

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA**

**UNAN LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**Tesis para optar al Título de Ingeniero en Alimentos**

Determinación de la calidad Físicoquímica de harinas de sorgo provenientes de seis variedades mejoradas (*INTA GANADERO, INTA-CNIA, Tortillero-Precoz, INTA-Trinidad, Pinolero-1, INTA-RCV*) cultivadas en Nicaragua.

**Elaborado por**

**Cristhiam Alexander Rivas Pineda**

**Allan Alberto Romero Narváez**

**Tutor: MSc. Brenda Cisneros Mairena**

**Asesora: Ing. Eliette Palacios**

Septiembre 2012



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Soberano del universo por darnos la oportunidad de vivir y cumplir nuestros objetivos.

A nuestra tutora Msc. Brenda Cisneros Mairena que ha contribuido a nuestra formación profesional y su apoyo incondicional en la realización de este trabajo y otras circunstancias en las que necesitamos de ella.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agraria INTA a través de la Ing. Eliette Palacios por darnos la oportunidad de participar en el desarrollo de este proyecto.

Al MAP. Fausto Danilo Rodríguez por brindarnos su ayuda, recursos y tiempo en la realización de esta tesis.

A todos aquellos que nos brindaron su ayuda de una u otra forma a la realización de este trabajo.



## DEDICATORIA

**A Jehová Dios** el creador de todas las cosas, quien me ha dado el don de la vida y que gracias a su bondad inmerecida me ha permitido cumplir con este objetivo.

**A mis padres Douglas Rivas y Cándida Pineda** por brindarme su apoyo incondicional brindándome su amor, consejos, haciendo sacrificios y empeño para poder culminar mi carrera universitaria.

**A mis queridos hermanos Byron, Juan, Brenda y Ninette** quienes también me han brindado de su apoyo incondicional y amor.

**A mi Tutora Msc. Brenda Cisneros Mairena** quien de forma desinteresada me ha brindado sus consejos y ayuda no solo en mi formación académica sino también a nivel personal.

**A mi amigo el MAP Fausto Rodríguez** quien también me ayudado a nivel personal y académico.

*Cristhiam Rivas Pineda.*



## DEDICATORIA

**A dios padre celestial** quien nos dio la vida, las energías y las fuerzas necesaria para seguir siempre adelante a pesar de los obstáculos que nos enfrentamos día a día y que con fe y esperanza nos quío por buen camino.

**A mis padres Héctor Romero y ÁngelaNarváez**, quienes con mucho amor y esfuerzo me ayudaron a la preparación proporcionándome siempre la mano incondicional, que gracias a ellos he podido llegar hasta esta partede mi vida.

**A mi Tutora MSc. Brenda Cisneros Mairena**, que con mucho empeño, paciencia y de forma desinteresada me ha brindado sus consejos y sus conocimientos para alcanzar mis metas y objetivos, ya que sin ellos no seriamos nada.

*Allan Romero Narváez*



## ÍNDICE

	Pág.
<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Objetivos</b> .....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
<b>3. Marco Teórico</b> .....	4
3.1 Generalidades del cultivo.....	4
3.2 Características.....	4
3.3 Exigencias del cultivo.....	5
3.4 Composición y uso del sorgo.....	5
3.4.1 Composición.....	5
3.5 Uso del Sorgo.....	6
3.6 Elaboración de Harina de Sorgo.....	7
3.7 Control de Calidad de la Materia Prima.....	7
3.7.1 Selección de Variedad.....	7
3.7.2 Contenido de Taninos.....	7
3.7.3 Color del grano.....	8
3.7.4 Contenido de Proteína.....	8
3.7.5 Dureza del grano.....	8
3.8 Operaciones pre-proceso de producción de Harina.....	8
3.8.1 Limpieza y lavado.....	8
3.8.2 Preparación del grano.....	9
3.8.3 Descortezado.....	9
3.8.4 Temperado.....	9
3.8.4 Quebrado del grano.....	9
3.8.5 Combinación de Tratamientos.....	9
3.9 Secado.....	9
<b>4. Molienda</b> .....	10
4.1 Enfriamiento.....	10
4.2 Empaque.....	10
4.3 Almacenamiento.....	10
4.4 Vida Útil de la Harina.....	10
4.5 Control de Calidad de la Harina.....	10
<b>5. Contaminantes</b> .....	12
5.1 Metales Pesados.....	12



5.2 Residuos de Plaguicidas.....	12
5.3 Micotoxinas.....	12
6. Higiene.....	12
7. Etiquetado.....	13
7.1 Nombre del Producto.....	13
7.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor.....	13
8. Calidad Microbiológica.....	13
8.1 Aflatoxinas.....	13
8.2 Ausencia de E. Coli.....	14
9. Características de la Harina de Trigo.....	14
10. Tipos o categorías de Harinas.....	15
11. Tipos de Harinas.....	15
11.1 Harina Blanca o refinada.....	15
11.2 Harina Integral.....	15
11.3 Harinas Acondicionadas.....	16
11.4 Harinas Enriquecidas.....	16
11.5 Harinas de Fuerza y Harinas flojas.....	16
11.6 Harinas Especiales.....	16
12. Caracterización Físicoquímica.....	17
12.1 Determinación de Humedad.....	17
12.1.1 Método de Secado al Horno.....	17
12.2 Determinación de Cenizas.....	18
12.3 Análisis de Grasas.....	18
12.3.1 Métodos de extracción directa con disolventes.....	18
12.4 Análisis de Proteínas.....	19
12.4.1 Procedimiento de kjeldahl.....	19
12.5 Análisis de Fibra.....	20
12.5.1 Fibra Cruda.....	20
12.5.2 Fibra Dietética.....	20
<b>4. Metodología.....</b>	<b>21</b>
4.1 Recopilación de la Información.....	21
4.2 Aplicación de ensayos Físicoquímicos.....	21
4.3 Análisis de Resultados.....	24
<b>5. Resultados.....</b>	<b>25</b>
<b>6. Conclusión.....</b>	<b>33</b>
<b>7. Recomendaciones.....</b>	<b>34</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>35</b>



**9. Anexos.....**

36

9.1 Anexo 1. Métodos Oficiales de la AOAC

9.2 Anexo 2. Gráficos de resultados para cada variedad analizada

9.3 Anexo 3. Tabla 8. Tabla de resultados de análisis Físicoquímicos

9.4 Anexo 4. Gráficos de resultados para cada tipo de análisis

9.5 Anexo 5. Norma del Codex Para Harina de Sorgo



## 1. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es un cultivo que en algunas regiones del mundo está sustituyendo al cultivo del maíz, por su resistencia a enfermedades virósicas, fúngicas y poca demanda de agua. Tuvo su origen en África y llegó a Centroamérica a través de la India, China y Estados Unidos.

La importancia de este cultivo ha aumentado considerablemente en los últimos años debido a su utilización en la preparación de alimentos para el consumo humano como atoles, tortillas entre otros y alimentos para el consumo animal. En Nicaragua el sorgo se siembra en diferentes zonas, principalmente en el pacífico norte y sur que corresponden a los departamentos de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y Rivas. La mayor cantidad del área se siembra con alta tecnología, utilizando híbridos, variedades mejoradas y maquinaria agrícola. Las zonas antes mencionadas, son las que tienen mayor área de siembra y por ende en ellas se da la mayor producción de grano que corresponde a un 40 % de la producción en el ámbito nacional.

En la zona de las Segovias, en los departamentos de Estelí, Madriz y Nueva Segovia, se estima un área de siembra de 11,268 ha (16,000 mz). En las zonas centro sur (Boaco, Chontales, Río San Juan), centro norte (Matagalpa, Jinotega) se estima una área de 3,521 ha (5,000 mz). (1)

Desde el año 1999 el Instituto de Sorgo y Mijo (INTSORMIL- US/AID) en conjunto con el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agraria (INTA) y el Centro Experimental de Tecnología Agropecuaria (CENTA – El Salvador) han desarrollado investigaciones que incluyen el mejoramiento genético, nutricional y físico del grano de sorgo tanto para la alimentación humana como animal. En el año 2008 se caracterizaron las harinas de sorgo mejorado con grano entero de las variedades Pinolero-1, Tortillero-Precoz versus Sorgo Millón que es la variedad criolla que se produce en el país, con lo cual se pretendía comparar e identificar las harinas de sorgos mejorados que presentaran las mejores características y difundir esa información a productores de sorgo, panificadores y consumidores.

Se realizaron pruebas de panificación con la harina de sorgo utilizando formulaciones en las que se sustituyó hasta en un 50 % a la harina de trigo, sin afectar la calidad organoléptica del pan simple y dulce obteniendo resultados satisfactorios. Es de considerar para futuras investigaciones las características tecnológicas de la harina de sorgo entre ellas la capacidad de absorción de agua, valiosa para los rendimientos en la industria panificadora. Estas características pueden presentar ventajas para el reemplazo de la harina de trigo por harina de sorgo en la elaboración de productos de panificación y



cereales minimizando así los costos de producción. El impacto económico de la implementación de esta tecnología es que a futuro se puede lograr la reducción de las importaciones de harina de trigo.

Tomando en consideración que la crisis económica que afecta nuestro país tiene su mayor efecto sobre los niveles de seguridad alimentaria de los sectores vulnerables de la población (el 27 % de la población padece subnutrición, el 74.9 % de la población rural y el 21 % de la población urbana vive en la pobreza), (2) el impacto dentro de este enfoque estaría dado sobre la premisa que los productores tendrían mayor aprovechamiento de las áreas cultivables, generando empleo en las zonas rurales y urbanas, se consumiría un producto a más bajo costo. Por tal razón debería de considerarse en conciencia a esta vulnerabilidad la alternativa de utilizar la producción nacional de sorgo en la elaboración de alimentos de alto consumo, como lo son los de la panificación lo que vendría a ser una estrategia para reducir el efecto de la pobreza en nuestro país.

En este sentido, el INTA en conjunto con la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN León han realizado acciones encaminadas a establecer líneas de investigación en las áreas de control de calidad y tecnología de alimentos que apoyen la utilización de sorgo en productos de panificación. En el área de control de calidad de alimentos es de vital importancia conocer las características que presenta la materia prima que ingresa a un proceso tecnológico, por tal razón el presente estudio pretende realizar una caracterización fisicoquímica (porcentajes de humedad, ceniza, grasa, fibra y proteína) de seis variedades de harina provenientes de sorgo mejorado (*Pinolero-1, Tortillero-Precoz, INTA-CNIA, INTA-Ligero, INTA-Trinidad, INTA-RCV, INTA-Soberano*) con el fin de generar información de referencia para los ensayos futuros en el área de tecnología de panificación y cereales.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 General

Determinar la composición porcentual de harinas de sorgo provenientes de seis variedades mejoradas (*INTA GANADERO, INTA-CNIA, Tortillero-Precoz, INTA-Trinidad, Pinolero-1, INTA-RCV*) cultivadas en Nicaragua.

### 2.2 Específicos

1. Determinar la composición porcentual de las harinas de sorgo mejoradas mediante los ensayos fisicoquímicos de humedad, ceniza, grasa, fibra y proteína.
2. Realizar comparación entre harina de trigo y harina de sorgo proveniente de variedades mejoradas.



### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Generalidades sobre el cultivo de sorgo

El *sorgo* (*Sorghum bicolor* L. Moench) es un género botánico de unas 20 especies de gramíneas oriundas de las regiones tropicales y subtropicales de África oriental. Se cultivan en su zona de origen, Europa, América y Asia como cereal para consumo humano, animal, en la producción de forrajes, y para la elaboración de bebidas alcohólicas. Su resistencia a la sequía y el calor lo hace un cultivo importante en regiones áridas, y es uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo.



#### 3.2 Características

El sorgo tiene un hábito y una fisiología vegetal similar al del maíz, aunque con un sistema radicular más extenso y ramificado, de características fibrosas y hasta 12 dm de profundidad. El tallo es cilíndrico, de 1 a 3 m de altura, con una inflorescencia terminal en forma de espiga compuesta por flores bisexuales.

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas. Las especies son el *Sorghum vulgare* y el *Andropogon sorghum sudanensis*.

El valor energético del grano de sorgo es un poco inferior al del maíz. Se puede estimar como media 1,08 UF/kg. Comparándolo con el grano de maíz, el de sorgo es generalmente un poco más rico en proteínas, pero más pobre en materia grasa; como las de maíz, son de un valor biológico bastante débil; son particularmente deficitarias en lisina.



### 3.3 Exigencias del cultivo

Las exigencias en calor del sorgo para grano son más elevadas que las de maíz. Para germinar necesita una temperatura de 12 a 13 °C, por lo que su siembra tiene que hacerse de 3 a 4 semanas después del maíz. El crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15 °C, situándose el óptimo hacia los 32 °C.

Al principio de su desarrollo, el sorgo soporta las bajas temperaturas de forma parecida al maíz, y su sensibilidad en el otoño es también comparable. Los descensos de temperatura en el momento de la floración pueden reducir el rendimiento del grano. Por el contrario, el sorgo resiste mucho mejor que el maíz las altas temperaturas. Si el suelo es suficientemente fresco no se comprueba corrimiento de flores con los fuertes calores.

El sorgo resiste la sequía mejor que el maíz. Es capaz de sufrir sequía durante un período bastante largo, y reemprender su crecimiento más adelante cuando cesa la sequía. Por otra parte, necesita menos cantidad de agua que el maíz para formar un kilogramo de materia seca. Se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido en sacarosa de tallos y hojas. Prefiere suelos sanos, profundos, no demasiado pesados. Soporta algo la sal. (3)

### 3.4 Composición y uso del sorgo

#### 3.4.1 Composición

Tabla No. 1

Composición del grano de sorgo

Nutriente	Cantidad (gr)
Proteína	10,4
Grasa	3,1
Ceniza	1,6
Fibra cruda	2,0
Carbohidratos	70.7
Energía	329
Calcio (mg)	25
Hiero (mg)	5,4
Tiamina (mg)	0.38
Riboflavina (mg)	0,15
Niacina(mg)	4,3



### 3.5 Usos del Sorgo

El sorgo ha sido consumido principalmente por el estrato de población de escasos recursos económicos, en forma de tortillas, pan tradicional y bebidas reconstituyentes como atoles y refrescos, que pueden elaborarse sustituyendo en un 100% al maíz y trigo; también es utilizado en mezclas para la preparación de espesantes y condimentos para uso en la cocina.

**Tabla No. 2**  
**Productos y subproductos derivados del sorgo**

Producto	Uso actual	Uso potencial
Harina	Panificación (panes tradicionales), bebidas (Atoles y refrescos), tortillas.elaboración de bebidas alcohólicas	Snacks, bebidas, pastas alimenticias, cereales para desayuno, etc.
Afrecho o pulimento	Concentrado para animales	Elaboración de pan con fibra dietética, elaboración de suplementos nutricionales con fibra, extracción de compuestos antioxidantes.

Guía técnica del sorgo-docpdf. Ministerio de agricultura y ganadería (MAG) y centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). El salvador Marzo 2007.

En la actualidad, se está promoviendo el uso de la harina de sorgo en la industria panificadora, ya que se ha encontrado que es factible técnica y económicamente, en la elaboración de pan tradicional con un 100% de harina de sorgo, y sustituir desde 15 hasta un 50% a la harina de trigo en formulaciones de panes comerciales, sin bajar la calidad nutricional del producto. La harina de sorgo tiene la ventaja de que no tiene gluten, por lo que representa una alternativa para la elaboración de pan libre de gluten y satisfacer a los consumidores alérgicos a esa proteína.



### **3.6 Elaboración de harina de sorgo**

La producción de harina de sorgo en escala industrial es importante, ya que se puede producir mayores volúmenes, que contribuyan en la reducción de la importación y uso de la harina de trigo. Al producir una harina tamizada y refinada permite sustituir mayores cantidades de harina de trigo en las diferentes formulaciones de pan, logrando al mismo tiempo un posicionamiento en el mercado.

La harina se puede elaborar en forma artesanal en pequeña escala a partir de las variedades conocidas para este fin. El inconveniente de ese proceso es que no se puede descortezar el grano, por lo que en la molienda es más difícil obtener un tamaño de partícula como en las harinas refinadas. Esto se logra superar con la utilización de maquinaria industrial (descortezadora) que quita la cascarilla al grano y favorece eficientemente la molienda

### **3.7 Control de calidad de materia prima**

El proceso de producción de harina a nivel industrial requiere del cumplimiento de requisitos de calidad del grano para pasar a los molinos; siendo estos los siguientes:

#### **3.7.1 Selección de la variedad**

Se debe verificar que el sorgo a utilizar sea de las variedades recomendadas para consumo humano; para analizar la calidad del grano.

#### **3.7.2 Contenido de taninos**

Los taninos son compuestos fenólicos que tienen la capacidad de precipitar proteínas. Los compuestos que se forman entre proteínas y taninos no son desdoblados por el organismo, lo que hace que se reduzca la asimilación de las proteínas.

Se puede verificar este contenido; mediante la prueba de blanqueo que consiste en agregar una solución de hidróxido de potasio y cloro al 5% al grano, que desprende el pericarpio y pigmenta la testa del grano que contiene taninos con una capa negra. La prueba de blanqueo es usada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y el Servicio Federal de Inspección de Granos para probar la presencia de taninos en sorgo.



### **3.7.3 Color del grano**

Debe ser de preferencia blanco ó crema, éste parámetro puede determinarse a simple vista o utilizando un colorímetro.

### **3.7.4 Contenido de proteína**

Es un factor muy importante a evaluar. El rango promedio de proteínas en los sorgos debe estar entre 9 a 11%. Si se usa una variedad de la cual se desconoce el porcentaje de proteína es recomendable realizar un análisis bromatológico del grano para saber si está dentro de los valores promedios.

### **3.7.5 Dureza del grano**

La dureza depende de la humedad y la estructura del grano y puede determinarse con una prueba simple, que consiste en cortar el grano por mitad y raspar el interior; si las partículas que se desprenden son finas y se desprenden con facilidad, indica que el grano es blando. También este parámetro puede ser medido objetivamente utilizando un equipo especial llamado Hardness single tester. (Medidor de dureza individual)

En la actualidad, se está promoviendo el uso de la harina de sorgo en la industria panificadora, ya que se ha encontrado que es factible técnica y económicamente, en la elaboración de pan tradicional con un 100% de harina de sorgo, y sustituir desde 15 hasta un 50% a la harina de trigo en formulaciones de panes comerciales, sin bajar la calidad nutricional del producto. La harina de sorgo tiene la ventaja de que no tiene gluten, por lo que representa una alternativa para la elaboración de pan libre de gluten y satisfacer a los consumidores alérgicos a esa proteína.

## **3.8 Operaciones pre-proceso de producción de harina**

### **3.8.1 Limpieza y lavado**

Implica la eliminación de impurezas, materias extrañas (insectos, tierra, piedras), posteriormente el lavado del grano con agua potable.



### **3.8.2 Preparación de grano**

Para facilitar la molienda se recomienda el siguiente procedimiento, pero antes debe seleccionarse uno de los siguientes métodos de preparación de grano antes de la molienda.

### **3.8.3 Descortezado**

Es la remoción del pericarpio y la testa por medio de abrasión ó fricción; con esto se mejora el color de la harina ya que se obtiene más blanca, aunque al remover el pericarpio (cascarilla), se pierde una cantidad considerable de nutrientes.

### **3.8.4 Temperado**

Consiste en añadir agua al grano bajo agitación por al menos 16 horas para incrementar el contenido de humedad hasta 15 -16%, ya que a mayor contenido de humedad el grano se reblandece y facilita la molienda.

### **3.8.5 Quebrado del grano**

El grano puede quebrarse para facilitar la molienda con grano seco o para facilitar la hidratación del grano durante el temperado; puede quebrarse en aproximadamente cuatro partes.

### **3.8.6 Combinación de tratamientos**

Los tratamientos de preparación de grano pueden usarse solos o combinando dos o más de estos. La combinación de tratamientos que ha resultado más eficiente es el uso del grano descortezado, quebrado y temperado. También podría utilizarse grano descortezado y temperado.

### **3.9 Secado**

Si el grano va a ser molido en seco quebrado y/o descortezado debe ser secado previamente al sol o utilizando secadores de aire caliente.



## **4. Molienda**

La molienda depende de los productos que se desean obtener y del equipo que se disponga.

Existen diversos tipos de molinos que pueden adecuarse para la molienda del grano de sorgo; entre ellos el molino de piedras, de martillo, de rodillos, etc.

### **4.1 Enfriamiento**

Es importante el enfriamiento de la harina, ya que con la molienda se somete a un calentamiento; si la harina no es enfriada adecuadamente antes del empaque, podría haber condensación de los vapores e incrementar la humedad, lo cual sería perjudicial para la conservación de la harina

### **4.2 Empaque**

El empaque de la harina de sorgo deberá ser en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto. Si la producción es a pequeña escala se puede empacar en bolsas plásticas.

Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

### **4.3 Almacenamiento**

Debe almacenarse la harina empacada en espacios secos, libres de humedad, con temperaturas adecuadas que no excedan de los 32 ° C.

### **4.4 Vida útil de la harina**

Si la harina cumple con todos los requisitos de calidad; y con un almacenamiento adecuado se asegura una vida útil de 6 meses.(4)

### **4.5 Control de calidad en harina**

La harina debe cumplir con las siguientes normas de calidad:

- inocua y apropiada para el consumo humano



- exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos
- exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos, palos, piedras y otros) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana
- el color debe ser blanco o amarillo claro, lo cual depende de la adecuada selección del grano.

**Tabla No.3**  
**Factores de calidad – específicos**

<b>Factor/Descripción</b>	<b>Limite</b>
<b>CENIZA</b>	Mín.: 0,9 % referido al producto seco - y –Máx.: 1,5 % referido al producto seco
<b>PROTEÍNA (N x 6,25)</b>	Mín.: 8,5 % referido al producto seco
<b>GRASA NO REFINADA</b>	Mín.: 2,2 % referido al producto seco - y –Máx.: 4,7 % referido al producto seco
<b>FIBRA BRUTA</b>	Máx.: 1,8 % referido al producto seco
<b>COLOR</b>	LIMITES: de 18 a 30 unidades
<b>TAMAÑO DE LA PARTÍCULA (GRANULOSIDAD)</b>	Mín.: El 100 % de la harina deberá pasar a través de un tamiz en el cual la dimensión de los orificios de la malla sea de 0,5 mm de diámetro para la harina “fina” y de 1 mm para la harina “media”
<b>Contenido de humedad</b>	15,0 % m/m máximo. Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país

Norma del codex para la harina de sorgo CODEX STAN 173-1989



## **5 CONTAMINANTES**

### **5.1 Metales pesados**

La harina de sorgo deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana. El límite máximo admisible para el contenido de arsénico y cobre es 1.0 mg/kg.

### **5.2 Residuos de plaguicidas**

La harina de sorgo deberá ajustarse a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

### **5.3 Micotoxinas**

La harina de sorgo deberá ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

## **6 HIGIENE**

Se recomienda que el producto se prepare y manipule de conformidad con el *Código Internacional de Prácticas Recomendado – Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969)*, y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.

En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.

Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:

- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y
- no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.



## **7 ETIQUETADO**

Además de los requisitos de la *Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

### **7.1 Nombre del producto**

El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será “harina de sorgo”.

### **7.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor**

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañen, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

## **8 Calidad microbiológica**

La calidad microbiológica comprende la ausencia de microorganismos patógenos y los productos de su metabolismo como son las toxinas que podrían representar peligro para la salud. Para el control de calidad de la harina se debe aplicar las normas establecidas por el Codex Alimentarius.

Entre los análisis microbiológicos de importancia que se deben realizar en la harina de sorgo se tienen los siguientes:

### **8.1 Aflatoxinas**

La harina de sorgo deberá ajustarse a los límites máximos para Aflatoxinas establecidos por la comisión del Codex Alimentarius para este producto. Límite máximo admisible 20 nanogramos/ kg.



## 8.2 Ausencia de E. coli

La bacteria de las coliformes importante de determinar en todos los productos destinados para la producción de alimentos es la Echerichiocoli (E coli) que debe ser de 0 c/gramo (ausencia de células formadoras de colonias). (5)

## 9 Características de la harina de trigo

En Europa suele aplicarse el término *harina* para referirse a la de trigo, y se refiere indistintamente tanto a la refinada como a la integral, por la importancia que ésta tiene como base del pan, que a su vez es un pilar de la alimentación en la cultura europea. El uso de la harina de trigo en el pan es en parte gracias al gluten. El gluten es una proteína compleja que le otorga al pan su elasticidad y consistencia. (6)

**Tabla No. 4**

**Composición de diferentes harinas de trigo**

Tipo	Integral	Refinada	Reforzada
Agua	10,27 g	11,92 g	11,92 g
Energía	339 kcal	364 kcal	364 kcal
Grasa	1,87 g	0,98 g	0,98 g
Proteína	13,70 g	15,40 g	15,40 g
Hidratos de carbono	72,57 g	76,31 g	76,31 g
Fibra	12,2 g	2,7 g	2,7 g
Potasio	405 mg	107 mg	107 mg
Fósforo	346 mg	108 mg	108 mg
Hierro	4,64 mg	3,88 mg	4,64 mg
Sodio	5 mg	2 mg	2 mg
Magnesio	138 mg	22 mg	22 mg
Calcio	34 mg	15 mg	15 mg
Cobre	0,38 mg	0,14 mg	0,14 mg
Zinc	2,93 mg	0,70 mg	0,70 mg
Manganeso	3,79 mcg	0,682 mcg	0,682 mcg
Vitamina C	0 mg	0 mg	0 mg
Vitamina A	0 UI	0 UI	0 UI
Vitamina B1 (Tiamina)	0,4 mg	0,1 mg	0,7 mg
Vitamina B2 ( Riboflavina)	0,215 mg	0,04 mg	0,494 mg
Vitamina B3 (Niacina)	6,365 mg	0 mg	5,904 mg
Vitamina B6 ( Piridoxina)	0,341 mg	0,044 mg	0,2 mg
Vitamina E	1,23 mg	0,06 mg	0,06 mg
Ácido fólico	44 mcg	0 mcg	128 mcg

Fuente: Administración de Drogas de los EE.UU.



La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas, dentro de ellos destacan especialmente la proteína y el gluten. Este último se forma por hidratación e hinchamiento de las proteínas de la harina "gliadina" y "glutenina".

El hinchamiento del gluten permite la formación de una masa modelable y resistente, sobre todo a los gases de la fermentación, producidos por la levadura.

Las harinas, según sus tipos, se clasifican en: cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000). La harina 000 corresponde a la harina de trigo, que se utiliza siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten. Por su parte la harina 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten. Sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería.

Adicionalmente, según sea la tasa de extracción, se pueden obtener diferentes tipos o clases de harinas. La tasa de extracción de una harina se mide por la cantidad de kilos de harina que obtenemos moliendo 100 kilos de cereal.

#### **10. Así, los tipos o categorías de harina son:**

- Harina flor con una tasa de extracción de 40.
- Harina blanca con una tasa de extracción de 60-70. Es la harina refinada de uso común. Solo se ha molido la almendra harinosa, exenta de germen y de cubiertas.
- Harina integral con grado de extracción superior a 85, se ha utilizado el grano completo excepto la cascarilla. Suele utilizarse mucho en repostería, en la elaboración de pan, galletas, postres, etc. Cada 100 g contiene 9,5 g de fibra.
- Sémola, producto de la molienda de trigo duro, se utiliza para la fabricación de alimentos moldeados y desecados denominados -pastas alimenticias- (ravioles, spaguettis).<sup>7</sup>

#### **11. TIPOS DE HARINA**

##### **11.1 La harina blanca o refinada**

Resulta de moler el endospermo del grano de trigo (la parte central, vamos). El grano de trigo está formado por tres partes: cáscara o salvado (14%), endospermo (83%) y germen (3%).

##### **11.2 La harina integral**

Se obtiene de moler el grano entero de trigo ( a las que se añade el salvado molido, en cantidades variables; en la práctica el germen no es añadido porque, además de ser un



producto caro, al ser una grasa altamente poliinsaturada, pronto se enrancia y, en consecuencia, las harinas o sus derivados duran menos).

La harina integral tiene más fibra y algunos micronutrientes (como vitaminas del grupo B) que la harina blanca, pero no es, como a veces se cree, más light.

### **11.3 Harinas acondicionadas**

Son aquellas cuyas características organolépticas, plásticas, fermentativas, etc., se modifican y complementan para mejorarlas mediante tratamientos físicos o adición de productos debidamente autorizados.

### **11.4 Harinas enriquecidas**

Son aquellas a las cuales se le ha añadido alguna sustancia que eleve su valor nutritivo con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ellas elaborados. Entre estas sustancias nos encontramos con proteínas, aminoácidos, sustancias minerales y ácidos grasos esenciales.

### **11.5 Harinas de fuerza y Harinas Flojas**

Son las harinas de extracción T-45 y T-55 exclusivamente extraída de trigos especiales con un contenido en proteína de 11% y una W de 200 como mínimo.

Las harinas de fuerza se caracterizan por una gran resistencia al estirado (hay que pelear con ellas a brazo partido y cuesta más amasarlas), de ahí su nombre. Además tienen una mayor capacidad de absorción de líquido: una harina muy fuerte puede absorber hasta 750 g. de agua por kg. Una harina floja, en cambio, puede absorber hasta 500gr de agua por kg.

La fuerza de la harina se la otorgan las proteínas de la misma (de ellas la fundamental es el llamado gluten): a más proteína, mayor fuerza.

Una harina de fuerza tiene entre 13 y 15 g de proteína por 100g  
Una harina floja o normal tiene entre 5 y 11 g de proteína por 100g.

### **11.6 Harinas especiales**

Son aquellas obtenidas en procesos especiales de extracción, nos encontramos con los siguientes tipos: malteadas, dextrinadas, y preparadas.

Laelección de harinas integrales en vez de refinadas se basa fundamentalmente en criterios de salud (por lo de la fibra) más que culinarios, ya que normalmente la repostería queda mejor con harina blanca. **(8)**



## 12. Caracterización fisicoquímica

### 12.1. Determinación de humedad

El contenido de humedad es un factor de calidad en la conservación de algunos productos, ya que afecta la estabilidad de: frutas y vegetales deshidratados, leches deshidratadas; huevo en polvo, papas deshidratadas y especias entre otros:

- se utiliza como factor de calidad de: jaleas y ates, para evitar la cristalización del azúcar; jarabes azucarados, cereales preparados - convencionales (4-8%); inflados (7-8%).
- Se utiliza una reducción de humedad por conveniencia en el empaque y/o embarque de: leches concentradas, endulzantes; productos deshidratados (éstos son muy difíciles de empacar si poseen un alto contenido de humedad; jugos de frutas concentradas.
- El contenido de humedad se especifica a menudo en estándares de identidad, así, el queso cheddar debe tener <39% de humedad; para harinas enriquecidas el contenido de humedad deberá ser <15%; en las carnes procesadas por lo común se especifica el porcentaje de agua añadida.
- Todos los cálculos de valor nutricional requieren del conocimiento previo del contenido de humedad.

Los datos sobre contenido de humedad se utilizan para expresar los resultados de otras determinaciones analíticas en una base uniforme (por ejemplo, con base en el peso seco).

#### 12.1.1. Método de Secado al Horno

En este método la muestra se calienta bajo condiciones específicas y la pérdida de peso de la muestra se utiliza para calcular el contenido de humedad de la misma. El valor del contenido de humedad obtenido es altamente dependiente del tipo de horno que se va a utilizar, las condiciones del horno y el tiempo, así como la temperatura de secado. Estos métodos de secado son simples y muchos hornos permiten el análisis simultáneo de grandes números de muestras. El tiempo requerido para el análisis puede ser de unos cuantos minutos hasta más de 24 horas.



## **12.2 Determinación de cenizas**

La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento. Es esencial el conocimiento básico de las características de varios métodos para analizar cenizas así como el equipo para llevarlo a cabo para garantizar resultados confiables. Existen tres tipos de análisis de cenizas: cenizas en seco para la mayoría de las muestras de alimentos; cenizas húmedas (por oxidación) para muestras con alto contenido de grasa (carnes y productos cárnicos) como método de preparación de la muestra para análisis elemental y análisis simple de cenizas de plasma en seco a baja temperatura para la preparación de muestras cuando se llevan a cabo análisis de volátiles elementales.

La técnica de cenizas en seco consiste en quemar la muestra al aire y posteriormente en una mufla para eliminar todo el material orgánico. La ceniza remanente es el residuo inorgánico y la medición de la ceniza total es útil en el análisis de alimentos, ya que se pueden determinar diversos minerales contenidos en la muestra. Algunos errores y dificultades involucrados en la determinación de las cenizas en seco son: la pérdida de ceniza debido a la intensidad con que arde la flama en el momento de quemar la muestra al aire y el cambio gradual en las sales minerales con el calor, como el cambio de carbonatos a óxidos; adhesión de las muestras con un contenido alto de azúcares, lo cual puede ocasionar pérdida de la muestra y fusión del carbón a partes no oxidadas atrapadas de la muestra.

## **12.3 Análisis de grasa**

Hay lípidos sólidos, denominados grasas, y líquidos denominados aceites. El término grasa se emplea para aquellas mezclas que son sólidas o semisólidas a temperatura ambiente, en tanto que el término aceite se aplica a mezclas que son líquidas a temperatura ambiente.

Existen diferentes familias o clases de lípidos, pero las propiedades distintivas de todos ellos derivan de la naturaleza hidrocarbonada de la porción principal de su estructura.

### **12.3.1. Métodos de extracción directa con disolventes**

El contenido en lípidos libres, los cuales consisten fundamentalmente de grasas neutras (triglicéridos) y de ácidos grasos libres, se puede determinar en forma conveniente en los



alimentos por extracción del material seco y reducido a polvo con una fracción ligera del petróleo o con éter dietílico en un aparato de extracción continua.

El método Soxhlet da una extracción intermitente con un exceso de disolvente reciente condensado. La eficiencia de estos métodos depende tanto del pre-tratamiento de la muestra como de la selección del disolvente.

## **12.4 Análisis de proteínas**

### **12.4.1 Procedimiento de kjeldahl**

Aunque se ha modificado durante años, el procedimiento básico de Kjeldahl mantiene aún su posición como la técnica más fidedigna para la determinación de nitrógeno orgánico. En consecuencia, es incluido entre los métodos oficiales estatuidos y es aprobado por las organizaciones internacionales. Además, los resultados obtenidos mediante el método de Kjeldahl se usan para calibrar los métodos físicos y los automáticos.

Se han empleado muchos catalizadores. Se ha considerado que el más efectivo es el mercurio en forma de óxido mercúrico; así como el selenio, que es casi tan efectivo como aquél, pero ambos tienen riesgos tóxicos y problemas para desecharlos. Además, el mercurio forma complejos con el amoníaco en el líquido de digestión que requieren la adición de tiosulfato de sodio para romper esos complejos y liberar el amoníaco. Williams (1976) recomendó el uso de una mezcla de sulfato de cobre y bióxido de titanio. A pesar de ello, Wall y Gehrke (1975) consideraron que esta mezcla es menos efectiva.

También se ha conseguido reducir el tiempo de digestión por adición de sulfato de sodio o de potasio que elevan la temperatura de digestión. Los catalizadores metálicos se pueden obtener en forma de tableta muy convenientes, compuestas en una base de sulfato de potasio. Concon y Soltness (1973) y Koops y cols. (1975) han informado que la adición de peróxido de hidrógeno acelera significativamente la digestión y disminuye la formación de espuma. Tradicionalmente, el amoníaco liberado del líquido de digestión hecho alcalino se destila a una cantidad de ácido diluido normal, que finalmente es titulado con álcali normal para dar el contenido en nitrógeno orgánico en la muestra. Ahora es más popular destilarlo a una solución de ácido bórico al 4 % y titular directamente al amoníaco con ácido sulfúrico normal. (9)



## **12.5 Análisis de fibra**

### **12.5.1 Fibra cruda**

Fibra cruda es el residuo orgánico combustible e insoluble que queda después de que la muestra se ha tratado en condiciones determinadas. Las condiciones más comunes son tratamientos sucesivos con petróleo ligero, ácido sulfúrico diluido hirviendo, hidróxido de sodio diluido hirviendo, ácido clorhídrico diluido, alcohol y éter. Este tratamiento empírico proporciona la fibra cruda que consiste principalmente del contenido en celulosa además de la lignina y hemicelulosas contenidas en la muestra. Las cantidades de estas sustancias en la fibra cruda pueden variar con las condiciones que se emplean, por lo que para obtener resultados consistentes deben seguirse procedimientos estandarizados con rigidez.

La fibra debería considerarse como una unidad biológica y no como una unidad química. La pared celular de las células vegetales, contiene la mayor parte del material resistente a las enzimas del tracto gastrointestinal de los mamíferos. Aunque este material pueda digerirse parcialmente por la microflora intestinal, raramente la digestión es total. La fibra también le da las propiedades físicas a los alimentos, y generalmente baja la densidad calórica de los alimentos.

### **12.5.2 Fibra dietética**

El papel de la fibra indigerible o alimento o forraje indigesto en la dieta en el mantenimiento de salud, es ahora considerado tan importante nutricionalmente como los niveles de nutrientes absorbibles en los alimentos. Los métodos empíricos para determinar el contenido en fibra cruda son de uso limitado porque los resultados pueden representar tan poco como 1/7 de la fibra dietética total de ciertos alimentos. La fibra dietética puede ser definida como constituida por todos los componentes de los alimentos que no son rotos porque las enzimas del conducto alimentario humano para formar compuestos de masa molecular menor, capaces de ser absorbidos al torrente sanguíneo. Estos incluyen hemicelulosas, sustancias pépticas, gomas, mucílagos, celulosa, lignina y polisacáridos tecnológicamente modificados tales como la carboximetilcelulosa. Debe hacerse notar que algunas de estas sustancias no tienen estructura fibrosa y son solubles.

Se han desarrollado diferentes métodos para la estimación de la fibra dietética. Dado que no es posible determinar los muchos componentes complejos individualmente de la fibra dietética, los métodos de uso práctico representan un compromiso entre la separación completa y su determinación y la aproximación empírica de fibra cruda



## 4. METODOLOGÍA

El presente trabajo es de tipo experimental, de corte transversal el cual se realizó en el período comprendido del mes de marzo a septiembre de 2010. Se ejecutó la caracterización proximal con la determinación fisicoquímica de humedad, ceniza, fibra, grasa y proteínas de 6 variedades de harina de sorgo (*INTA GANADERO, INTA CNIA, TORTILLERO PRECOZ, INTA TRINIDAD, PINOLERO # 1 e INTA RCV*), ensayos que fueron realizados en el laboratorio del Dpto. Control de Calidad de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAN, León.

El desarrollo de esta investigación se realizó en las siguientes etapas:

### 4.1 Recopilación de información bibliográfica

La información relacionada a la harina de sorgo, generalidades del cultivo de sorgo, análisis de alimentos, y generalidades sobre harinas, se obtuvo a través de fuentes primarias y fuentes secundarias como la consulta a páginas web. Una vez recopilada la información suficiente se procedió a su ordenamiento lógico de acuerdo con los objetivos planteados en el estudio.

### 4.2 Aplicación de ensayos fisicoquímicos

La harina de sorgo fue elaborada en la Planta de Producción Mauricio Díaz Müller, a partir de granos proporcionados por el INTA PN. Para la investigación se tomó una muestra de 1 kg por cada variedad a partir de la cual se obtuvo la muestra de análisis para proceder a la caracterización fisicoquímica.

Los ensayos se realizaron por triplicado basado en los métodos establecidos por la AOAC (ver anexo No.):

- a. Determinación del porcentaje de humedad en un alimento (método general de la AOAC, 1980 M. 14.003.) Se pesaron 5 g de muestra, colocándose en el horno en un rango de temperatura de 90 - 95 °C hasta que la diferencia de peso no fuera mayor a 1mg. Para la determinación del porcentaje se utilizó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra húmeda} - \text{Muestra seca}}{\text{Muestra Húmeda}} \times 100$$



Se calculó el promedio de porcentaje de Humedad

- b. Determinación de grasa en un alimento (método general de la AOAC, 1980, M 14.059.)

Se pesó 5 gr de muestra que posteriormente se transfirió en papel filtro a la cámara de extracción Soxhlet (con el fin de extraer la grasa presente en la muestra) con éter por un periodo de 16 horas, luego de evaporar el éter se secó el balón de extracción a 100 ° C y se pesó. Para la determinación del porcentaje de grasa se utilizó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ del Extracto éter} = \frac{\text{Peso del balón con extracto} - \text{peso de balón vacío}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Se calculó el promedio de Porcentaje de grasas

- c. Determinación de cenizas en un alimento (método general de la AOAC, 1980, M 14.006.)

Consta de dos etapas: incinerado y calcinado. Para la etapa de incinerado se pesaron de 5 gr de muestra posteriormente trasladada a capsula de porcelana para incinerarla. Para la etapa de calcinación se colocó la muestra incinerada en la mufla en un rango de temperatura de 330 - 450 °C hasta lograr cenizas (color blanco) y luego fue pesada. Para la determinación del porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Cap} + \text{Mx incinerado} - \text{Cap vacía}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

Se calculó el promedio de porcentaje de cenizas

- d. Determinación de proteína bruta en un alimento (método general de la AOAC 1980, M 2.057.)

Consta de tres etapas: digestión, destilación y valoración. Para la etapa de digestión se pesó 1 gr de muestra que fue colocada en un balón Kjeldahl de 500 ml al cual se le agregaron 5 gramos de sulfato de sodio y sulfato de cobre más 100 ml de ácido sulfúrico concentrado, al cual se le aplicó calor hasta la obtención del color



verde esmeralda de la muestra ya digerida. Para realizar la etapa de destilación previamente se sometió a enfriamiento con la adición de 150 ml de agua destilada, 50 ml de solución de NaOH al 50 %, unas gotas de indicador rojo de metilo. Luego se colocó en el equipo de destilación para proteína hasta la obtención del nitrógeno reaccionado en Ácido sulfúrico de normalidad 0.107N. La etapa final del ensayo fue la valoración del nitrógeno con Hidróxido de sodio de normalidad 0.1115N

Para la determinación del porcentaje se utilizó la fórmula siguiente:

$$\% P = \% N \times 6.25$$

Se calculó el promedio del porcentaje de proteína.

- e. Determinación de Fibra cruda en un alimento (Basado el método general de la AOAC M 2000 985.29.)

Consta de tres etapas: digestión ácida, digestión básica y secado. Para realizar la etapa de la digestión ácida se pesó 4 gr de muestra transferida a un beaker de 600 ml junto con 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % y posteriormente colocó en el aparato de digestión hasta ebullición durante treinta minutos, luego se filtró tres veces con agua destilada caliente. Para la digestión básica la muestra filtrada se transfirió al beaker de 600 ml con 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25 % y fue colocada en el aparato de digestión hasta ebullición por treinta minutos, luego se filtró tres veces con agua destilada caliente y una cuarta vez con 25 ml de alcohol. Para la etapa de secado la muestra filtrada se colocó en el horno por un periodo de treinta minutos a una temperatura de 100 ° C se enfrió y luego se pesó.

Para la determinación del porcentaje de fibra bruta se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Fibra} = \frac{\text{Peso seco con muestra de Fibra} - \text{Peso de muestra de ceniza}}{\text{Peso de la Muestra}} \times 100$$

Se calculó el promedio de porcentaje de Fibra cruda



### 4.3 Análisis de Resultados

Posterior a la aplicación de ensayos fisicoquímicos los resultados de los mismos se analizaron mediante la elaboración de una tabla comparativa de los promedios obtenidos en los ensayos para cada muestra (tabla No 5), además de la construcción de gráficos de barra (gráficos 1, 2, 3, 4, 5) para lo cual se utilizó el programa Microsoft Office Excel 2007.

Se realizó un análisis estadístico de ANOVA utilizando el programa de Excel 2007. Estableciéndose las hipótesis:

$H_0$ : Todas las variedades no presentan diferencias significativas.

$H_1$ : Al menos una variedad presenta diferencias significativas respecto a las demás

Se construyó una tabla comparativa de harina de trigo y harina de sorgo con el fin de observar las diferencias entre ambas tomando como parámetro la composición de la harina de trigo vs los resultados de los análisis aplicados a las seis variedades de harina de sorgo.

La elaboración del documento final fue el último paso para lo cual se utilizó el programa Microsoft Office Word 2010.



## 5. RESULTADOS

En la Tabla No. 5 Registro de Análisis Proximal de Harinas de Sorgo Mejorado se presenta los resultados del análisis proximal aplicado a seis muestras de harina de sorgo que corresponden a variedades nacionales provenientes de la zona del pacífico del país, las cuales son: INTA Ganadero, INTA CNIA, Tortillero Precos, INTA Trinidad, Pinolero # 1 e INTA RCV. Dentro de los ensayos realizados se encuentran los porcentajes de humedad, cenizas, fibra, grasa y proteínas. Se presenta también los valores promedios y de desviación estándar calculados de los ensayos para cada variedad.

Tabla No. 5

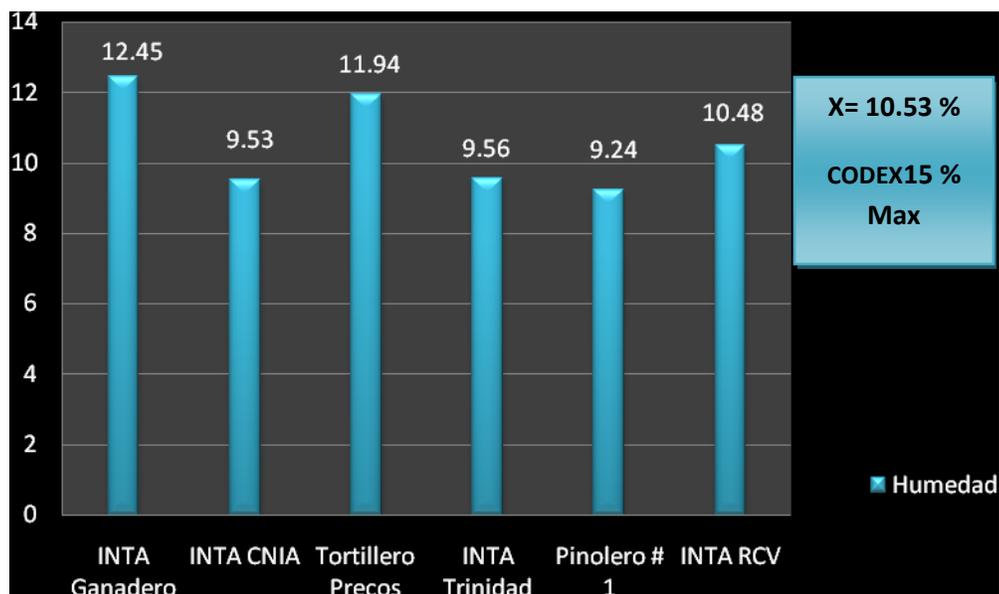
### Registro de Análisis Proximal de Harinas de Sorgo mejorado

Variedad	% promedio de cada una de las variedades de Harina de Sorgo				
	Humedad	Cenizas	Grasa	Fibra	Proteínas
<i>INTA Ganadero</i>	12.45	1.76	4.58	0.92	9.89
<i>INTA CNIA</i>	9.53	1.77	5.44	1.13	10.71
<i>Tortillero Precos</i>	11.94	1.76	5.47	1.56	10.86
<i>INTA Trinidad</i>	9.56	1.65	5.56	1.09	9.52
<i>Pinolero # 1</i>	9.24	1.82	5.49	1.34	10.66
<i>INTA RCV</i>	10.48	1.44	6.78	1.18	10.41
<i>Valor Medio <math>\bar{x}_k</math></i>	10.53	1.70	5.55	1.21	10.34
<i>Desviación Estándar</i>	1.3624	0.1389	0.7037	0.2214	0.5271
<b>Norma Codex</b>	<b>Max 15</b>	<b>Min 0.9-Max 1.5</b>	<b>Min 2.2-Max 4.7</b>	<b>Max 1.8</b>	<b>Min 8.5</b>



Los resultados reflejados en el Grafico No.1 Determinación de Humedad, se muestra que los datos más representativos provienen de las variedades INTA Ganadero con un máximo de 12.45%, Tortillero Precos con 11.94 % e INTA RCV con 10.48 %, siendo el de menor porcentaje Pinolero 1 con 9.24, aunque no hay límites legales para el contenido acuoso de las harinas, pero, por regla general, no deberían contener más de 13.5%, aunque es frecuente que contengan un 15 % (10) como lo establece la norma del Codex. En general las 6 variedades de harina de sorgo se encuentran por debajo de la norma establecida por el codex de 15 % (5), pero se ajustan al rango establecido por el CENTA e INTSORMIL de 11 a 12 % (4) considerado necesario para garantizar una vida útil de 6 meses en condiciones adecuadas de almacenamiento, de lo contrario, a valores mayores de humedad la harina pierde estabilidad y existe la posibilidad de crecimiento microbiano especialmente mohos del tipo Aspergillus y Penicillium, al igual que esporas de Bacillus ocasionando que la harina se fermente y endurezca. (11)

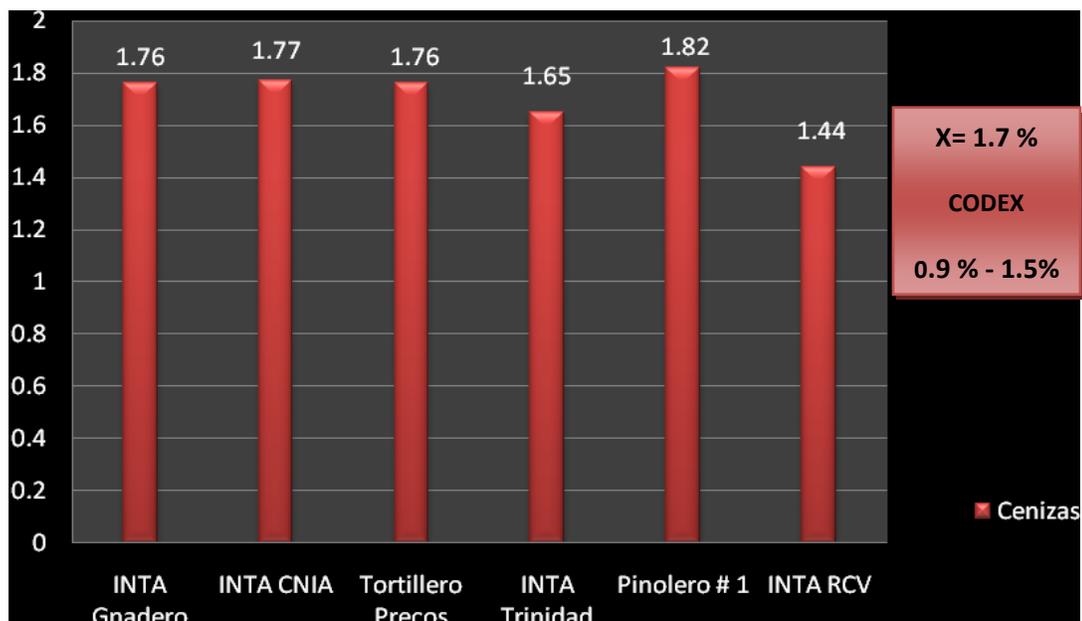
**Grafico No. 1 Determinación de Humedad**





En el Grafico No. 2 Determinación de Ceniza, los valores correspondientes a los ensayos se presentan por encima de lo establecido en la norma del Codex de 1.5 % con un promedio de 1.7 %, a excepción de INTA RCV con 1.44% corresponde a la presencia principalmente de calcio, magnesio, sodio, potasio, etc. como un indicativo de la pureza de las harinas obtenidas (12).

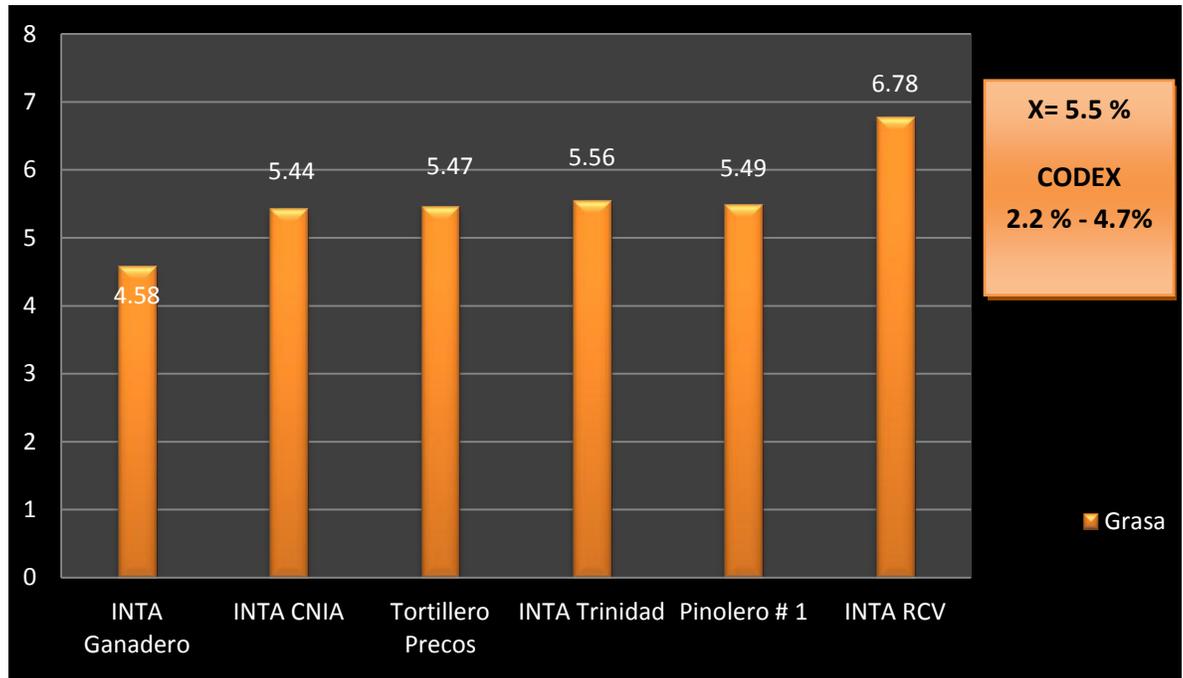
**Grafico No. 2 Determinación de Cenizas**



Los resultados reflejados en el Gráfico No. 3 Determinación de Grasa, presentan variaciones en las 6 variedades de harinas analizadas sobrepasando los rangos establecidos por la Norma del Codex de 4.7 %. Siendo el promedio de 5.55% correspondiendo a INTA RCV el valor mayor con 6.78% y el valor menor a INTA GANADERO con 4.58%. De lo anterior se puede deducir que las variedades de sorgo mejoradas poseen mayor cantidad de grasa lo que puede facilitar una mayor velocidad de enranciamiento de las grasas presentes en la harina dando origen a ácidos grasos libres de cadena corta responsables del mal olor y sabor. Es importante destacar que parte de estas materias desaparecen durante el envejecimiento de las harinas y se convierten en ácidos grasos que alteran la calidad de la harina. (12)



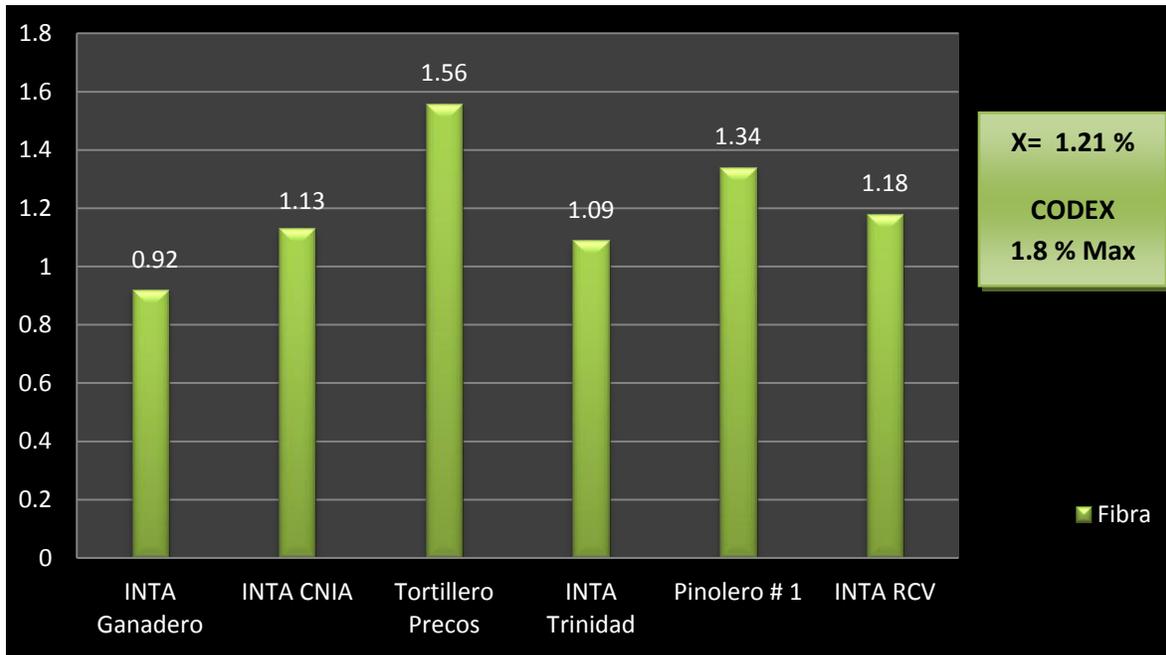
**Grafico No. 3 Determinación de Grasa**



Los resultados presentados en el Gráfico No. 4 Determinación de Fibra reflejan que no existe variación significativa en la cantidad de celulosa presente en las 6 variedades de harina de sorgo analizadas. En promedio se encuentran 0.24 % por debajo del valor máximo establecido por el Codex de 1.8 %



**Grafico No. 4 Determinación de Fibra**

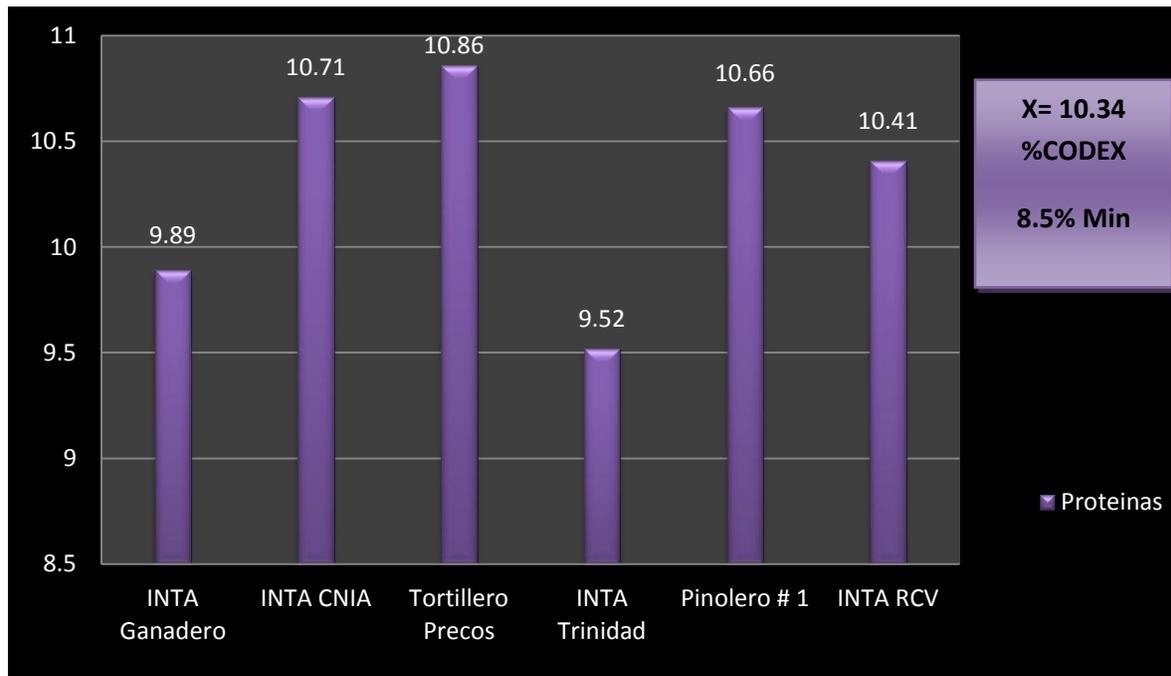


Los resultados reflejados en el grafico 5 Determinación de Proteína muestran que los datos más representativos son INTA CNIA con 10.71 %, Tortillero Precos con 10.86 %, Pinolero # 1 con 10.66 e INTA RCV con 10.41 respectivamente. De forma general las 6 variedades de harina de sorgo se encuentran 1.84 % por arriba del máximo establecido por la norma del Codex que es de 8.5 %. Debe señalarse que de la calidad de la proteína depende la capacidad de absorción de agua, logrando que al momento de elaborar un producto de panificación se pueda obtener una masa de consistencia más firme y la cantidad de proteínas es fundamental para la formación de la masa debido a la absorción de agua.

En lo referido a las harinas elaboradas a partir de sorgo debe señalarse que estas no poseen gluten y por lo tanto no pueden utilizarse en un cien por ciento para la elaboración de panes de tipo comerciales. Para la selección de un tipo de harina de sorgo con el fin de emplearla en la elaboración de pan es necesario que dichas harinas posean un porcentaje de proteínas entre un 9-11 % (4) en los resultados reflejados en el grafico se puede observar que todas las variedades de harina de sorgo cumplen con este criterio de calidad por lo cual se les puede utilizar, pero es preferible seleccionar las variedades que poseen un mayor valor proteico para facilitar la absorción de agua y lograr un mejor volumen y consistencia del producto a elaborar.



**Grafico No. 5 Determinación de Proteínas**



**Tabla No. 6**

**Análisis de Varianza para Harinas de sorgo**

**RESUMEN**

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	5	29.6	5.92	25.62575
Fila 2	5	28.58	5.716	19.04128
Fila 3	5	31.59	6.318	24.09242
Fila 4	5	27.38	5.476	16.72883
Fila 5	5	28.55	5.71	17.8102
Fila 6	5	30.29	6.058	21.03402

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2.21509667	5	0.44301933	0.02137909	0.99977989	2.62065415
Dentro de los grupos	497.33	24	20.7220833			
Total	499.545097	29				



Al aplicar el análisis de varianza ANOVA a los valores obtenidos en los análisis fisicoquímicos indican que la hipótesis nula planteada es la correcta, por tanto los resultados obtenidos de las diferentes variedades de harina de sorgo no representan una diferencia significativa, es decir que cada variedad de harina de sorgo analizada puede ser utilizada en procesos para elaboración de pan que no requiera de mucho crecimiento.

**Tabla No. 7**

**Comparación de Harinas de Sorgo y Harina de Trigo**

ENSAYO	Harina de Trigo <sup>(A)</sup>	Harina de Sorgo <sup>(B)</sup>	DIFERENCIA
Humedad	12 %	10.53 %	1.47 %
Cenizas	2.5 %	1.7 %	0.8 %
Grasa	4 %	5.55 %	1.55 %
Fibra	3.8 %	1.21 %	2.59 %
Proteínas	10.4 %	10.34 %	0.06 %

**Fuente: A- Tabla de composición de alimentos del INCAP**

**B Valores promedios de los ensayos aplicados**

La tabla No. 7 Comparación de Variedades de harina, muestra la composición de harina de trigo que refleja la tabla de composición de alimentos para América latina del INCAP Guatemala versus los resultados promedios de los ensayos aplicados a las harinas provenientes de seis variedades de sorgo mejorado.

En dicha tabla al comparar los resultados se puede observar que los resultados más relevantes son los de grasa, fibra y proteínas.

Los datos obtenidos de los análisis reflejan que la harina de sorgo presenta 1.55 % más de grasa en su composición que la harina de trigo; esto puede ocasionar una vida útil más corta ya que a mayor cantidad de grasa puede favorecer el enranciamiento. La cantidad de grasa es un factor importante en pequeñas cantidades en la elaboración de pan de crecimiento ya que los lípidos polares pueden fijarse simultáneamente con las gliadinas como con las gluteninas, contribuyendo posiblemente a la capacidad fijadora del gluten. Pero en cantidades mayores limitan la cantidad de gluten que se puede desarrollar en la harina (13).



Comparando los datos de fibra se puede observar que la harina de trigo tiene 2.59 % de fibra con relación a la harina de sorgo. Esto es un reflejo de que la harina de sorgo posee más disponibilidad biológica que la harina de trigo. En estudios realizados se refleja que cantidades elevadas de fibra en la composición de la harina produce un efecto significativo sobre las características de la masa como consistencia pegajosa y poco manejable. Sin embargo a menores cantidades de fibra la harina presenta mayor absorción de agua y tenacidad. También proporciona a la masa panaria estabilidad, tiempo de desarrollo aceptable, índice de tolerancia e índice de elasticidad adecuados (14). Otro efecto que puede producir la elevada cantidad de fibra presente en la harina es problemas de flatulencia, distensión abdominal, meteorismo y dolor abdominal (15).

La comparación de los datos de proteínas refleja que la harina de sorgo presenta una ligera variación de 0.06 % más que la harina de trigo. Es por esta razón por la cual se ha utilizado sorgo como sustituto de trigo para la elaboración de pan especialmente pastelerías y galletas. En panes de crecimiento no es sustituible en un cien por ciento ya que no posee la proteína gluten indispensable para el crecimiento de pan. A este respecto estudios realizados por el CENTA e INTSORMIL reflejan que la harina de sorgo puede ser utilizada en diferentes proporciones con harina de trigo para la elaboración de panes que necesiten crecimiento mayor (4). Lo anterior representa una ventaja y podría considerarse de mucha importancia para el desarrollo de productos mejorados nutricionalmente al igual que generar nuevas áreas de cultivo en el país. Además la calidad tecnológica de la harina se ha comprobado con la elaboración de productos de panificación.

Además la calidad tecnológica de las harinas de sorgo en las variedades descritas ha sido objeto de investigaciones y demostraciones a cargo del CENTA e INTSORMIL, quienes han realizado procesos de panificación utilizando una mezcla de harinas (trigo-sorgo) para la elaboración de panes simples y dulces tradicionales. Las formulaciones para panificación que se han aplicado guardan las siguientes relaciones porcentuales entre sorgo y trigo respectivamente: 15: 85 pan dulce comercial, 10: 90 pan francés y 100 de harina de sorgo para pan dulce tradicional. (4)



## 6. CONCLUSIÓN

Mediante la caracterización fisicoquímica (porcentajes de humedad, ceniza, grasa, fibra y proteína) de seis variedades de harina provenientes de sorgo nacional mejorado (*Pinolero-1, Tortillero-Precoz, INTA-CNIA, INTA-Ligero, INTA-Trinidad, INTA-RCV, INTA-Soberano*) se estableció la composición porcentual de las harinas no encontrándose diferencias significativas entre los resultados. Se observa que los porcentajes de humedad, fibra y proteína se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma del Codex para harina de sorgo no así para ceniza y grasa.

De acuerdo a los resultados las diferentes variedades de harina de sorgo analizadas son apropiadas para la utilización en la industria de la panificación nacional, siendo importante el hecho que es un producto nacional, por tanto de fácil acceso que vendría a reducir los costos de importación. La información que se generó servirá de referencia para ensayos futuros, en el control de calidad de la materia prima utilizada en el proceso tecnológico de panificación y cereales.

Las ventajas más sobresalientes existentes al sustituir harina de sorgo por harina de trigo en la elaboración de pan es, el que la harina de sorgo no posee gluten y por tanto pueda emplearse para la elaboración de productos de panificación libres de esta proteína y así satisfacer a los consumidores alérgicos a esta proteína; posee menor cantidad de fibra lo que hace que tenga mayor utilización biológica.



## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas de panificación utilizando las variedades de sorgo estudiadas INTA GANADERO, INTA CNIA, Tortillero Precos, INTA Trinidad, Pinolero # 1 e INTA RCV ensayando diferentes formulaciones para pan simple y dulce para determinar el comportamiento tecnológico y bioquímico de las harinas.
- Incentivar el uso de harinas de sorgo provenientes de cultivos nacionales, como complemento en la industria de panificación, para contribuir a disminuir los costos que genera las importaciones de trigo que realiza el país anualmente y que además se le utilice como estrategia para reducir el efecto de la pobreza en nuestro país.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Guía Técnica de sorgo –docpdf. Ministerio de agricultura ganadería y forestal MAGFOR.
2. Alimentación El más básico de los derechos humanos Alianza contra el hambre programa especial de seguridad alimentaria FAO-Nicaragua 2005.
3. [http:// es.Wikipedia.org/wiki/Sorghum](http://es.Wikipedia.org/wiki/Sorghum)
4. Guía Tecina de sorgo-docpdf. Ministerio de agricultura y ganadería(MAG) y centro de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). El salvador Marzo 2007
5. Norma del Codex para Harina de sorgo CODEX STAN 173-1989
6. <http://es.wikipedia.org/wiki/Harina>
7. <http://www.cnciencia-animal.cl/paginas/temas/temas.php?d=1189>
8. <http://cocinamycook.foroactivo.net/materias-primas-f17/tipos-de-harina-de-trigo-t1418.htm>
9. Análisis moderno de los alimentos. Leslie Hart. Editorial sprinder-verlag. New York 1971
10. Fabricación de pan. Bennion Edmund. Editorial Acribia Zaragoza-España. Pág. 373
11. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Microbiologia-De-Cereales-Y-Harinas/618062.html>
12. <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/chef/harina.html>
13. Manual del ingeniero de alimentos. grupo latino 2006. Pág. 344
14. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/de\\_l\\_aj/capitulo8.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/de_l_aj/capitulo8.pdf)
15. [http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_alimentaria](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_alimentaria).



# Anexos



# ANEXO 1



**Tabla No. 8**

**Métodos oficiales de ensayos de la AOAC**

<b>Métodos oficiales de ensayos (AOAC)</b>	
<b>Ensayo</b>	<b>Método</b>
Determinación de Humedad	AOAC,1980 M. 14.003
Determinación de Cenizas	AOAC, 1980, M 14.006
Determinación de Grasa	AOAC, 1980, M 14.059
Determinación de Fibra	AOAC M 2000 985.29
Determinación de Proteínas	AOAC 1980, M 2.057



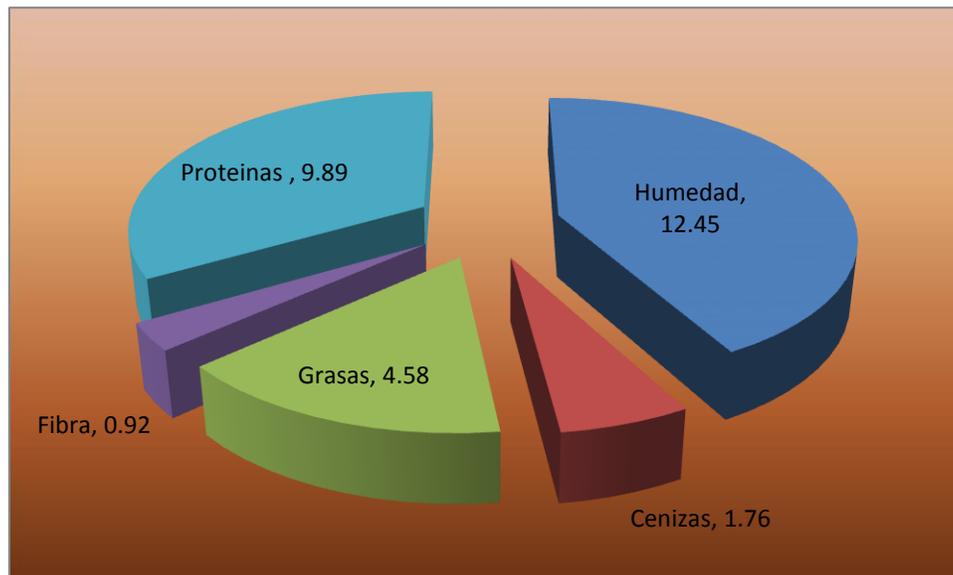
# ANEXO 2



## Resultados para cada una de las variedades analizadas

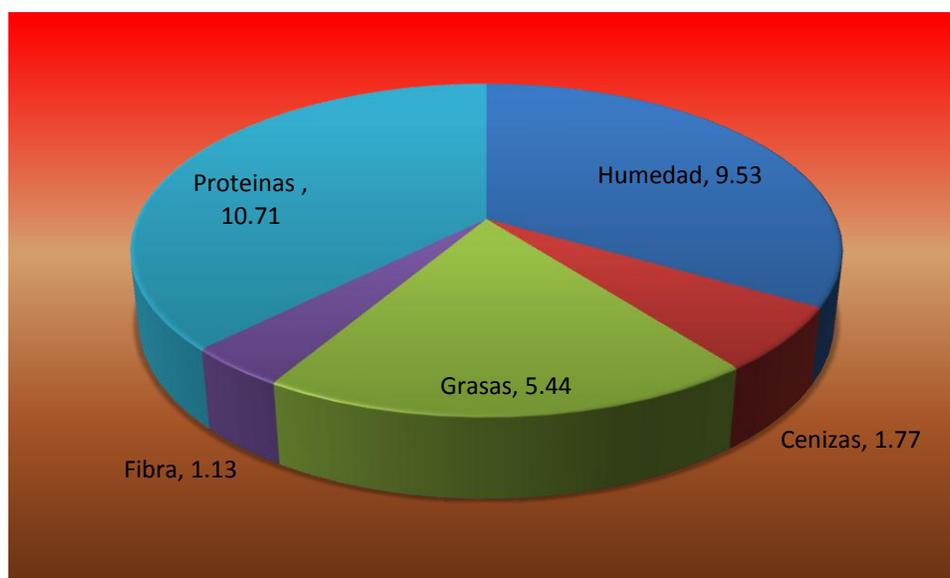
### Grafico 6

#### Resultados para variedad INTA Ganadero



### Grafico 7

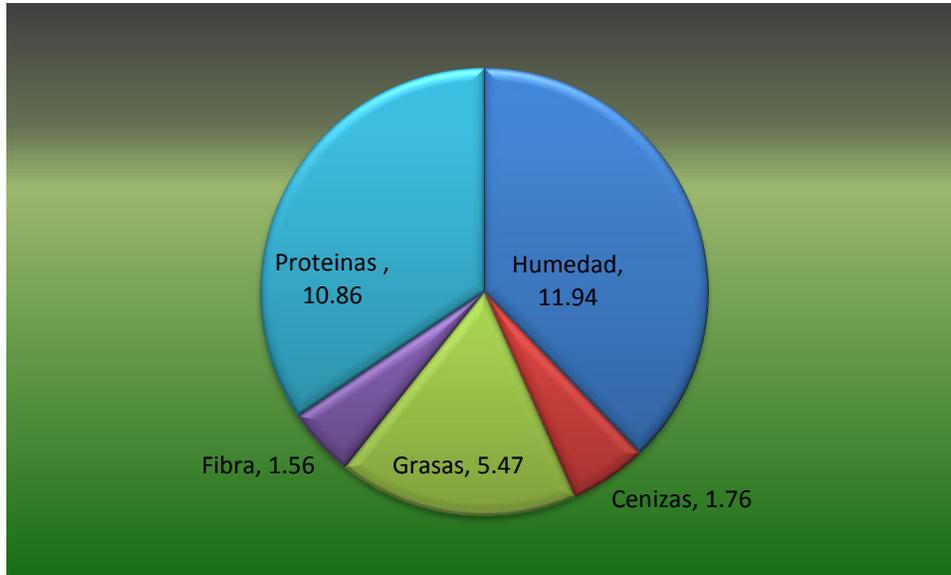
#### Resultados para variedad INTA CNIA





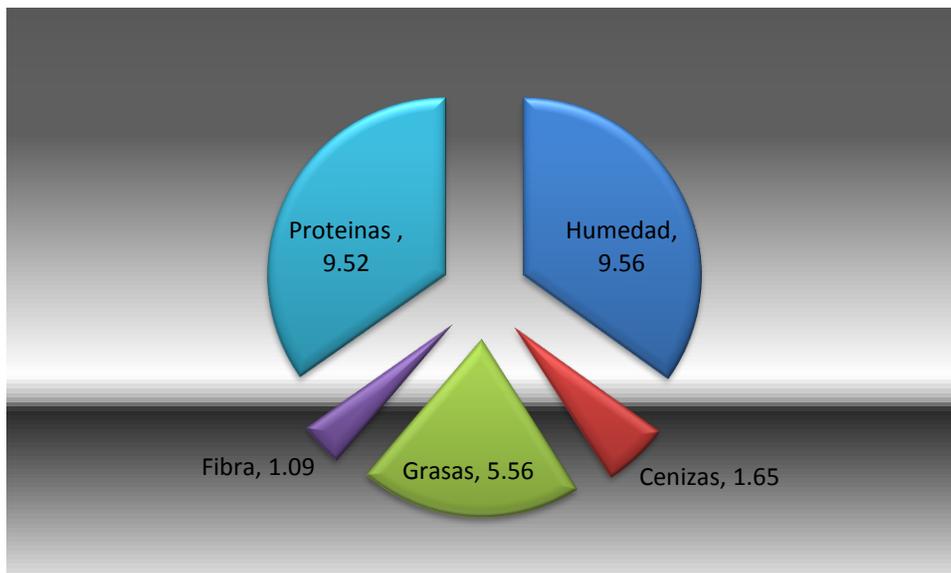
**Grafico 8**

**Resultados para variedad Tortillero Precos**



**Grafico 9**

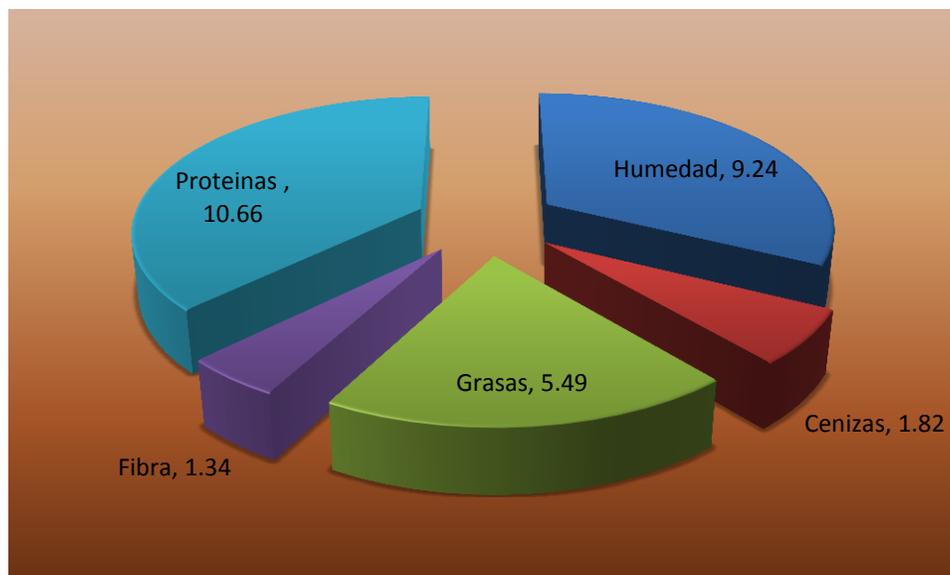
**Resultados para variedad INTA Trinidad**





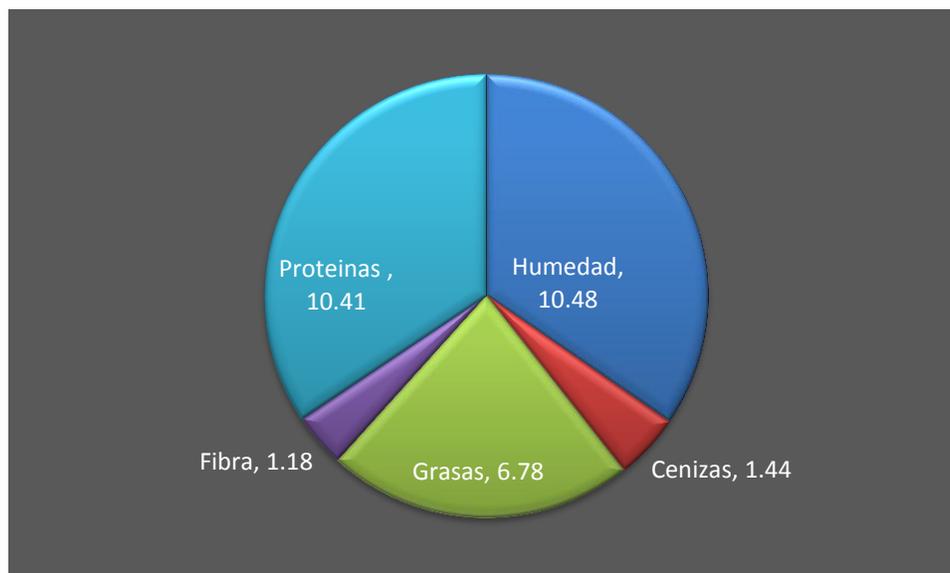
**Grafico 10**

**Resultados para variedad Pinolero # 1**



**Grafico 11**

**Resultados para variedad INTA RCV**





# ANEXO 3



**Tabla 8**

**Resultados de Análisis Físicoquímico**

Tipo de Análisis Físicoquímico	Tipo de Variedad de Harina de Sorgo Mejorada																	
	INTA Ganadero			INTA CNIA			Tortillero-Precos			INTA Trinidad			Pinolero # 1			INTA RCV		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>Humedad</b>	12.38 %	12.56 %	12.42 %	9.66 %	9.55 %	9.38 %	11.9632 %	11.9411 %	11.9230 %	9.65 %	9.50 %	9.53 %	9.25 %	9.24 %	9.23 %	10.47 %	10.54 %	10.44 %
<b>Cenizas</b>	1.6844 %	1.8588 %	1.7403 %	1.7533 %	1.8072 %	1.77 %	1.7102 %	1.8286 %	1.7585 %	1.67 %	1.63 %	1.6578 %	1.83 %	1.83 %	1.81 %	1.45 %	1.43 %	1.44 %
<b>Grasas</b>	4.65 %	4.52 %	4.57 %	5.39 %	5.43 %	5.51 %	5.48 %	5.49 %	5.45 %	5.57 %	5.52 %	5.58 %	5.44 %	5.54 %	5.48 %	6.78 %	6.78 %	6.79 %
<b>Fibra</b>	0.94 %	0.91 %	0.93 %	1.14 %	1.15 %	1.11 %	1.53 %	1.59 %	1.58 %	1.06 %	1.13 %	1.08 %	1.36 %	1.33 %	1.33 %	1.19 %	1.19 %	1.17 %
<b>Proteínas</b>	9.73 %	10.24 %	9.70 %	10.78 %	10.42 %	10.92 %	10.92 %	10.54 %	11.11 %	9.73 %	9.35 %	9.49 %	10.54 %	10.70 %	10.73 %	10.31 %	10.53 %	10.40 %



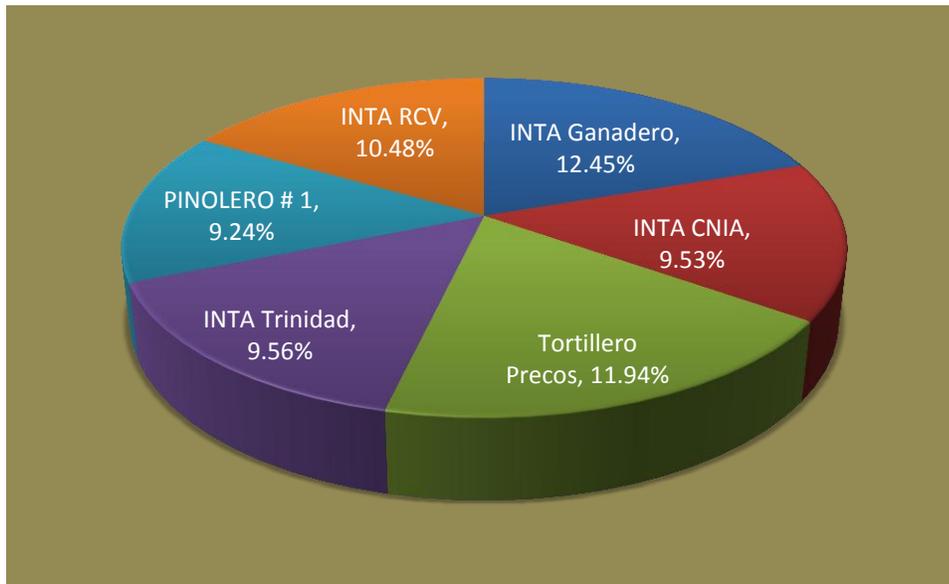
# **ANEXO 4**



## Gráficos de resultados para cada tipo de análisis

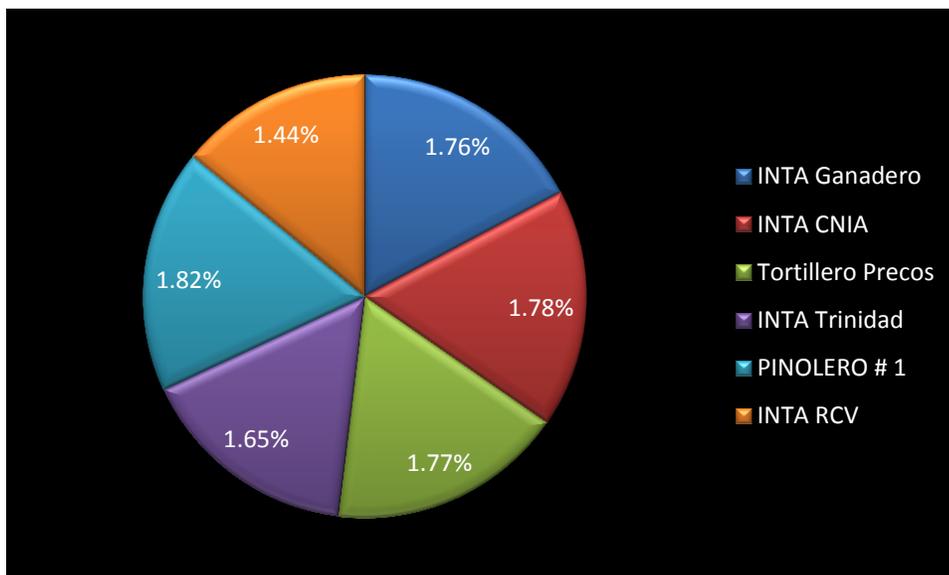
### Grafico 12

#### Análisis de Humedad



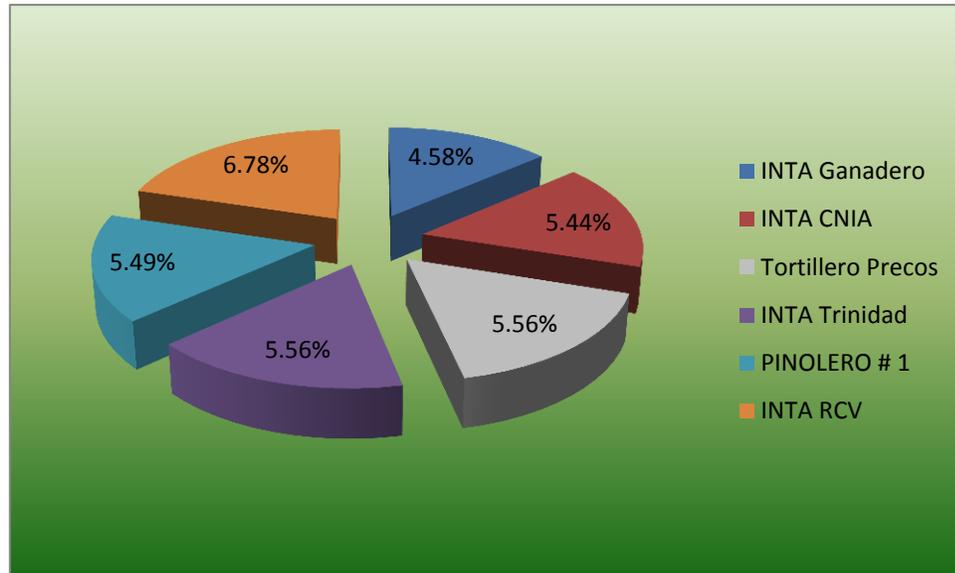
### Grafico 13

#### Análisis de Cenizas

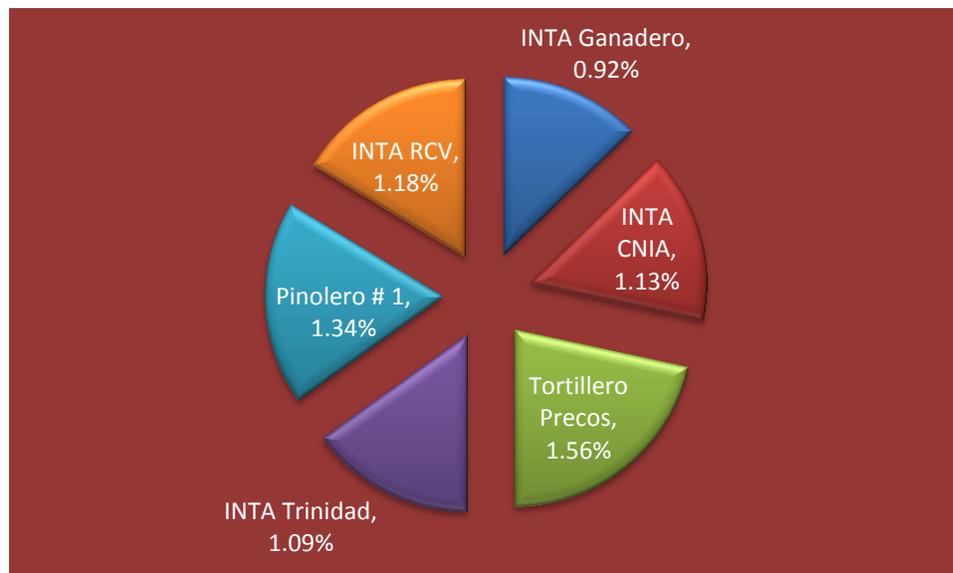




**Grafico 14**  
**Análisis de Grasa**



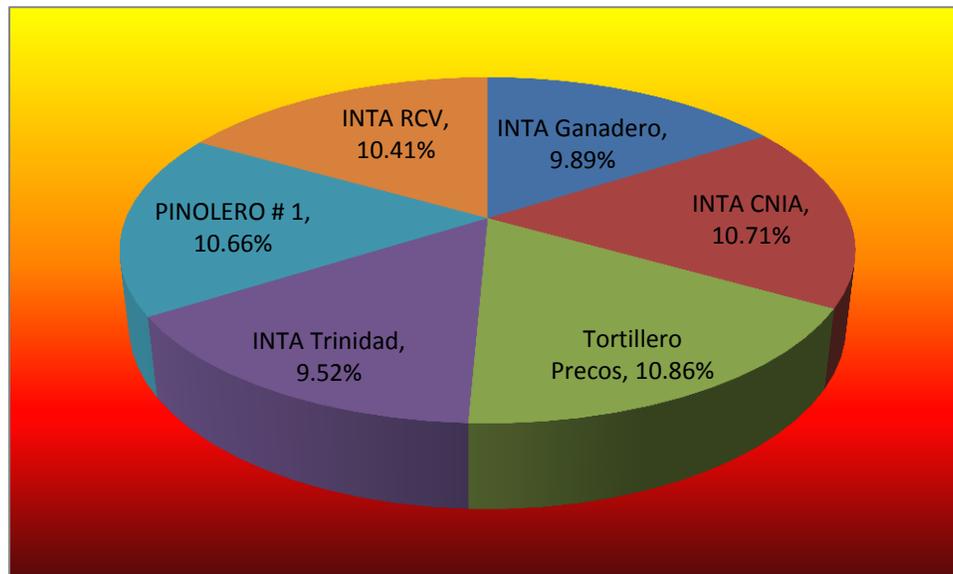
**Grafico 15**  
**Análisis de Fibra**





## Grafico 16

### Análisis de Proteínas





# ANEXO 5



## NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE SORGO

CODEX STAN 173-1989

### 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

- 1.1 La presente Norma se aplica a la harina de sorgo destinada al consumo humano directo, según se define en la sección 2.1 más adelante.
- 1.2 Esta Norma no se aplica a la sémola o a la harina sin cerner obtenidas del *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

### 2. DESCRIPCIÓN

La harina de sorgo es el producto que se obtiene de granos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench mediante un proceso de molienda industrial en el curso del cual se elimina el tegumento y gran parte del germen y se tritura el endosperma hasta alcanzar un grado de finura apropiado.

### 3. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

#### 3.1 Factores de calidad – generales

- 3.1.1 La harina de sorgo deberá ser inocua y apropiada para el consumo humano.
- 3.1.2 La harina de sorgo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
- 3.1.3 La harina de sorgo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

#### 3.2 Factores de calidad – específicos

##### 3.2.1 Contenido de humedad 15,0 % m/m máximo

Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.

- 3.2.2 **Contenido de tanino.** El contenido de tanino de la harina de sorgo no deberá exceder del 0,3 % respecto a la materia seca.

### 4. CONTAMINANTES



#### **4.1 Metales pesados**

La harina de sorgo deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

#### **4.2 Residuos de plaguicidas**

La harina de sorgo deberá ajustarse a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

#### **4.3 Micotoxinas**

La harina de sorgo deberá ajustarse a los límites máximos para micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

### **5. HIGIENE**

5.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de esta Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del *Código Internacional de Prácticas Recomendado – Principios Generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP 1-1969), y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.

5.2 En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.

5.3 Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:

- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y
- no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

### **6. ENVASADO**

6.1 La harina de sorgo deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

6.2 Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

6.3 Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

### **7. ETIQUETADO**



Además de los requisitos de la *Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados*(CODEX STAN 1-1985) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

### **7.1 Nombre del producto**

7.1.1 El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será “harina de sorgo”.

### **7.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor**

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañen, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

## **8. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO**

Véase textos relevantes del Codex sobre métodos de análisis y muestreo.



## APÉNDICE

En los casos en que figure más de un límite de factor y/o método de análisis se recomienda encarecidamente a los usuarios que especifiquen el límite y método de análisis apropiados. <b>Factor/Descripción</b>	<b>Límite</b>	<b>Método de análisis</b>
<b>CENIZA</b>	Mín.: 0,9 % referido al producto seco - y –Máx.: 1,5 % referido al producto seco	AOAC 923.03/ICC 104/1 - Método de determinación de la ceniza en cereales y productos a base de cereales (Incineración a 900 °C) (Método del Tipo I)- o –ISO 2171:1980 - Cereales, legumbres y productos derivados - Determinación de la ceniza
<b>PROTEÍNA (N x 6,25)</b>	Mín.: 8,5 % referido al producto seco	ICC 105/1 (1986) - Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos de cereales para alimentos de consumo humano y para piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (Método del Tipo II) - o –ISO 1871:1975
<b>GRASA NO REFINADA</b>	Mín.: 2,2 % referido al producto seco - y –Máx.: 4,7 % referido al producto seco	AOAC 945.38F; 920.39C - o –ISO 5986:1983 - Forrajes - Determinación del extracto de éter dietílico
<b>FIBRA BRUTA</b>	Máx.: 1,8 % referido al producto seco	ICC 113:1972 - Determinación del índice de fibra bruta (Método del Tipo I) - o –ISO 6541:1981 - Productos alimenticios agrícolas - Determinación del contenido de fibra bruta - Método de Scharrer modificado
<b>COLOR</b>	LÍMITES: de 18 a 30 unidades	Método colorimétrico de Kent Jones utilizando el graduador de colores Martin. En “Modern Cereal Chemistry”, 6ª Ed. 1967, editado por Kent Jones-Amos, publicado por FoodTradePress Ltd., Londres, Reino Unido. (Método del Tipo I)



<b>TAMAÑO DE LA PARTÍCULA (GRANULOSIDAD)</b>	Mín.: El 100 % de la harina deberá pasar a través de un tamiz en el cual la dimensión de los orificios de la malla sea de 0,5 mm de diámetro para la harina “fina” y de 1 mm para la harina “media”	AOAC 965.22 (Método del Tipo I con especificaciones del tamiz como en ISO 3310/1 - 1982 Tamices de ensayo)
--	---	--