seca (%).	4
2. Contenido de minerales de granos y harinas de sorgo y trigo.....	4
3. Precio de kilogramos de harina en El Salvador (\$).	5
4. Tratamientos para la evaluación del contenido nutricional de las harinas.	8
5. Tratamientos para el análisis sensorial del muffin.	9
6. Análisis físico de las harinas y el muffin.	9
7. Análisis químicos realizados a las harinas.	9
8. Formulación del muffin.....	10
9. Análisis de color de harinas.....	11
10. Contenido de humedad, cenizas y proteína cruda de las harinas.	12
11. Contenido de EE, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno de las harinas.	12
12. Perfil de ácidos grasos de las harinas(g/100g).	13
13. Perfil de ácidos grasos saturados de las harinas (g/100g).	13
14. Perfil de ácidos grasos monoinsaturados de las harinas (g/100g).	14
15. Perfil de ácidos grasos poliinsaturados (g/100g).....	14
16. Análisis de macro-minerales en las harinas de sorgo y trigo.	15
17. Análisis de micro-minerales en las harinas.	15
18. Índice de peróxido de las harinas.	16
19. Análisis de vitamina E en las harinas.....	16
20. Análisis sensorial de sabor, aroma y color de aceptación del muffin.	17
21. Análisis sensorial de textura, granulosis y aceptación general del muffin.....	17
22. Análisis de color del muffin.	17
23. Correlación de L* a* b* con el color del análisis sensorial.	18
Anexos	
1. Producción de sorgo en El Salvador por departamento	24
2. Producción de sorgo en El Salvador según región, departamento y cosecha.....	25
3. Análisis de costo de la producción de sorgo.	26
4. Hoja de evaluación sensorial.....	27

1. INTRODUCCIÓN

Los granos y cereales son importantes en nuestra alimentación y algunos de ellos han incrementado el precio por la crisis alimenticia. Es por ello que se pretende que el sorgo sea una alternativa para reducir costos en la alimentación y no perder el contenido nutricional; ya que el trigo y el sorgo son muy similares. El sorgo en El Salvador se conoce como maicillo, el cual no es solo para la alimentación animal, sino también para la alimentación humana y se utiliza para la panificación, cereales, snacks y atoles.

En la pirámide alimenticia se observa que la base de ella es el grupo de carbohidratos, la cual incluye tubérculos, pan y pastas. Los carbohidratos es un grupo alimenticio necesario para nuestro metabolismo. En El Salvador se realizan productos 100% sorgo o premezclas con un cierto porcentaje de sorgo y trigo para semitas, quesadillas, pasteles, galletas y otros productos. El porcentaje de harina de sorgo varía según el producto que se quiera realizar basándose en el volumen y textura del producto. Por ejemplo, hay galletas que son 100% sorgo, pan francés elaborado con una mezcla 25% sorgo/75% trigo, pasteles con cerca del 100% en sorgo y otros porcentajes para otros productos (Ayala y Marín 2009).

La harina de sorgo es apropiada como un sustituto parcial de la harina del trigo por su color y textura aceptable (Calderón 2009). Es por ello que el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal de El Salvador (CENTA) ha introducido nuevas variedades de sorgo producidas en El Salvador. En países, como República Dominicana se ha utilizado la harina de arroz, pero se llegó a la conclusión a través de estudios que utilizar arroz en un programa nacional de sustitución de harina de trigo no es tan rentable como el sorgo que queda como una mejor alternativa económica (Moscoso 1983).

Hay personas alérgicas al gluten conocido como celíacos, es por eso que productos con 100% sorgo son elaborados para ellos. El sorgo no contiene gluten, solo el trigo. Otro de sus beneficios, según Gómez *et al.* (2001), es que baja la incidencia del cáncer de esófago; también previene enfermedades cardiovasculares y es fuente de energía. La harina de sorgo blanco posee alto valor nutritivo y provee elementos esenciales tales como: proteína, calcio, potasio y magnesio (INTSORMIL 2006).

En este estudio se evaluó dos variedades de sorgo: De Leche y RCV, las cuales fueron elegidas por ser de grano blanco y tener glumas claras que con la lluvia no manchan el endospermo bajo el fin de poder comercializarlo con calidad a nivel de supermercado para el consumo humano. De esta manera se busca generar nuevas fuentes de empleos, aportar beneficios nutricionales al cuerpo humano y formar una cadena vertical de sorgo, además

que es un cultivo muy resistente a cambios de clima y contribuye con la seguridad alimentaria del país.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 General:

Comparar el contenido nutricional de las harinas de sorgo RCV y De Leche con la harina de trigo para su uso en la elaboración de un muffin.

1.1.2 Específicos:

- Caracterizar el color en las cinco harinas y el muffin.
- Comparar la composición de análisis químicos en las harinas de trigo, De Leche integral, RCV extra fina, RCV regular y RCV afrecho.
- Caracterizar los minerales: Zn, Fe, Mn, Ca, K y Mg de las harinas de trigo, De Leche integral, RCV extra fina, RCV regular y RCV afrecho.
- Evaluar sensorialmente el color, sabor, olor, granulosis, textura y aceptación general del muffin.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Utilización de Sorgo en El Salvador

En Centro América se cultivan 280,000 hectáreas de sorgo donde el país que más cultiva sorgo es El Salvador con 95,900 hectáreas (Clará, 2009). Según la Dirección General de Economía Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería en el 2006 y 2007 se sembraron 89148.5 hectáreas con una producción de 164,006.6 TM y con un rendimiento de 1837.65 kg/ha, no sólo se producen variedades de sorgo criolla, sino que también variedades mejoradas (La Prensa Gráfica 2008).

A través de seminarios y capacitaciones se está promoviendo el cultivo del sorgo en varias zonas del país; tales como Ahuachapán, Chalatenango, La Libertad, Cabañas, Sonsonate y Santa Ana con el cual elaboran productos como tortillas, pan dulce, galletas, atoles, alborotos, etc. Es por ello que INTSORMIL/USAID al ver el potencial que el sorgo tiene está invirtiendo junto al CENTA en estudios de variedades mejoradas y criollas e investigaciones para determinar su contenido nutricional. INTSORMIL es una asociación que busca mantener el impacto global sostenible, promover el crecimiento económico, mantener la seguridad alimentaria y motivar las actividades empresariales. Lo que se quiere es transformar el grano de sorgo y darle valor agregado; estas dos asociaciones luchan por este objetivo, ellas velan por la producción, fitomejoramiento, siembra,

expansión y su conocimiento. CENTA trabaja con los molineros y panaderos proveyendo asistencias en los procesos de molienda, elaboración del pan, asesoramiento en el tamaño de partícula, proporciones de sorgo y en el desarrollo de nuevas variedades de sorgo que presentan mejor digestibilidad de almidón y proteína, alto contenido de lisina, mejores características micro-estructurales y mejor estructura molecular del almidón (INTSORMIL 2006). Se está impartiendo capacitaciones a pequeñas, medianas y grandes empresas, panaderías, universidades y ONG's para promover los beneficios y ventajas del sorgo y desarrollo de productos. Es un grano que se puede procesar de igual manera que cualquier otro grano, por lo cual se quiere abrir un mercado para productos con sorgo y distribuirlo en forma de harina (Calderón 2009).

La harina de sorgo es un producto local que posee alto valor nutritivo y provee elementos esenciales para la dieta alimenticia como Ca, K y Mg (INTSORMIL 2006). En el 2004 CENTA realizó un estudio de aceptación de la harina de sorgo dirigida a panaderías, a quienes se les entregó una bolsa de 50 libras para ser utilizada sola o mezclada y así promoverla. A través de entrevistas que se realizaron en El Salvador, se determinó que las variedades de sorgo De Leche y Tres Mujeres han sido utilizadas para panificación y que la variedad criolla que tiene mejor color (blanco) fue el De Leche (Sandoval y Valencia 2005). El sorgo es el segundo grano mas producido en el país (Ayala y Marín 2009) siendo una materia prima para sobrevivencia nacional y decrecimiento en las importaciones. CENTA ha donado molinos a diferentes instituciones para que el sorgo sea procesado y elaborado en diferentes áreas. La Fundación Internacional para el Alivio de la Niñez (FIMRC) ofrece alimentación con sorgo sin fines de lucro y un servicio de molienda han dado a conocer el sorgo, entre otros casos. Se destaca que el color de la harina de sorgo depende de la variedad de sorgo que se utilice y su limpieza, hay sorgo negro y rojo pero en este caso para panificación se utilizará blanco.

El trigo tiene mayor auge que el sorgo por que las panaderías están acostumbradas a hornear con harina de trigo y el oligopolio del trigo desalienta el uso del sorgo. Lo que se puede realizar para fomentar su uso es incrementar la eficiencia en la producción del sorgo para grano a través del desarrollo de variedades de sorgo con alto rendimiento y alta calidad alimenticia, eliminar los intermediarios entre los molineros y panaderos y aumentar la eficiencia en la molienda (INTSORMIL 2006).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SORGO BLANCO

2.1.1 Ventajas

La producción del sorgo tiene una amplia adaptabilidad, rápido crecimiento, tolerancia a la sequía, inundaciones, salinidad del suelo y toxicidad por acidez; es por ello que lo hace un cultivo resistente. Por el lado saludable no contiene gluten, por lo tanto los celíacos lo pueden consumir sin ningún tipo de problema y es útil para diabéticos, ya que el sorgo hace que la digestión en azúcares sea más lenta y por lo tanto el organismo pueda utilizarla mejor. Posee propiedades astringentes, homeostáticas y antidiarreicas. Las variedades de grano amarillo (sorgos blancos, < 0.25% taninos) tienen su valor nutritivo superior al de las variedades ricas en taninos, de un 5-10% en valor energético y de un 10-15% en digestibilidad de la proteína (Blas *et al.* 1999). Solo algunas variedades contienen taninos que son antioxidantes que ayudan a la oxidación celular.

En El Salvador es muy fácil encontrar sorgo blanco ya que está siendo apoyado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, INTSORMIL y CENTA. Se utiliza como cualquier otro grano en diversos productos alimenticios, ya que tiene una excelente calidad en nutrición y apariencia (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Contenido del grano de sorgo y trigo en base seca (%).

	Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas	Fibra	Carbohidratos
Trigo	11.5	8 - 26.9	0.9 - 3.9	0.4 - 3.8	0.3 - 5.9	68.8 - 88.8
Sorgo		8.7 - 16.8	1.4 - 6.1	1.2 - 7.1	0.4 - 13.4	65.3 - 79.2

Fuente: Miller, D.F. 1958.

Cuadro 2. Contenido de minerales de granos y harinas de sorgo y trigo.

	g/100g			µg/g		
	Potasio	Calcio	Magnesio	Zinc	Manganeso	Hierro
Trigo	0.454	0.045	0.183	35	46	43
Sorgo	0.38	0.04	0.19	15.4	16.3	50

Fuente: Pyler, E. 1913.

2.1.2 Desventajas

Una de las mayores desventajas es la percepción que se tiene del sorgo que sólo es utilizado para alimentación animal. En cuanto a la siembra exige nitrógeno y no contiene mucha lisina. Según las normas del Codex Alimentarius (1989), el contenido de taninos en la harina del sorgo no debería de exceder del 0.3% en materia seca; al excederse se ligan a las proteínas y se precipitan reduciendo su contenido proteico e inhiben la actividad de varios sistemas enzimáticos y se reduce aproximadamente un 30% la eficiencia alimentaria en comparación con los sorgos sin taninos (Domanski *et al.* 1997). El sorgo blanco se prefiere más que un sorgo coloreado para la alimentación humana porque posee menos contenido de polifenoles; los polifenoles interfieren con la digestibilidad de las proteínas, imparten sabor y color no agradables a los productos elaborados con esa harina (Moscoso 1983). Todas las variedades de sorgo contienen ácidos fenólicos y la mayoría flavonas, pero sólo los sorgos marrones contienen taninos condensados.

2.1.3 Precio de trigo y sorgo en El Salvador

Según Cabrera (2002), el director de una de las más fuertes compañías de molienda de trigo en El Salvador comentó que se importa el trigo al país y que cada vez se incrementa el precio (Cuadro 3) y afecta a las panaderías. De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) el incremento de los precios del trigo se debe a dos factores: los precios constantes por varios años desincentivó a algunos productores que decidieron reducir sus áreas de siembra y el cambio climático. Otras razones son por el precio internacional del trigo, el impacto del petróleo y la demanda de países emergentes como China e India (EDH 2008).

Cuadro 3. Precio de kilogramos de harina en El Salvador (\$).

Año	Trigo suave	Trigo fuerte	Sorgo
2007	0.85	0.90	0.35
2008	0.90	1.05	0.39
2009	0.69	0.84	0.35

Fuente: Centro de la defensa del consumidor, 2007.
Camagro, 2003.

El precio de la harina de trigo por un período continuo se incrementó, sin embargo la población y productores afectados demostraron su preocupación y por ello en el 2009 disminuyó el precio, debido a huelgas y reducción de aranceles. También se redujo el precio por que las empresas se deshicieron de los inventarios caros que tuvieron que obtener para no desabastecer al país y la reducción en el precio de petróleo a afectado positivamente (Choto 2009). Incluso es fácil de observar la diferencia de precios en harina de trigo y harina de sorgo, se espera que no haya un desnivel del trigo pero es impredecible.

2.1.4 Molienda del sorgo vs trigo

Los primeros trabajos en investigación y desarrollo concluyeron que las técnicas de la molturación del trigo no son las mejores para el sorgo y el mijo. En Minneapolis, USA, se encuentra una ONG, Tecnología Compatible Internacional, que produjo el molino Omega VI diseñado para áreas rurales en países de desarrollo; es pequeño y de bajo costo y es excelente para la harina de sorgo en la panificación (INTSORMIL 2008). INTSORMIL donó molinos Omega VI en Nicaragua y El Salvador para la expansión del sorgo; aunque hay industrias que utilizan molinos de rodillo o martillo.

En este estudio se utilizó un molino de rodillos (alemán-suizo) para el sorgo De Leche y para el RCV el Omega VI. El de rodillos funciona por un eje principal, disco a granel y un soporte de rodillo es impulsado por el motor. El ensamblaje de rodillos rota con el eje principal y se balancea libremente, esto ofrece una fuerza centrífuga grande, dispersa los materiales a granel uniformemente en la capa intermedia de trituración entre el rodillo central y el anillo. Los materiales a granel son triturados en polvo y enviados a la parte inferior, y luego son descargados por la abertura bajo el efecto de espátula de rotación sincronizada (Henan Liming Road and Bridge Heavy Industry Co 2008).

El Omega VI consta de un tornillo sin fin el cual pulveriza el grano, se recomienda seis moliendas para que se obtenga una granulometría fina y adecuada para la panificación. Su granulometría depende para el producto que se quiera realizar, la harina fina o extra fina generalmente la utilizan para pan francés, la regular para pasteles y otros productos. En el proceso de molienda en la parte baja del molino se colocan telas y por vibración se zarandean por tamaños de partícula en micrómetros.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se dividió en dos etapas: caracterización del contenido nutricional de las harinas de sorgo y trigo y evaluación de las características físicas y sensoriales de un producto horneado (muffin) con 45% sorgo/55% trigo.

3.1 UBICACIÓN

Los análisis físicos y químicos de este estudio se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) y el muffin se elaboró en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID), localizados en el Valle del Yeguaré, departamento de Francisco Morazán a 30 km de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras.

El CENTA brindó las semillas de sorgo y también la molienda del sorgo RCV. El Sr. Pablo Anliker ofreció su planta de molienda para el trigo suave y el sorgo de la variedad De Leche.

3.2 GRANOS Y HARINAS

Las mismas materias primas fueron utilizadas para las dos etapas de este estudio.

- Harina de sorgo De Leche integral
- Harina de sorgo RCV: Afrecho (tamiz de 30)
- Harina de sorgo RCV: Regular (tamiz de 40)
- Harina de sorgo: RCV: Extra fina (tamiz de 100)

Las harinas de sorgo fueron producidas por CENTA y la harina de trigo suave importada desde Estados Unidos.

3.3 EQUIPO

- Balanza analítica Mettler modelo AE 200 T160Ma.
- Balanza analítica, Adventure TM OHAUS Max. Cap 210 gramos HAUS Corp.
- Horno 105 °C, Corporation. Precision GCA.
- Colorímetro Colorflex Hunterlab L*a* b*.®
- Cristalería.
- Portable Sieve Shaker CE Tyler Mod. RX®.

- Tamices de 8, 14, 18, 40, 60, 100 y 200.
- Incinerador Mufla Siybron Pheermolyne modelo FA1730.
- Macro Kjeldahl LABCONCO.
- Cromatógrafo de gases Agilent, modelo 6890 G2614A.
- Espectrofotómetro AA Varian, Espectro-5.
- Goldfish LABCONCO Modelo 35001.
- Bomba EMERSON modelo SA55NX GTE-4870.
- Hornillas.
- Utensilios de cocina.
- Campana de extracción de gases Labconco.
- HPLC Agilent 1100.
- Vortex Fisher Scientific modelo 231.
- Soxhlet LABCONCO.
- Batidora Ultrapower.
- Horno Bread Baking Duke Center Modelo EPO-39 por Duke Manufacturing Company.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

En la primera etapa se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones; se realizaron análisis del contenido nutricional de harinas para obtener quince unidades experimentales (Cuadro 4). Las variables evaluadas fueron: color, humedad, granulometría, cenizas, fibra cruda, proteína, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, índice de peróxido, perfil de ácidos grasos y minerales tales como; Ca, Mg, Mn, K, Zn y Fe.

En la segunda etapa se realizó un análisis sensorial con un Diseño Completamente al Azar (DCA) de tres tratamientos (Cuadro 5) con tres repeticiones. Se usó un panel no entrenado con trece personas de nacionalidad salvadoreña. Las variables de aceptación fueron color, sabor, granulometría, aroma, textura y aceptación en general de un muffin y se utilizó una escala hedónica de 1 a 5. El 1 significaba me disgusta mucho y el 5 me gusta mucho utilizando un análisis sensorial de aceptación. Se realizó análisis de color para los muffins con el Hunter Lab Colorflex.

Cuadro 4. Tratamientos para la evaluación del contenido nutricional de las harinas.

Variedad	Tratamientos
Harina de sorgo De Leche integral	1
Harina de sorgo RCV: Afrecho	2
Harina de sorgo RCV: Regular	3
Harina de sorgo RCV: Extra fina	4
Harina de trigo suave	5

Cuadro 5. Tratamientos para el análisis sensorial del muffin.

Variedad	Tratamientos
100% Trigo	1
45% De Leche/55% trigo	2
45% RCV regular/55%trigo	3

En el colorflex Hunter Lab el valor L* mide claridad, si es más oscuro o más claro en una escala del 0 - 100 siendo 0 negro y 100 blanco. El valor a* representa los colores del verde al rojo y tiene el rango de -60 (verde) a +60 (rojo). El valor b* representa los colores azul y amarillo y su rango es de -60 (azul) y +60 (amarillo) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis físico de las harinas y el muffin.

Análisis	Método	Unidad
Color	ASTM D1500	L* a* b*

Los análisis del Cuadro 7 fueron realizados a las harinas de trigo y de sorgo.

Cuadro 7. Análisis químicos realizados a las harinas.

Análisis	Método	Número de mediciones por unidades experimentales	Unidades
Humedad	AOAC 964.22	2	%
Cenizas	AOAC 925.51	2	%
Proteína cruda	AOAC 960.52	2	%
Fibra cruda	AOAC 962.09	2	%
Extracto etéreo	AOAC 920.85	2	%
Carbohidratos totales	21 CRF 101.9	2	%
Perfil de ácidos grasos	AOAC 996.06	3	g/100g
Ca	AOAC 968.08	2	g/100g
Fe	AOAC 968.08	2	ug/g
K	AOAC 968.08	2	g/100g
Zn	AOAC 968.08	2	ug/g
Mg	AOAC 968.08	2	g/100g
Mn	AOAC 968.08	2	ug/g
Índice de peróxido	AOAC 965.33	3	Meq peróxidos / Kg muestra
Vitamina E	Rossi, Metal HPLC	2	ug/100g

La harina RCV extra fina fue evaluada por el CENTA en los análisis proximales.

En el Cuadro 8 se muestra la formulación de las condiciones e ingredientes utilizados para la elaboración del muffin en los tres tratamientos.

Cuadro 8. Formulación del muffin.

Ingredientes	Cantidad (g)
Margarina	400
Azúcar	370
Leche	124
Huevos (clara y yema)	288
Harina	498

3.5 PROCEDIMIENTO

Se batió la margarina con azúcar por cuatro minutos a una velocidad de tres.

Se colocó el huevo con la margarina y azúcar para batirlo por seis minutos hasta obtener una pasta homogénea.

Luego se colocó la mitad de la harina y la mitad de la leche, se batió por cinco minutos para luego introducir lo restante con el fin de homogenizarla y se batió otros cinco minutos con una velocidad de cuatro.

Se agregó margarina y harina en el recipiente para muffins para que la masa no se pegara y se colocó en el horno a 140 °C por 40 minutos.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el análisis estadístico se utilizó “Statistical Analysis System” SAS® versión 9.1, con una separación de medias LSD utilizando PROC GLM con un diferencial de ($P \leq 0.05$) para determinar una diferencia significativa.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 COLOR

En el Cuadro 9 las cinco harinas mostraron que fueron significativamente diferentes en cada valor del Hunter L*a*b*. En este caso la harina de sorgo que más se asemejó a la de trigo fue la RCV extra fina.

Cuadro 9. Análisis de color de harinas.*

Variedad	L*	a*	b*
Trigo	91.2±0.03 ^a	-0.81±0.04 ^e	7.36±0.06 ^c
RCV Extra fina	83.42±0.05 ^b	-0.06±0.06 ^d	11.97±0.08 ^c
De Leche	82.28±0.05 ^c	0.14±0.06 ^c	11.14±0.21 ^d
RCV regular	79.71±0.13 ^d	0.46±0.13 ^b	15.36±0.18 ^b
RCV Afrecho	74.96±0.25 ^e	1.79±0.08 ^a	19.31±0.10 ^a
LSD	0.22	0.15	0.24
Pr > F	<.0001	<.0001	<.0001

*Medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes (P≤0.05).

4.2 COMPONENTES NUTRICIONALES

En el Cuadro 10 se mostró que la humedad no fue significativamente diferente en ninguna harina. Según el Codex (1989), la harina de sorgo en cuanto a ceniza tuvo un mínimo de 0.9% y el máximo de 1.5% en base seca. La harina extra fina contuvo más cenizas que la RCV regular y de la De Leche; dejando a la harina de trigo en tercera posición al igual que la RCV afrecho. En cuanto a la proteína las harinas de trigo, la harina RCV regular y la extra fina mostraron valores estadísticamente iguales. El Codex Standard 173-1989 muestra que la harina de sorgo tiene como mínimo 8.5% de proteína en base seca, las harinas mostraron datos mayor de 8.5% excepto la RCV regular y la RCV afrecho que mostró 8.24 y 8.30.

Cuadro 10. Contenido de humedad, cenizas y proteína cruda de las harinas.*

Variedad	Humedad	Cenizas	Proteína cruda
Trigo	9.86±0.30 ^a	0.74±0.23 ^c	8.63±0.24 ^{ab}
RCV regular	9.61±0.53 ^a	1.26±0.30 ^b	9.55±0.37 ^a
RCV afrecho	10.30±0.41 ^a	1.16±0.44 ^b	8.30±1.35 ^b
RCV extra fina	9.94±0.76 ^a	2.1±0.04 ^a	8.94 ^{ab}
De Leche	9.81±0.63 ^a	1.33±0.10 ^b	8.24±0.08 ^b
LSD	1.00	0.48	1.16
Pr > F	0.65	0.001	0.15

*Medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$) y las medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Según Miller (1958), en un grano de trigo hay de 0.9 – 3.9% de extracto etéreo y en el de sorgo de 1.4 – 6.1%; obviamente el afrecho también tiene poco contenido de grasa ya que ahí predomina la fibra y los lípidos mayormente en el germen.

En el Cuadro 11 se observa que el afrecho y trigo obtuvieron una menor cantidad de grasa que las demás harinas de sorgo. El sorgo mostró más contenido de grasa, excluyendo el afrecho que contuvo más fibra. Según Miller (1958), el grano de trigo contiene de 0.3 – 5.9% de fibra cruda y el grano de sorgo 0.4 -13.4%; por lo tanto la harina de sorgo fue mayor en fibra cruda en la RCV regular con la RCV afrecho que no fueron significativamente diferentes en la separación de medias. La RCV afrecho mostró mayor contenido por el hecho de su cantidad de fibra en el área del pericarpio y las demás harinas fueron significativamente iguales según la separación de medias incluyendo la harina de trigo.

En cuanto a extracto libre de nitrógeno la harina de trigo presentó una mayor cantidad que las harinas de sorgo, seguida por la RCV regular.

Cuadro 11. Contenido de EE, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno de las harinas.*

Variedad	Extracto etéreo	Fibra cruda	Extracto libre de nitrógeno
Trigo	2.05±0.44 ^b	0.52±0.09 ^b	78.18±0.80 ^a
RCV regular	3.45±0.25 ^a	2.05±0.30 ^a	74.06±1.08 ^b
RCV afrecho	2.06±0.27 ^b	2.66±0.43 ^a	75.68±0.95 ^b
RCV extra fina	4.00 ^a	1.06 ^b	73.97±0.78 ^c
De Leche	3.93±0.60 ^a	0.99±0.36 ^b	75.69±0.84 ^b
LSD	0.67	0.65	1.63
Pr > F	<.0001	0.0002	0.001

*Medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$) y las medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 12 no se observaron diferencias significativas en grasa saturada entera; en la grasa monoinsaturada la harina RCV regular mostró mayor cantidad, seguida por RCV afrecho y RCV extra fina que fueron estadísticamente iguales; siendo estas tres mayores que la harina de trigo. Referente a la grasa poliinsaturada se observó que la harina RCV extra fina y la RCV regular fueron estadísticamente iguales y la harina de trigo fue la de menor contenido de poliinsaturados.

Cuadro 12. Perfil de ácidos grasos de las harinas(g/100g).*

Variedad	Grasa saturada	Grasa monoinsaturada	Grasa poliinsaturada
Trigo	0.53±0.08 ^a	0.83±0.10 ^c	0.68±0.09 ^c
RCV afrecho	0.51±0.01 ^a	1.67±0.11 ^b	1.27±0.01 ^b
RCV extra fina	0.60±0.04 ^a	1.63±0.11 ^b	1.69±0.09 ^a
De Leche	0.54±0.08 ^a	0.37±0.24 ^d	1.13±0.26 ^b
RCV regular	0.66±0.13 ^a	1.93±0.07 ^a	1.40±0.23 ^{ab}
LSD	0.15	0.24	0.3
Pr > F	0.24	<.0001	0.0004

*Medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) y medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$).

En el Cuadro 13 se mostró que el ácido butírico fue significativamente igual con la harina RCV afrecho y la de trigo. Se observó que hubo más ácido palmítico y esteárico en la RCV regular, De Leche y RCV extra fina, seguidas por el trigo junto con la RCV afrecho. Referente al ácido lignocérico, se observó que la RCV afrecho es la que contiene mayor cantidad que las demás harinas, seguida por la De Leche y dejando a las otras tres harinas significativamente iguales por último.

Cuadro 13. Perfil de ácidos grasos saturados de las harinas (g/100g).*

Variedad	Butírico	Palmítico	Esteárico	Lignocérico
R CV regular	0.06±0.005 ^c	0.39±0.02 ^a	0.05±0.005 ^a	0.00±0.00 ^c
RCV afrecho	0.30±0.52 ^a	0.19±0.02 ^b	0.03±0.005 ^b	0.02±0.01 ^a
De Leche	0.05±0.005 ^c	0.47±0.07 ^a	0.63±0.01 ^a	0.01±0.00 ^b
RCV extra fina	0.18±0.04 ^b	0.42±0.02 ^a	0.06±0.00 ^a	0.00±0.00 ^c
Trigo	0.25±0.08 ^{ab}	0.27±0.04 ^b	0.02±0.005 ^b	0.00±0.00 ^c
LSD	0.08	0.08	0.01	0.008
Pr > F	0.0003	0.0001	0.0001	0.0008

*Medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) y medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$).

En el Cuadro 14 se observó que el ácido oléico en la harina RCV extra fina y la De Leche fueron significativamente iguales, seguidas por la harina de trigo. La RCV afrecho y la extra fina fueron las únicas harinas que mostraron contenido de tetracosanoico.

Cuadro 14. Perfil de ácidos grasos monoinsaturados de las harinas (g/100g).*

Variedad	Oléico	Tetracosanoico
Trigo	1.67±0.11 ^b	0.00±0.00 ^b
RCV afrecho	0.82±0.10 ^c	0.016±0.005 ^a
RCV extra fina	1.62±0.24 ^a	0.013±0.005 ^a
De Leche	1.93±0.005 ^a	0.00±0.00 ^b
RCV regular	0.37±0.07 ^d	0.00±0.00 ^b
LSD	0.24	0.006
Pr > F	<.0001	0.0003

*Medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) y las medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$).

En el Cuadro 15 se observó que el linoleico en las harinas RCV extra fina y en la de De Leche fueron significativamente iguales, seguidas por la harina de trigo y la RCV regular. En cuanto al ácido linolénico la RCV afrecho y la extra fina fueron estadísticamente iguales, seguida por las demás harinas. Referente al ácido docosahexaenoico la que mostró mayor contenido fue la RCV extra fina, luego la RCV afrecho, siendo seguidas por las demás harinas que fueron significativamente iguales.

Cuadro 15. Perfil de ácidos grasos poliinsaturados (g/100g).*

Variedad	Linoleico	Linolénico	Docosahexaenoico
Trigo	1.23±0.09 ^b	0.030±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c
RCV afrecho	0.59±0.07 ^c	0.04±0.01 ^{ab}	0.041±0.005 ^b
RCV extra fina	1.57±0.23 ^a	0.06±0.017 ^a	0.05±0.01 ^a
De Leche	1.35±0.01 ^{ab}	0.04±0.00 ^b	0.00±0.00 ^c
RCV regular	1.08±0.23 ^b	0.03±0.005 ^b	0.00±0.00 ^c
LSD	0.28	0.017	0.01
Pr > F	0.0002	0.0335	<.0001

*Medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) y las medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$).

En el Cuadro 16 se observó que el potasio fue significativamente diferente en cada harina, siendo la RCV extra fina con más potasio y la de menor cantidad fue la de trigo. En el grano del sorgo, la materia mineral está distribuida desigualmente y se encuentra más concentrada en el germen y en el revestimiento de la semilla. La RCV regular, De Leche y Trigo fueron estadísticamente iguales en contenido de calcio seguidas por la RCV extra

fina y la RCV afrecho que fueron significativamente iguales. Referente al magnesio, cada harina fue significativamente diferente, siendo la RCV extra fina la de mayor cantidad y la de trigo la de menor cantidad.

Cuadro 16. Análisis de macro-minerales en las harinas de sorgo y trigo.*

Macro-minerales (g/100g)			
Variedad	Potasio (K)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)
RCV extra fina	0.52 ^a	0.03 ^b	0.20 ^a
RCV regular	0.37 ^b	0.04 ^a	0.11 ^c
De Leche	0.32 ^c	0.04 ^a	0.13 ^b
RCV afrecho	0.25 ^d	0.03 ^b	0.06 ^d
Trigo	0.24 ^e	0.04 ^a	0.04 ^e
LSD	0	0	0
Pr > F	<.0001	<.0001	<.0001

*Medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) y las medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$).

En el Cuadro 17 se observa que las harinas RCV extra fina y la De Leche fueron significativamente iguales en manganeso, seguidas por la RCV afrecho con la de trigo que fueron significativamente iguales. Se observó que el zinc se encuentra en mayor cantidad en la RCV extra fina, seguida por todas las demás que fueron significativamente iguales. El descascarillado aumenta la disponibilidad de hierro porque la cáscara es rica en fitato, un compuesto que ligándose al hierro y a otros minerales impide su biodisponibilidad. Es por ello que la de mayor contenido de hierro fue la harina De Leche y la de menor contenido fue la RCV afrecho y la de trigo.

Cuadro 17. Análisis de micro-minerales en las harinas.*

Micro-minerales ($\mu\text{g/g}$)			
Variedad	Manganeso (Mn)	Zinc (Zn)	Hierro (Fe)
RCV extra fina	17.76 \pm 0.68 ^a	48 \pm 1 ^a	29.58 \pm 1.14 ^b
De Leche	16.85 \pm 1.06 ^a	18.0 \pm 14.73 ^b	46.14 \pm 7.39 ^a
RCV regular	10.82 \pm 2.89 ^b	21.33 \pm 0.57 ^b	31.44 \pm 10.25 ^b
RCV afrecho	5.58 \pm 0.76 ^c	12.66 \pm 1.52 ^b	14.95 \pm 1.12 ^c
Trigo	5.68 \pm 0.68 ^c	12.46 \pm 3.32 ^b	15.96 \pm 0.67 ^c
LSD	2.7	12.38	10.38
Pr > F	<.0001	0.0004	0.0003

*Medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) y las medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$).

El Cuadro 18 presentó que la harina de trigo tuvo el mayor índice de peróxido, seguido por la RCV extra fina. La de menor contenido de índice de peróxido fue la harina De Leche.

Cuadro 18. Índice de peróxido de las harinas.

Variedad	Índice de peróxido
RCV extra fina	2.89
De Leche	0.07
RCV regular	2.05
RCV afrecho	0.11
Trigo	3.26

En el Cuadro 19 se observa que no se detectó vitamina E en las harinas de sorgo ni en la harina de trigo.

Cuadro 19. Análisis de vitamina E en las harinas.

Variedad	µg/100g
RCV extra fina	<LD
De Leche	<LD
RCV regular	<LD
RCV afrecho	<LD
Trigo	<LD

<LD= Por debajo del límite de detección.

4.3 PROPIEDADES DE ACEPTACIÓN DE UN MUFFIN

En el Cuadro 20 y 21, se observó que el sabor, aroma, textura, granulosidad y aceptación general de los tres tratamientos fue igual, con excepción del color donde el tratamiento de 100% trigo no es significativamente igual al de 45% RCV regular/55% trigo.

En el ámbito de la panificación es muy positivo ya que los panaderos quieren tener productos de calidad y significativamente iguales a lo que la población está acostumbrada que es la harina de trigo. Se utilizó 45% sorgo/55% trigo ya que según Clará y Calderón (2006), en una panadería en San Rafael Cedros, El Salvador, se produce pan francés, bollos, quesadillas, semitas, muffins, cakes, rosquetes y otros productos y tienen 20 años de usar mezclas donde manejan diferentes porcentajes. Por ejemplo para el pan francés se utiliza 25% de harina de sorgo, en pan dulce un 50% y así sucesivamente.

Cuadro 20. Análisis sensorial de sabor, aroma y color de aceptación del muffin.*

Tratamientos	Sabor	Aroma	Color
100% Trigo	3.48 ^a	3.56 ^a	3.61 ^a
45% sorgo De Leche/55% trigo	3.38 ^a	3.61 ^a	3.20 ^{ab}
45% sorgo RCV regular/55% trigo	3.61 ^a	3.43 ^a	3.17 ^b
LSD	0.4	0.35	0.43
Pr > F	0.5268	0.5931	0.0845

*Medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$) y medias con diferente letra en las columnas son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Cuadro 21. Análisis sensorial de textura, granulosidad y aceptación general del muffin.*

Tratamientos	Textura	Granulosidad	Aceptación general
100% Trigo	2.89±1.10 ^a	3.12±1.03 ^a	3.43±0.83 ^a
45% sorgo De Leche/55% trigo	3.17±0.72 ^a	3.20±1 ^a	3.30±0.98 ^a
45% sorgo RCV regular/55% trigo	3.12 ^a	3.23 ^a	3.43 ^a
LSD	0.43	0.39	0.36
Pr > F	0.39	0.8656	0.7309

*Medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$).

En el Cuadro 22 se observó que en los tres tratamientos no hubo diferencia significativa en el color del muffin según el Colorflex.

Cuadro 22. Análisis de color del muffin.*

Tratamientos	L*	a*	b*
100% Trigo	55.97±9.42 ^a	11.34±1.89 ^a	33.30±1.57 ^a
45% sorgo De Leche/55% trigo	55.28±5.38 ^a	10.33±0.65 ^a	32.43±1.71 ^a
45% sorgo RCV regular/55% trigo	56.29±8.70 ^a	10.55±3.61 ^a	31.72±1.02 ^a
LSD	16.05	4.76	2.93
Pr > F	0.98	0.86	0.46

*Medias con letras iguales en las columnas son significativamente iguales ($P \geq 0.05$).

En el Cuadro 23 existió una correlación baja entre los valores L* y a* del Colorflex y la evaluación sensorial para el atributo color. Se mostró una correlación media positiva entre valor b* del Colorflex y la evaluación sensorial, mostrándola no significativa.

Cuadro 23. Correlación de L* a* b* con el color del análisis sensorial.

	L*	a*	b*
Coficiente	-0.22567	-0.38717	0.51477
Pr > F	0.5593	0.3033	0.1562

5. CONCLUSIONES

- La harina RCV extra fina de sorgo fue la mejor en color, ya que es la que más se asemeja a la harina de trigo.
- La harina de sorgo es una buena alternativa a la harina de trigo; ya que algunas harinas de sorgo fueron similares y otras mejores en composición nutricional.
- El contenido de minerales de K y Mg en la harina de sorgo fue superior en comparación con la de trigo, mientras el Ca fue mayor en la de trigo.
- Las premezclas de 45% harina de sorgo/55% harina de trigo son premezclas ideales para muffins ya que estadísticamente su aceptación general fue igual comparada a la del tratamiento de trigo.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de vitamina B a las harinas de trigo, RCV y De Leche.
- Realizar análisis con diferentes porcentajes dependiendo del volumen del producto que se quiera realizar utilizando harina de trigo, RCV y De Leche.
- Dar capacitaciones para que la población salvadoreña y centroamericana se eduque sobre el sorgo y se obtenga un beneficio nutricional y monetario.
- Realizar análisis de macro-minerales y micro-minerales en productos de panificación ya horneados.
- Realizar un estudio de comparación del contenido nutricional de la harina de sorgo y la harina de maíz.
- Realizar degustaciones, exposiciones o asistir a ferias alimentarias para dar a conocer el sorgo y sus diferentes usos.
- Evaluar el tiempo de vida de anaquel de un producto a base de una premezcla trigo/sorgo y un producto solo de trigo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ayala, J; Corvera, O; Marín, A; 2009. Estudio de Factibilidad para la Creación de un Modelo Productivo Destinado a la Elaboración de Pan Dulce y Francés a partir de la Harina de Sorgo para el Grupo Mana de SA de CV en Santa Tecla y el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. 109 p.

Blas, C; Mateos, G; Rebollar, P. 1999. Sorgo blanco, FEDNA (en línea). Consultado el 15 de Abril del 2009. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/cereales/sorgoblanco.htm>

Cabrera, O. 2002. Sube el precio de la harina, Diario de Hoy (en línea). Consultado el 17 de Octubre del 2009. Disponible en: <http://www.elsalvador.com/noticias/2002/10/26/negocios/negoc1.html>

Calderón, V; Duville, K; 2008. Producción y Comercialización de Harina de Sorgo. CENTA. San Salvador, El Salvador.

Calderón V. 2009. Infomación general de sorgo (entrevista). La Libertad, ES. CENTA.

Camagro. 2003. Costos de Producción por Manzana de Sorgo Tradicional (en línea). Consultado el 18 de Octubre del 2009. Disponible en: http://www.camagro.com/mag/Anuario_Estadisticas/20022003/Costos_de_Produccion/Granos_Basicos/Sorgo_Tradicion.al.asp

Centro para la Defensa del Consumidor. 2007. Incremento en el precio de la harina de trigo (en línea). Consultado el 18 de Octubre del 2009. Disponible en: www.cdc.org.sv/.../incremento-en-el-precio-de-la-harina-de-trigo-2004--2008.pdf - Similares

Choto, D; Hernández, G. 2009. Bajaran precios de productos básicos, El Salvador (en línea). Consultado el 17 de Octubre del 2009. Disponible en: http://www.elsalvador.com/mwedh/nota/nota_completa.asp?idCat=6374&idArt=3403736

Clará, R. 2009. Información General de Sorgo (entrevista). La Libertad, ES. INTSORMIL.

Clará, R; Calderón, V. 2006. Harina de sorgo en la industria panificadora de El Salvador, INTSORMIL (en línea). Consultado el 15 de Abril del 2009. Disponible en: <http://www.ianr.unl.edu/INTSORMIL/sm2007%20Flyers/Brief%207%20Spanish%20Gumarsal%20Mill%20Final120620065.pdf>

Codexalimentarius. 1989. Codex Standard for Sorghum Flour (en línea). Consultado el 19 de Octubre del 2009. Disponible en: http://www.codexalimentarius.net/download/standards/58/CXS_173e.pdf

Domanski, C; Giorda, L; Feresin, O. 1997. Composición y Calidad del Grano de Sorgo (en línea). Consultado el 17 de Octubre del 2009. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/42-calidad_y_composicion_del_grano_de_sorgo.htm

D.G.E.A. – M.A.G. 2005. Superficie, Producción y Rendimiento de Sorgo (en línea). Consultado el 12 de Junio del 2009. Disponible en: http://www.digestyc.gob.sv/DigestycWeb/Est_agropecuarias/Int_Siembra_0506/SORGO%202005-2006.htm

EDH. 2008. La harina sube por cuarta vez en seis meses (en línea). Consultado el 17 de Octubre del 2009. Disponible en: http://observatoriolaboral.ormusa.org/monitoreos/2008_02_monitoreo_economico_y_laboral.pdf

Gómez, G; Chaves, N; Sagástume, B; Murillo, S; Fernández, A; Ulate, G. 2001. Consumo de micronutrientes con función antioxidante en Estudiantes de La Universidad de Costa Rica, con edades comprendidas entre los 17 y 19 años, Scielo (en línea). Consultado el 17 de Octubre del 2009. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-00902001000100004&script=sci_arttext

Henan Liming Road and Bridge Heavy Industry Co., Ltd. 2008. Molino de Rodillo MSB (en línea). Consultado el 10 de Septiembre del 2009. Disponible en: http://www.break-day.com/es/coarse_powder_mill.htm

INTSORMIL. 2006. Harina de Sorgo en la Industria Panificadora de El Salvador (en línea). Consultado el 10 de Octubre del 2009. Disponible en: <http://intsormil.org>

INTSORMIL. 2008. Altos costos del Trigo: EL Caso de la Harina de Sorgo en la Industria de la Panificación de El Salvador (en línea). Consultado el 18 de Octubre del 2009. Disponible en: <http://www.ianr.unl.edu/INTSORMIL/smimpacts/CENTA%20flour%20projectSpanish.pdf>

La Prensa Gráfica. 2008. El sorgo o llamado comúnmente maicillo es cultivado en todo el territorio nacional y utilizado para el consumo humano pdf. 1 p.

Miller, D.F; 1958. Composition of Cereal Grain and Forages, N.A.S.-N.R.C. Publication 585, Washington D.C.

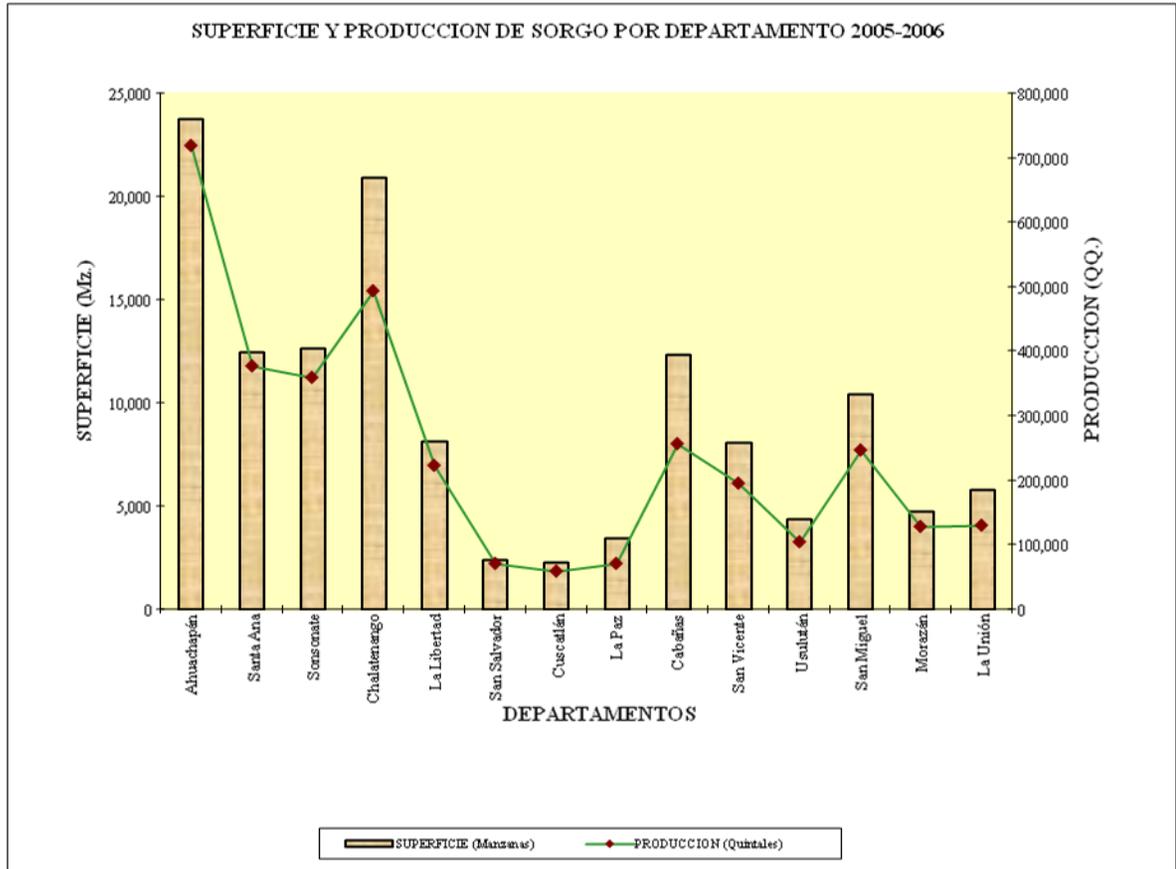
Moscoso, W; 1983. El Sorgo como Alimento Humano: Una Agroindustria Naciente (Instituto Superior de Agricultura).

Pylar, E. 1913. Baking Science and Technology. Volumen I. 342 p.

Sandoval, M; Valencia, A; 2005. Granulometría en Harinas y Contenido de Taninos en el Grano de Sorgo Criollo Cultivados en seis Departamentos de El Salvador. Universidad de El Salvador. 61 y 77 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Producción de sorgo en El Salvador por departamento



Anexo 2. Producción de sorgo en El Salvador según región, departamento y cosecha.

EL SALVADOR
 SUPERFICIE, PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE SORGO
 SEGUN REGION, DEPARTAMENTO Y COSECHA
 2005 - 2006
 (COSECHA RESUMEN)

REGION Y DEPARTAMENTO	SUPERFICIE (Manzanas)	PRODUCCION (Quintales)	RENDIMIENTO (QQ./Mz.)
REGION I	48,914	1,454,867	29.7
Ahuachapán	23,794	718,240	30.2
Santa Ana	12,494	376,491	30.1
Sonsonate	12,626	360,136	28.5
REGION II	33,771	847,606	25.1
Chalatenango	20,945	492,841	23.5
La Libertad	8,122	223,299	27.5
San Salvador	2,398	71,430	29.8
Cuscatlán	2,306	60,036	26.0
REGION III	23,889	524,172	21.9
La Paz	3,426	71,840	21.0
Cabañas	12,370	255,987	20.7
San Vicente	8,093	196,345	24.3
REGION IV	25,344	611,664	24.1
Usulután	4,362	105,183	24.1
San Miguel	10,425	247,489	23.7
Morazán	4,770	128,544	26.9
La Unión	5,787	130,448	22.5
TOTAL PAIS	131,918	3,438,309	26.1
Primera Siembra (Junio)	22,815	507,187	22.2
Segunda Siembra (Agosto - Se)	109,103	2,931,132	26.9

FUENTE: Encuesta de Intenciones de Siembra, 2005/2006. D.G.E.A - M.A.G.

FECHA: Revisado Junio / 2005.

Anexo 3. Análisis de costo de la producción de sorgo.

Cosecha: **2002 - 2003** | Rendimiento por Manzana :**17.85 QQ. Granza.**

RUBROS	MASCULINO			FEMENINO			COSTO TOTAL colones	COSTO TOTAL dólares
	JORNAL	COSTO UNITARIO colones	COSTO PARCIAL colones	JORNAL	COSTO UNITARIO colones	COSTO PARCIAL colones		
MANO DE OBRA	39						1,193.75	136.43
PREPARACION DE LA TIERRA								
Chapoda	5	30.45	152.25					
SIEMBRA								
Siembra	5	30	150					
LABORES DE CULTIVO								
Primera Fertilización	1	32.5	32.5					
Primera Limpia	6	30.48	182.85					
Aplicación de Pesticidas	3	30.45	91.35					
COSECHA								
Corte	10	31.48	314.8					
Aporreo y Aventado	8	30	240					
Secado y Ensacado	1	30	30					
Transporte Interno (QQ)	17.85	1.98	35.4					
INSUMOS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO Colones	COSTO PARCIAL Colones	COSTO TOTAL colones	COSTO TOTAL dólares		
					529.3	60.49		
Alquiler de la Tierra	Mz.	1	234.5	234.5				
Semilla	Lbs.	11	0.95	10.5				
Fórmula	QQ.	1.52	106.2	161.55				
Pesticidas				122.75				
TOTAL COSTO DIRECTO					1,723.05	196.92		
Administración				3%	51.69	5.91		
Sub - total					1,774.74	202.83		
Imprevistos				5%	88.74	10.14		
Sub - total					1,863.48	212.97		
Intereses	Mes	9		11%	153.74	17.57		
COSTO TOTAL					2,017.22	230.54		
COSTO UNITARIO	qq				113.01	12.92		

Anexo 4. Hoja de evaluación sensorial.

Nombre: _____ Fecha: _____

Marque con una "X" de acuerdo a la escala presentada en la parte inferior las distintas características evaluadas en cada tratamiento.

1 **2** **3** **4** **5**
 Me disgusta mucho No me gusta No me gusta ni me disgusta Me gusta Me gusta mucho

TRATAMIENTO:	_____	123	_____
Sabor:			
	1	2	3
	4	5	
Aroma:			
	1	2	3
	4	5	
Color:			
	1	2	3
	4	5	
Textura:			
	1	2	3
	4	5	
Granulosidad:			
	1	2	3
	4	5	
Aceptación general:	1	2	3
	4	5	

TRATAMIENTO:	_____	368	_____
Sabor:			
	1	2	3
	4	5	
Aroma:			
	1	2	3
	4	5	
Color:			
	1	2	3
	4	5	
Textura:			
	1	2	3
	4	5	
Granulosidad:			
	1	2	3
	4	5	
Aceptación general:	1	2	3
	4	5	

TRATAMIENTO:	692				
Sabor:	1	2	3	4	5
Aroma:	1	2	3	4	5
Color:	1	2	3	4	5
Textura:	1	2	3	4	5
Granulosidad:	1	2	3	4	5
Aceptación general:	1	2	3	4	5