

**UNIVERSIDAD DE ELSALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**GRANULOMETRÍA EN HARINAS Y CONTENIDO DE TANINOS EN EL
GRANO DE SORGOS CRIOLLOS CULTIVADOS EN SEIS
DEPARTAMENTOS DE EL SALVADOR**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

**MILDRED AMPARO SANDOVAL
ANA YANETH VALENCIA RODRÍGUEZ**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA**

AGOSTO DE 2005

SAN SALVADOR, EL SALVADOR CENTROAMERICA



©2004, DERECHOS RESERVADOS

**Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador**

<http://virtual.ues.edu.sv/>

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO ARÉVALO

SECRETARIA

MSc. MIRIAM DEL CARMEN RAMOS DE AGUILAR

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

LICDA. MARIA CONCEPCION ODETTE RAUDA ACEVEDO

ASESORA DE ÁREA DE MICROBIOLOGÍA

LICDA. CORALIA GONZALEZ DE DIAZ

ASESORA DE ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL

LICDA. CECILIA HAYDEE GALLARDO DE VELASQUEZ

DOCENTE DIRECTORA

ING. LAVINIA HIDALGO DE MEDRANO

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO

Por ser mi padre, mi amigo en todo tiempo, enseñándome siempre el camino que debo seguir manifestándose en cada uno de los momentos de mi vida y mostrarme su misericordia, amor y fidelidad día con día cumpliendo su propósito en mi.

Por suplir todas mis necesidades y darme la victoria.

A MI FAMILIA

Por toda su ayuda, comprensión y sacrificios que me brindaron con especial amor y cariño.

A MIS CATEDRATICOS

Por compartir conmigo sus conocimientos y de quienes aprendí mucho durante mis años de estudio.

A MIS ASESORAS

Con todo respeto y aprecio por guiarnos en los últimos peldaños de nuestra carrera.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Por todo el amor, apoyo y comprensión que me brindaron siempre.

Mildred Amparo Sandoval

DEDICATORIA

A Dios Misericordioso y María Auxiliadora por su Amor, y por haberme dado fortaleza durante mi vida y mi carrera.

A mi madrina la Doctora Virginia del Pilar Minero, por ser el instrumento elegido por Dios para apoyarme durante mi vida y mis estudios.

A mi madre, Ana Esperanza Rodríguez por sus sacrificios y esfuerzos; y a mis hermanos Raquel, Laura y Mauricio por brindarme su comprensión.

A todos mis amigos y amigas por su apoyo y cariño.

A todas aquellas personas que de forma directa o indirecta contribuyeron con este triunfo.

Ana Yaneth Valencia Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) y al programa INTSORMIL por su total apoyo a esta investigación.

A todo el personal de las Agencias de extensión del CENTA ubicadas en Ahuachapán, Cara Sucia, Chalatenango, Nueva Concepción, San Juan Opico, Atiocoyo, Guacotecti, Sonsonate, El Peñón y Texistepeque por su valiosa colaboración durante el desarrollo del trabajo de campo de esta investigación; así mismo al personal del Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Laboratorio de Química Agrícola y Laboratorio de Suelos de la misma institución por su asesoría en la realización de la parte experimental y proporcionarnos todo lo necesario para la misma.

A la Licenciada María Elisa Vivar de Figueroa por sus aportes a esta investigación.

A la Licenciada Vilma Ruth Calderón de Zacatares e Ingeniero Lavinia Hidalgo de Medrano por su invaluable asesoría, dedicación y cariño durante el curso de la investigación.

Mildred Amparo Sandoval

Ana Yaneth Valencia Rodríguez

INDICE

Contenido	Pág.
Abreviaturas	
Resumen	
CAPITULO I	
1.0 INTRODUCCION	xix
CAPITULO II	
2.0 OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
CAPITULO III	
3.0 MARCO TEORICO	24
3.1 GENERALIDADES SOBRE SORGO	24
3.1.1 Descripción botánica	24
3.1.1.1 Clasificación Taxonómica	24
3.1.1.2 Morfología de la planta	24
3.2 ASPECTOS AGRONÓMICOS.	31
3.2.1 Requerimientos de clima y suelo.	31
3.2.2 Desarrollo de la planta de sorgo y fotoperíodo	31
3.2.3 Siembra	32
3.2.4 Cosecha	33
3.2.5 Desgrane	33

3.2.6 Limpieza	33
3.2.7 Almacenamiento	34
3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE SORGO	34
3.3.1 Taninos	34
3.3.2 Contenido de proteínas	36
3.3.3 Contenido de lípidos	38
3.3.4 Contenido de carbohidratos	38
3.3.5 Vitaminas y minerales	39
3.3.6 Polifenoles	39
3.4 GENERALIDADES DE LA HARINA DE SORGO	41
3.4.1 Composición esencial y factores de calidad	41
3.4.1.1 Factores de calidad generales	41
3.4.1.2 Factores de calidad específicos	42
3.4.2 Molienda	42
CAPITULO IV	
4.0 DISEÑO METODOLOGICO	45
4.1 Investigación Bibliográfica	45
4.2 Investigación de campo	45
4.3 Selección de la muestra	46
4.4 Metodología experimental	48

CAPITULO V	
5.0 RESULTADOS Y ANALISIS	59
5.1 Resultados obtenidos a partir de entrevistas a agricultores	59
5.2 Resultados de análisis cualitativo y cuantitativo de taninos	63
5.3 Resultados del análisis bromatológico proximal	65
5.4 Resultados de Análisis Granulométrico	76
5.5 Ejemplo de cálculos	78
CAPITULO VI	
6.0 CONCLUSIONES	85
CAPITULO VII	
7.0 RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFIA	
GLOSARIO	
ANEXOS	

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°

- 1 Duración de cada fase de desarrollo en las plantas de sorgo dependiendo de la influencia del fotoperíodo.
- 2 Factores de calidad específicos para la harina de sorgo.
- 3 Distribución de las agencias de extensión del CENTA por departamento a investigar.
- 4 Condiciones de trabajo del equipo de absorción atómica para calcio.
- 5 Condiciones de trabajo del equipo de absorción atómica para hierro.
- 6 Preparación de los estándares para cuantificar fósforo a partir de la solución estándar de 100 ppm.
- 7 Condiciones de trabajo del equipo de absorción atómica para potasio.
- 8 Condiciones de trabajo del equipo de absorción atómica para magnesio.
- 9 Resultados de distribución de las variedades criollas de sorgo por departamento y porcentaje de personas que las cultivan.
- 10 Resultados de superficie de siembra promedio y producción promedio por cada variedad y departamento.
- 11 Resultados sobre usos que dan las personas entrevistadas al sorgo que cultivan.

- 12 Resultados de análisis de taninos por el método de blanqueo con Cloro.
- 13 Resultados de análisis de taninos por el método de vainillina-HCl Modificado.
- 14 Resultados de determinación de porcentaje de humedad.
- 15 Resultados de determinación de porcentaje de proteína.
- 16 Resultados de determinación de porcentaje de grasa.
- 17 Resultados de determinación de porcentaje de fibra cruda.
- 18 Resultados de determinación de porcentaje de ceniza.
- 19 Resultados de determinación de porcentaje de carbohidratos.
- 20 Resultados de determinación de porcentaje de calcio.
- 21 Resultados de determinación de porcentaje de hierro.
- 22 Resultados de determinación de porcentaje de fósforo.
- 23 Resultados de determinación de porcentaje de potasio.
- 24 Resultados de determinación de porcentaje de magnesio.
- 25 Resumen sobre resultados de análisis bromatológico de harinas de sorgos criollos en seis departamentos de El Salvador.
- 26 Resultados de análisis granulométrico en harinas de las variedades criollas resultantes.

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°

- 1 Secciones esquemáticas de una semilla de sorgo.
- 2 Mapa de zonas productoras de sorgo por superficie, producción y rendimiento correspondiente al ciclo agrícola 2002/2003.
- 3 Harina de la variedad criolla Cacho de chivo
- 4 Harina de la variedad criolla Chapín
- 5 Harina de la variedad criolla Chilezo
- 6 Harina de la variedad criolla Corona
- 7 Harina de la variedad criolla De leche
- 8 Harina de la variedad criolla Enanón
- 9 Harina de la variedad criolla Maicillón
- 10 Harina de la variedad criolla Mano de piedra
- 11 Harina de la variedad criolla Pecho de paloma
- 12 Harina de la variedad criolla Peruano amarillo
- 13 Harina de la variedad criolla Peruano blanco
- 14 Harina de la variedad criolla Piña
- 15 Harina de la variedad criolla Punta de lanza
- 16 Harina de la variedad criolla Riñón

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

- 1 Secciones esquemáticas de la semilla de sorgo
- 2 Mapa de zonas productoras de sorgo por superficie, producción y rendimiento correspondiente al ciclo agrícola 2002/2003.
- 3 Boleta de recolección de datos sobre sorgos criollos en los departamentos de Ahuachapán, Chalatenango, La Libertad, Cabañas, Sonsonate y Santa Ana; dirigida a agricultores que cultivan sorgo criollo.
- 4 Resultados de análisis de harina de sorgo realizados por CENTA.
- 5 Materiales, equipo, reactivos y métodos usados en los diferentes análisis.
- 6 Color de harinas de las variedades criollas de sorgo investigadas

**NOMENCLATURA USADA PARA LAS VARIEDADES CRIOLLAS
INVESTIGADAS**

- 1 Cacho de chivo
- 2 Chapín
- 3 Chilezo
- 4 Corona
- 5 De Leche
- 6 Enanón
- 7 Maicillón
- 8 Mano de piedra
- 9 Pecho de paloma
- 10 Peruano amarillo
- 11 Peruano blanco
- 12 Piña
- 13 Punta de lanza
- 14 Riñón
- 15 Tres mujeres

ABREVIATURAS

AOAC: Association of Official Analytical Chemistry

Carb: Carbohidratos

Cen: Cenizas

CENTA: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

F.C: Fibra cruda

Gra: Grasa

Hum: Humedad

Prot: Proteína

RESUMEN

Debido a la importancia de generar nuevas alternativas alimenticias, en el presente trabajo se investigaron las variedades de sorgo criollo más cultivadas en seis departamentos de El Salvador. La realización del mismo, se basó en datos estadísticos proporcionados por la División General de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería, determinándose que en el año 2002-2003 los departamentos con mayor volumen de producción de sorgo fueron: Ahuachapán, Chalatenango, La Libertad, Cabañas, Sonsonate y Santa Ana, los cuales constituyeron los departamentos en estudio para esta investigación.

Con la ayuda de las agencias de extensión del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal(CENTA) ubicadas en los departamentos antes mencionados, se realizaron un total de 72 entrevistas a agricultores que cultivan sorgos criollos, recolectándose 15 variedades de este tipo correspondientes a la cosecha de enero de 2004 y proporcionadas por los agricultores entrevistados. Dichas variedades fueron: Cacho de chivo, Chapín, Chilezo, Corona, De leche, Enanón, Maicillón, Mano de piedra, Pecho de paloma, Peruano amarillo, Peruano blanco, Piña, Punta de lanza, Riñón y Tres mujeres. A estos sorgos se les realizaron los siguientes análisis: Prueba cualitativa de Taninos utilizando el método de blanqueo con cloro, dando resultado positivo las variedades Peruano blanco y Piña , en las cuales posteriormente se cuantificaron estos compuestos usando el método de vainillina modificado. Luego se realizó el análisis

bromatológico proximal y granulométrico en harinas obtenidas de todas las variedades en estudio.

Como resultado de esta investigación pudo observarse que la variedad Enanón reúne las mejores características: Mayor producción promedio (45QQ/Mz), no presentó taninos, fue la segunda variedad con mayor porcentaje de proteína, obtuvo niveles intermedios de grasa, fibra cruda, carbohidratos y minerales, además originó la harina más fina respecto a las otras variedades criollas analizadas, la cual es más apropiada para panificación.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCIÓN

Los granos básicos representan uno de los más importantes componentes de la nutrición y seguridad alimentaria en el mundo. Uno de los más consumidos es el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), el cual sirve para alimentación animal y en menor escala para consumo humano, ya que ha demostrado ser un buen sustituto del maíz. Por esta razón es importante velar por la calidad nutricional y todas aquellas características que permitan utilizarlo con un máximo de eficiencia.

A nivel nacional e internacional se han llevado a cabo estudios sobre sorgo relacionados a esta investigación

Según lo reportado en la Encuesta de Propósitos Múltiples de la División de Estadísticas Agropecuarias del MAG año 2002 - 2003, en El Salvador, el sorgo se sitúa en segundo lugar después del maíz en cuanto a volumen de producción en quintales; en este mismo año agrícola se observó una superficie de siembra de 109,124 Mz obteniéndose un 74.56% de producción de sorgo criollo y un 24.44% de variedad mejorada. Los departamentos del país donde más alto rendimiento se obtuvo fueron Ahuachapán, Sonsonate, Chalatenango, La Libertad, Cabañas y Santa Ana ⁽¹⁰⁾.

En esta Investigación se trabajó con variedades criollas de sorgo cultivadas en los departamentos antes mencionados, estas variedades están mejor adaptadas al sistema maíz-sorgo, son más resistentes a la sequía y además no requieren de muchos insumos para obtener rendimientos aceptables.

En El Salvador existe poca información sobre sorgos criollos, y a pesar de estar realizándose esfuerzos para aumentar el uso industrial de este cultivo, aún no se han logrado cambios sustanciales en este aspecto. Debido a ello, este trabajo enfocó dos aspectos principales : Primero se investigó cuáles son las variedades de sorgo criollo más cultivadas en los departamentos en estudio correspondientes a la cosecha de enero de 2004, con la ayuda de las agencias de extensión del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), realizándose 72 entrevistas a agricultores que cultivan este tipo de sorgos y obteniéndose por medio de ellos, las muestras de 15 variedades de dicha cosecha, las cuales se utilizaron para los análisis en este estudio. El segundo aspecto fue conocer la presencia o ausencia de taninos en el grano de estas variedades, cuantificando estos compuestos en aquellos que los presentaron; además se realizó el análisis bromatológico y granulométrico en la harina procedente de las mismas; llevando a cabo las determinaciones en los laboratorios de Química Agrícola y Tecnología de Alimentos de CENTA.

Los estudios de las características nutricionales, taninos y granulometría de sorgos criollos se realizaron para generar resultados útiles para quienes procesan y cultivan este tipo de sorgos, y necesiten utilizarlos como alternativa para la elaboración de diferentes productos, potencializando así el uso de este grano en la industria y ampliando las opciones de alimentación para consumo humano y animal en El Salvador.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar granulometría en harinas y contenido de taninos en el grano de sorgos criollos cultivados en seis departamentos de El Salvador.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

2.2.1 Identificar las variedades de sorgos criollos mas cultivadas en los departamentos de Ahuachapan, Chalatenango, La Libertad, Cabañas, Sonsonate y Santa Ana.

2.2.2 Determinar la presencia de taninos en el grano de los sorgos criollos investigados y cuantificar su contenido en aquellos que los presenten.

2.2.3 Realizar el análisis bromatológico proximal y granulométrico en harinas de las variedades de sorgos criollos investigadas.

2.2.4 Dar a conocer los resultados obtenidos a la institución involucrada para su posterior divulgación a los usuarios de la misma.

CAPITULO III
MARCO TEORICO



©2004, DERECHOS RESERVADOS

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

<http://virtual.ues.edu.sv/>

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1. GENERALIDADES SOBRE SORGO

El sorgo (*Sorghum bicolor* L.Moench) es un cultivo originario de África occidental, que se introdujo en Centroamérica con los esclavos negros (Siglos XVI-XVII).

En Asia y África es el alimento básico y se usa como materia prima en elaboración de bebidas alcohólicas.

Compite con el maíz en zonas húmedas y sub-húmedas, aumentando la superficie de cultivo.

3.1.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

3.1.1.1 Clasificación Taxonómica.

Genero: *Sorghum*

Especie: *bicolor*

Familia: *gramínea*

Orden: *gumifloras*

Clase: *monocotiledóneas*

División: *antofitas*

Subdivisión: *angiosperma*

3.1.1.2 Morfología de la planta.

Tallo

El sorgo es generalmente una planta con un solo tallo, pero tiene capacidad de ahijamiento. La altura varía desde 45 cm hasta 4m y depende del número de nudos, así como también de las longitudes del entrenudo, pedúnculo y panícula (9).

Los tallos pueden tener de 7 a 24 nudos, los cuales son erectos, sólidos, con corteza dura y una médula más suave; el diámetro del tallo varía entre 5 a 30mm en la base. La médula es jugosa o seca, dulce o insípida. Se forma una yema en cada nudo excepto en el nudo terminal.

Cuando se produce ahijamiento en los tipos más cortos, los hijos son generalmente más largos que el tallo principal.

Pedúnculo

El entrenudo más alto que lleva la inflorescencia es el pedúnculo y es siempre el más largo.

Hojas

El número de hojas varía de 7 a 24 según la variedad y la longitud del período de crecimiento. Las hojas son erectas hasta casi horizontales y se encorvan con la edad.

Las hojas maduras miden de 30 a 135cm de longitud y de 1.5 a 15cm de ancho. Son alternas y lanceoladas o linear-lanceoladas con una superficie superior lisa y cerosa.

Los márgenes de las hojas son ásperos o lisos y pueden ser peludos hacia la punta. Los estomas están en fila sencilla o doble en ambas superficies de la lámina. Filas de células motoras en la epidermis superior facilitan el enrollamiento rápido hacia adentro de las hojas durante los períodos de sequía. La vena central es prominente, convexa abajo y cóncava arriba; blanca o amarilla en variedades con médula seca y verde en aquellas con médula jugosa.

La última hoja producida es la hoja bandera y su vaina protege la inflorescencia que está emergiendo⁽⁹⁾.

Raíz

La radícula sencilla, es responsable del establecimiento de la plántula y es temporal. El sistema radicular adventicio fibroso se desarrolla de los nudos más bajos del tallo. La profundidad de enraizado es generalmente de 1 a 1.3 metros con 80% de las raíces en los primeros 30cm⁽⁹⁾.

Los pelos absorbentes pueden ser el doble en número que en el maíz. Las raíces de soporte pueden crecer de primordios radiculares, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes⁽⁹⁾.

Inflorescencia

La inflorescencia es una panícula de racimos con un raquis central completamente escondido por la densidad de las ramas de la panícula o totalmente expuesto. La excerción de la panícula es importante para la cosecha mecanizada y para la tolerancia a pestes y enfermedades.

La panícula es corta o larga, suelta, abierta y compacta o semicompacta; puede tener de 4 a 25 cm de largo, de 2 a 20 cm de ancho y llevar de 400 a 8000 granos. El raquis puede ser largo o corto, grueso o delgado, estriado, acanalado, peludo o glabro y con varias ramas en cada nudo. Sus ramas están en verticilos y pueden ser largas o cortas, delgadas o gruesas, rígidas o flexibles, peludas o glabras y ramificadas cerca de la base o en la punta. El raquis puede tener ramas secundarias y terciarias que llevan racimos de espiguillas. Cada racimo tiene una o varias espiguillas en pares, una sésil y la otra pedicelada. Los entrenudos varían en longitud, espesor y pubescencia. La longitud de los raquis y ramas y la proximidad entre estas, determinan la forma de la panícula.⁽⁹⁾

Grano

El grano de sorgo o cariósipide esta compuesto de tres partes principales: La cubierta exterior (pericarpio), el tejido de almacenamiento o reserva (endosperma) y el embrión (germen) (ver anexo1) ⁽⁹⁾.

Pericarpio

El pericarpio esta dividido en tres partes; Epicarpio, mesocarpio y endocarpio.

El epicarpio es la porción más externa del grano y consiste de la epidermis (una capa de células rectangulares de paredes gruesas recubiertas por la cutícula o capa de entina la cual tiene un alto contenido de cera, que protege al grano física y químicamente) y la hipodermis.

El mesocarpio es de un espesor variable con células grandes y alargadas y con paredes delgadas. Gránulos de almidón de un tamaño de entre 1 y 4 μm , se encuentran embebidos en una matriz citoplasmática que le confiere al mesocarpio una apariencia almidonosa, cetrácea o traslúcida. Ningún otro tipo de cereal contiene almidón en su pericarpio. ⁽⁹⁾

El espesor del mesocarpio afecta la resistencia a los mohos; sorgos con un mesocarpio grueso son generalmente menos resistentes.

Para la molienda manual, es preferible un mesocarpio grueso y feculento, asociado con un endosperma duro ⁽⁹⁾

El endocarpio es la capa más interna del pericarpio y consiste de células cruzadas que son largas y angostas, con su eje mayor perpendicular al eje mayor del grano. Las células tubulares y cruzadas parecen ser el principal punto de rompimiento cuando se remueve el pericarpio durante la molienda seca del grano. ⁽⁹⁾

Testa

La testa se desarrolla justo debajo de las células cruzadas y tubulares. La testa es altamente pigmentada y contiene todos o la mayoría de los taninos condensados del grano.

Un grano con un pericarpio blanco puede tener una testa altamente pigmentada, pueden existir pericarpios pigmentados sin testa en el grano. La estructura celular definida de la testa se cambia a una capa continua conforme se expande el endosperma con la madurez.

La testa está unida al pericarpio formando juntos la cubierta de la semilla de aproximadamente 0.5 μm de espesor. ⁽⁹⁾

Endosperma

Consiste de la capa de aleurona y de las porciones periférica, córnea y harinosa, las cuales forman el 84% del peso seco del grano⁽⁸⁾. La capa de aleurona es un estrato localizado directamente bajo el pericarpio o bajo la testa cuando ésta se encuentra presente. Las células de aleurona tienen corpúsculos esféricos de varios tamaños los cuales tienen proteína (principalmente prolaminas), fitina, grasa, grandes cantidades de minerales, vitaminas hidrosolubles y enzimas autolíticas. En esta capa no hay gránulos de almidón y desempeña un papel esencial en la autólisis y movilización de los componentes del grano durante la germinación. La capa de aleurona es generalmente incolora, pero el ataque de insectos o enfermedades puede provocar su pigmentación por antocianinas. ⁽⁹⁾

La porción periférica consta de 2 a 6 capas de células pequeñas y gruesas que contienen gránulos de almidón embebidas en una matriz proteica. La proteína está constituida principalmente por glutelinas, proteínas solubles en álcali y prolaminas. Estas últimas existen en pequeñas esferas llamadas corpúsculos de proteína; la proteína de la matriz y la alta concentración de corpúsculos de proteína, reducen el contacto entre los gránulos de almidón y las enzimas digestivas, haciendo de esta manera inaccesible para su utilización, la mayor parte del almidón ⁽⁹⁾

La porción córnea es dura, cristalina, con gránulos de almidón, con depresiones que alojan corpúsculos de proteína.

El número y tamaño de los corpúsculos proteínicos parecen relacionados con el contenido de lisina de la semilla. El enlace almidón-proteína es muy fuerte, confiriendo una textura dura a esta capa. ⁽⁹⁾

La porción harinosa contiene gránulos de almidón con espacios de aire entre ellos. La difracción de la luz por estos espacios de aire es responsable de la apariencia opaca. ⁽⁹⁾

Las pequeñas cantidades de proteína de la matriz se encuentran esparcidas en láminas delgadas y discontinuas sobre la superficie de los gránulos de almidón. Esta capa es la de contenido proteínico más bajo. Es suave y altamente susceptible al ataque de las enzimas, ayudando de esta manera a la disponibilidad del almidón. ⁽⁹⁾

La textura del endosperma es relativa a las porciones córnea y harinosa y esto afecta las propiedades de procesamiento del grano.

Una porción córnea más alta, da un mejor rendimiento en la molienda seca y ayuda en la resistencia a insectos.

Embrión

El embrión o germen constituye cerca de 10% del peso seco del grano y consiste del eje embrionario y el escutelo. Las células del escutelo facilitan el movimiento de la humedad, los nutrientes y microorganismos hacia la parte

interior de las raíces en desarrollo y de los tejidos de la hoja del eje embrionario durante la germinación. ⁽⁹⁾

Otras dos porciones anatómicas del grano de sorgo son el área estilar y el hilo. El área estilar tiene algunas veces pigmentos que manchan el grano y también actúa como punto de entrada para la humedad y los microorganismos que se mueven hacia la parte interior del pericarpio. ⁽⁹⁾

3.2 ASPECTOS AGRONÓMICOS.

3.2.1 Requerimientos de clima y suelo.

El sorgo puede sembrarse desde los 0 hasta los 1000 m de altura con buenos resultados de rendimiento de grano. Responde muy bien en suelos fértiles o relativamente pobres y con un pH entre 5.5 a 8.0. También se adapta a terrenos planos, quebrados y pedregosos. Se adapta a regiones con lluvia promedio de 400 a 6550 milímetros anuales. Es muy tolerante a la sequía, especialmente las variedades locales criollas. ⁽⁸⁾

3.2.2 Desarrollo de la planta de sorgo y fotoperíodo

El desarrollo de algunas variedades de sorgo es influenciado por el fotoperíodo, el cual es la reacción del crecimiento de las plantas a la duración de los periodos de luz y oscuridad del día. Dependiendo del comportamiento de las plantas a este, se pueden clasificar en días cortos, largos y neutros. ⁽⁶⁾

En Centroamérica, la mayoría de variedades criollas florecen cuando los días son cortos (agosto-octubre). En cambio, las variedades mejoradas, por lo general, florecen tanto en días cortos como largos. ⁽⁶⁾

3.2.2.1 Fases del desarrollo

El desarrollo del sorgo consiste de tres fases: vegetativa, reproductiva y la formación de la semilla.

La fase vegetativa comprende: Germinación, crecimiento del sistema radicular, desarrollo del tallo y de las hojas.

La fase reproductiva empieza con el inicio de la formación de la panoja, para transformarse en inflorescencia y finalizar con la fecundación.

La fase de formación de la semilla, se centra en el desarrollo de la misma y también en la pérdida de las hojas.⁽⁶⁾

La duración de cada fase depende de la influencia del fotoperíodo en el desarrollo de las plantas:

Cuadro N° 1. Duración de cada fase de desarrollo dependiendo de la influencia del foto período en las plantas de sorgo.

VARIEDAD	FASE	DURACIÓN
Sensible al fotoperíodo	Vegetativa	90 días
	Reproductiva	45 días
	Formación de la semilla	45 días
Insensible al fotoperíodo	Vegetativa	30 días
	Reproductiva	30-60 días
	Formación de la semilla	60-90 días

3.2.3 Siembra

La parcela para producción de semilla de sorgo debe sembrarse entre los meses de agosto y septiembre, tanto para variedades sensibles como insensibles al fotoperíodo.

Las siembras durante esta época facilitan la cosecha, secado, aporreo y almacenamiento de la semilla, al coincidir la cosecha con el inicio de la época seca. Para sembrar es necesario que el terreno esté húmedo.

3.2.4 Cosecha

La cosecha del sorgo consiste en cortar la panícula de la planta después que esta ha llegado a su madurez fisiológica. A la cosecha, la semilla tiene un contenido de humedad entre 30 a 35%.

La época recomendada para la cosecha es cuando no hay lluvias y cuando la semilla ha perdido humedad. Esto ocurre de 8 a 10 días después de alcanzar la madurez fisiológica.

Se recomienda hacer la cosecha de forma manual, colocando las panículas dentro de un saco o canasta.

Para facilitar el desgrane se recomienda reducir la humedad de la semilla al 14 - 16%. Para ello es necesario exponer las panojas al sol de dos a tres días. No exponer las panojas durante las horas de mayor calor.

3.2.5 Desgrane

El desgrane o trilla puede hacerse en forma manual o mecánica.

La trilla o aporreo manual se hace golpeando las panojas con una vara plana, ya sea en el suelo o sobre estructuras hechas con madera o ramas que permiten aporrear la semilla en la parte superior y dejan pasar la semilla en la parte inferior. Debajo se coloca un material que impide el contacto de la semilla con el suelo.

3.2.6 Limpieza

Una vez que la semilla ha sido desgranada, es necesario limpiarla. Se puede hacer usando dos zarandas, cada una con agujeros de diferente tamaño. Se coloca la zaranda con agujeros de mayor tamaño arriba de una zaranda con agujeros pequeños.

3.2.7 Almacenamiento

Factores que afectan el almacenamiento:

- Contenido de humedad: Si se quiere almacenar la semilla por un periodo de 8 a 12 meses, el contenido de humedad de la semilla debe ser menor del 13%.
- Temperatura ambiental: Para que la semilla conserve su calidad por un año, se requiere una temperatura fresca.
- Humedad: Se recomienda almacenar la semilla en recipientes que no absorban humedad.

La semilla se puede almacenar en silos, barriles de metal, recipientes de plástico u otro material impermeable. Se debe procurar que el recipiente donde se almacena la semilla no quede en contacto con el suelo.

3.3 COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE SORGO

3.3.1 Contenido de taninos

Existen dos clases:

-Taninos hidrolizables.

Los taninos hidrolizables, cuando están presentes en el sorgo, se les encuentra solamente en trazas. ⁽⁹⁾

-Taninos condensados (no hidrolizables). Estos son los únicos taninos que se encuentran en el sorgo en cantidades importantes.

Los taninos condensados son los compuestos fenólicos más abundantes se ligan a las proteínas y las precipitan, reduciendo de esta manera tanto la proteína total como su digestibilidad e inhibiendo la actividad de varios sistemas enzimáticos, incluyendo las amilasas y posiblemente las lipasas y proteasas. Los taninos de sorgo pueden inmovilizar al menos 12 veces su propio peso de proteína.

Se ligan más fuertemente a las moléculas grandes de proteína y a las proteínas altas en los aminoácidos prolina y metionina. Los tipos de sorgo cafés causan una reducción de 10 a 30% o más en eficiencia alimentaria, en comparación con el sorgo amarillo. Los taninos también reducen el valor biológico y la palatabilidad y aumentan la excreción de nitrógeno fecal ⁽⁹⁾.

Las proantocianidinas de enlaces cortos (taninos) son demasiado cortas para precipitar efectivamente las proteínas, son precursoras de los taninos más polimerizados. Conforme la semilla se seca, por madurez o antes por cualquier daño físico, los precursores son rápidamente polimerizados a taninos ⁽⁹⁾.

La estructura celular de la testa esta finalmente ligada por una capa casi continua de taninos, algunas veces con dos capas sobrepuestas.

Desde el inicio de su desarrollo, la semilla está lista para producir productos químicos tóxicos para defenderse cuando sea necesario.

Estos son los taninos altamente polimerizados los cuales están presentes solamente en trazas hasta que el desarrollo de la semilla es completo. De esta manera hay interferencia mínima de los taninos con los procesos metabólicos que ocurren durante el desarrollo de la semilla ⁽⁹⁾.

Los sorgos con alto contenido de taninos siempre tienen una testa pigmentada, la cual se forma del integumento interno.

Algunas veces se encuentran células remanentes del integumento interno en los sorgos que no tienen testas pigmentadas. Este tejido es algunas veces llamado testa no pigmentada, porque no contiene pigmentos ni taninos ⁽⁹⁾.

La testa es el sitio de mayor concentración de taninos y sus pigmentos polifenólicos asociados.

Los efectos nocivos de los taninos pueden ser reducidos o eliminados totalmente, seleccionando genotipos que no tienen testa y son bajos en taninos.

La hidrólisis alcalina o el descortezamiento abrasivo que remueve pericarpio y testa, ayudan a reducir grandemente estos efectos nocivos.

El sorgo maduro alto en taninos, es resistente al ataque de los pájaros, mientras que los tipos bajos en taninos son fácilmente atacados. Los taninos ayudan a resistir el ataque de insectos, evitan la germinación prematura e inhiben el crecimiento de mohos del grano ⁽⁹⁾.

3.3.2 Contenido de proteínas

Las proteínas de la semilla son usualmente deficientes en uno o más de tres aminoácidos esenciales los cuales son lisína, triptófano y metionina, dependiendo de la especie y la variedad de planta.

Hay dos clases principales de proteínas: Las estructurales del embrión y las de almacenamiento del endosperma y la capa de aleurona. Conforme la semilla madura, aumentan el ácido glutámico y la prolina y disminuyen lisina, metionina y otros aminoácidos básicos en proporción con el nitrógeno total.

La porción córnea tiene más proteína, prolina y ácido glutámico que la porción harinosa.

Los polifenoles presentes en los sorgos "altos en tanino", afectan adversamente la disponibilidad y digestibilidad de la proteína.⁽⁸⁾ Los valores de proteína varían de 5.0 a 19.3% con una media de 10.7%. El contenido y la composición de la proteína en el endosperma, están influenciados por el genotipo y el ambiente.

El contenido de proteína del endosperma está más influenciado por la eficacia en la absorción de nitrógeno y su translocación a la semilla, que por la cantidad

y la forma del nitrógeno aplicado al suelo.⁽⁹⁾ El nitrógeno conduce más a menudo a un mayor rendimiento de grano, que a un contenido más elevado de proteína en éste. La aplicación foliar de Nitrógeno proporciona un nivel más elevado de proteína en el grano, comparado con el que se obtiene al aplicarlo al suelo. En suelos pobres de los trópicos, la fertilización nitrogenada ha mostrado un mayor porcentaje de prolina y glutamina y menor porcentaje de lisina y triptófano. Altas densidades de plantas pueden causar también contenidos bajos de proteína.

Las proteínas del sorgo son usualmente altas en ácido glutámico, leucina, alanina y ácido aspártico. Lisina es el aminoácido más limitante. La metionina es deficiente en sorgos altos en polifenoles. La digestibilidad de la proteína del sorgo es aproximadamente 50%, la prolamina parece ser la menos digerible.⁽⁹⁾

3.3.3 Contenido de lípidos

Los ácidos grasos en las semillas de cereales son principalmente insaturados. El contenido de lípidos es más alto en el embrión y más bajo en el endosperma, con un contenido general de aproximadamente 5 a 6%. Aproximadamente 80% de los lípidos en el sorgo son no saturados y los ácidos oleico y linoléico forman 76% de todos los ácidos grasos ⁽⁹⁾.

Se ha identificado un gran número de esteroides y ésteres triterpénicos. La fracción triterpénica incluye lupanol, multíforenol, α -amirin, e isoarborinol.⁽⁹⁾

3.3.4 Contenido de carbohidratos

Las muestras de sorgo maduro contienen de 0.9 a 6.0% de azúcares de bajo peso molecular y las inmaduras tienen aproximadamente 13%. Los azúcares reductores libres son glucosa y fructosa, que muestran niveles de 0.2 a 0.9% ⁽⁹⁾.

El contenido de sucrosa es de alrededor de 0.3 a 2.1% ⁽⁹⁾.

El carbohidrato principal, en todos los cereales, es el almidón y en el sorgo su contenido es de 32 a 79%.

El pericarpio contiene de 1.2 a 5.2% de celulosa y niveles bastante altos de hemicelulosa.

Las pentosanas están en la proporción más alta en el pericarpio y las paredes de las células del germen y forman entre 3 y 5% del grano entero ⁽⁹⁾.

3.3.5 Vitaminas y minerales

El sorgo contiene niveles semejantes de Riboflavina y Piridoxina; más bajos de carotina y más altos de ácido pantoténico, niacina, colina, ácido fólico y biotina, que el maíz⁽⁹⁾. La mayoría de las vitaminas del grupo B se encuentran en el germen, Los contenidos de las vitaminas tiamina, niacina y riboflavina, son reducidos con la remoción del pericarpio y pérdidas significativas de estas vitaminas ocurren durante la molienda. Tiamina y riboflavina se pierden en alta proporción durante el cocido. La riboflavina aumenta durante la germinación.

El contenido de niacina es de aproximadamente 2.9 a 6.4 mg/100 g, lo cual se considera adecuado para la alimentación humana. Aunque ausente de los

granos secos cosechados, el ácido ascórbico se desarrolla durante la germinación. El contenido de ceniza del sorgo varía de 1.2 a 2.2% ⁽⁹⁾. Fósforo y potasio son los principales minerales en el sorgo. Una gran parte del fósforo (hasta 70%) está en la forma de fitato de fósforo el cual puede interferir con la absorción del calcio.

El contenido de hierro es mayor que en el maíz y el trigo⁽⁹⁾; pero este nivel puede ser reducido significativamente por la remoción del pericarpio. La aplicación de P_2O_5 como fertilizante, puede aumentar significativamente los niveles de Ca, Mg, P, Fe, y Mn del grano ⁽⁹⁾.

3.3.6 Polifenoles

Todos los sorgos contienen polifenoles, los cuales afectan el color, la apariencia y el valor nutritivo del grano y sus productos. Los polifenoles incluyen pigmentos de antocianina que se encuentran principalmente en el epicarpio y en la testa del grano ⁽⁹⁾ y muchos de ellos tienen desventajas nutricionales por la formación de complejos con las proteínas dietéticas y las enzimas digestivas, interfiriendo así con la digestión y la absorción ⁽⁹⁾.

Hay tres grupos básicos de polifenoles: Ácidos fenólicos, flavonoides y derivados de flavonoides que incluyen los pigmentos antocianidinas y los taninos condensados ⁽⁹⁾.

Ácidos fenólicos

En el grano de sorgo, los ácidos fenólicos se presentan como ácidos libres o como esteres solubles e insolubles; están concentrados en las capas externas del grano, solamente los esteres del ácido fenólico, insolubles y estrechamente ligados se encuentran en el endosperma.

Los ácidos fenólicos pueden formar colores indeseables bajo ciertas condiciones de preparación de los alimentos, tales como las condiciones alcalinas usadas en la preparación de las tortillas, aunque la calidad del producto no es afectada adversamente ⁽⁹⁾.

Flavonoides

Los principales flavonoides de sorgo son:

- Antocianidinas
- Catequinas
- leucoantocianidinas

En las plantas las antocianidinas y las Leucoantocianidinas a menudo son llamadas antocianinas y leucoantocianinas.

Varias antocianidinas, tales como la luteolinidina, cianidina y la apigeninidina, han sido reportadas en sorgo.

El color del pericarpio en el sorgo, parece ser atribuido a una combinación de los pigmentos antocianina, antocianidina y otros compuestos Flavonoides.

El erodictiol, fue identificado como el pigmento principal en el pericarpio de color amarillo-limón. La antocianidina leutoforol, fue identificada como el pigmento

principal en los pericarpios rojos. Como la pigmentación de antocianina es controlada por la luz, hay diferencias en color del pericarpio en el sorgo, causadas por una exposición diferencial a la luz directa del sol. ⁽⁹⁾

3.4 GENERALIDADES DE LA HARINA DE SORGO ⁽⁵⁾.

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.

3.4.1 Composición esencial y factores de calidad ⁽⁵⁾.

3.4.1.1 Factores de calidad generales

La harina de sorgo deberá ser inocua y apropiada para consumo humano.

Deberá estar exenta de sabores, olores extraños, insectos vivos y suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana⁽⁵⁾.

3.4.1.2 Factores de calidad específicos

3.4.1.2.1 Contenido de humedad: 15% m/m máximo.

Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos⁽⁵⁾.

3.4.1.2.2 Contenido de tanino

El contenido de tanino de la harina de sorgo no deberá exceder del 0.3% respecto de la materia seca⁽⁵⁾.

Cuadro Nº 2. Factores de calidad específicos para la harina de sorgo.

FACTOR / DESCRIPCIÓN	LIMITE
Ceniza	Min: 0.9% referido al producto seco Max: 1,5 % referido al producto seco
Proteína (N x 6,25)	Min: 8,5% referido al producto seco
Grasa no refinada	Min: 2,2% referido al producto seco Max: 4,7% referido al producto seco
Fibra bruta	Max: 1,8% referido al producto seco
Tamaño de la partícula (Granulosidad)	Max: 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 0,5mm de diámetro para la harina "fina" y de 1mm para la harina "media".

3.4.2 MOLIENDA

Se puede moler el grano siguiendo un tratamiento mojado o seco.

En la molienda entran en juego tres fuerzas: fricción por abrasión o cortadura (sesgado), el impacto (al golpear el grano con un martillo), y la compresión (prensando el grano). Estas tres fuerzas de alguna manera siempre están presentes pero se afianza el uso de una de ellas en detrimento de las otras dos, según el tipo de molino. No todos los granos se muelen de la misma manera.

Acondicionar el grano hasta que alcance el contenido adecuado de humedad antes de la molienda resulta muy importante para lograr separar sus partes constitutivas, si el grano esta demasiado seco será muy duro y difícil de quebrar

y requerirá de más esfuerzo para convertirlo en harina; si el grano está muy húmedo, la materia prima tenderá a adherirse a la superficie de la máquina y no se podrán separar adecuadamente los residuos. En ambos casos, la producción de harina y la calidad de la misma se verán afectadas.

No existe una regla fija para señalar un grado óptimo de humedad en el grano que se va a moler.

Este variará dependiendo del tipo de cereal y del equipo utilizado. Un método simple para determinar si el grano está adecuadamente acondicionado es colocar algunos granos en una superficie dura y golpearlos con una piedra.

El grano seco puede acondicionarse remojándolo en agua o dejándolo reposar en un envase cerrado al que se habrá añadido una pequeña cantidad de agua.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La recopilación de bibliografía se efectuó en los siguientes lugares:

Biblioteca del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA).

Biblioteca de la Escuela Nacional de Agricultura Roberto Quiñonez (ENA).

Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador en la especialidad de Ingeniería Agronómica.

Programa INTSORMIL en lo referente a literatura complementaria sobre sorgo.

Distintos sitios Web.

4.2 INVESTIGACION DE CAMPO

Se realizó una investigación de las variedades de sorgos criollos cosechadas en mayor proporción durante enero de 2004 en algunos departamentos de El Salvador.

La selección de los mismos se apoyó en los datos estadísticos que proporciona el anuario de la División de Economía Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), correspondiente al año 2002-2003 (Anexo 2), el cual refleja las zonas productoras de sorgo de acuerdo a superficie, producción y rendimiento. Se tomó en cuenta principalmente el volumen de producción en quintales, de forma que los más representativos en este sentido, fueron los departamentos de Ahuachapán, Chalatenango, La Libertad, Cabañas, Sonsonate y Santa Ana.

4.3 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Universo: todas las variedades criollas de sorgo cultivadas en los departamentos de Ahuachapán, Chalatenango, La Libertad, Cabañas, Sonsonate y Santa Ana.

Población: variedades de sorgo criollo cultivadas en las zonas atendidas por cada agencia de extensión del CENTA, correspondientes a cada departamento de los antes mencionados.

Muestra: sorgos criollos con mayor producción, en cada zona que abarcan las agencias de extensión.

Tipo de muestreo: Dirigido al Azar

Tipo de estudio: Prospectivo

Instrumentos para recolección de datos: Se contactó con las agencias de extensión del CENTA ubicadas en los departamentos antes mencionados, a través de las cuales se realizaron entrevistas a los agricultores que cultivan sorgos criollos (Ver anexo 3):

**Cuadro N° 3. Distribución de las agencias de extensión de CENTA
Por departamento a investigar.**

Departamento	Agencia de extensión
Ahuachapán	Cara Sucia Ahuachapán
Santa Ana	Texistepeque
Sonsonate	El Peñón Sonsonate
La Libertad	Atiocoyo San Juan Opico
Chalatenango	Nueva Concepción Chalatenango
Cabañas	Guacotecti

Se entrevistaron de 5 a 10 agricultores que cultivan sorgo criollo, el número de entrevistas lo definió la colaboración por parte de ellos a cada agencia de extensión antes mencionadas.(ver cuadro #3).

Para seleccionar los sorgos criollos a analizar, se tomó en cuenta el número de productores que cultivan una determinada variedad. En base a esto se solicitaron las muestras a los agricultores.

Recolección de la muestra: De los sorgos criollos con mayor producción, la cantidad de muestra tomada fue aproximadamente de 3 libras, se recolectó en bolsas de Polietileno y se almacenó luego en frascos de polietileno de alta densidad, los cuales se mantuvieron a temperatura ambiente .

4.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La muestra consistió en aproximadamente tres libras de grano de sorgo de las variedades criollas con mayor producción.

Para efectuar los análisis, la muestra se dividió en dos partes:

1 libra para análisis de taninos en grano, y 2 libras para producir la harina y realizar con ella el análisis bromatológico proximal y granulométrico de la misma. Cada una de las determinaciones se hicieron por duplicado.

Identificación de taninos

PRUEBA DE BLANQUEO CON CLORO₍₁₂₎.

(Prueba cualitativa)

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.

FUNDAMENTO:

Por medio de este método, se remueve el pericarpio del grano de sorgo por acción del cloro y el KOH, de manera que queda al descubierto la testa pigmentada que contiene los taninos.

Procedimiento (ver anexo 5).

Método de vainillina modificado para determinación de concentración de taninos⁽¹¹⁾.

(Prueba cuantitativa)

Fundamento:

Se basa en la extracción con metanol de las catequinas presentes en la muestra, las cuales al reaccionar con la vainillina forman un complejo de color rosado, que se determina por medio de un colorímetro a una longitud de onda de 500 nm.

Procedimiento (ver anexo 5).

FORMULA:

$$\text{Catequina Equivalente de Desconocido} = \frac{5 \times \text{Absorbancia Promedio}}{\text{Pendiente de Desconocido}}$$

Donde:

5= Es el resultado de multiplicar los mililitros agregados de metanol por cien y dividido entre la cantidad de muestra pesada.

Pendiente de desconocido = Es la diferencia entre las absorbancias de los estándares mayor y menor, dividido entre la diferencia resultante de la concentración de los estándares mayor y menor.

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Humedad (2)

Fundamento:

Se seca la muestra en una estufa de vacío con tiempo y temperatura controlada.

Procedimiento (ver anexo 5).

Cálculo:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(b-c) \times 100}{W}$$

Donde:

b = Peso de la cápsula con muestra húmeda

c = Peso de la cápsula con muestra seca

W = Peso de la muestra

Materia seca = 100 - % Humedad

Proteínas (2)

Fundamento:

Es la conversión del nitrógeno de las sustancias nitrogenadas en amoníaco por digestión con ácido sulfúrico concentrado en ebullición el cual es fijado por el exceso de ácido como sulfato de amonio, reaccionando el compuesto (precipitado) con un exceso de hidróxido de sodio para llevar a cabo el desprendimiento de amoníaco.

Procedimiento (ver anexo 5).

Cálculo:

$$\% \text{Prot.} = \frac{\text{ml gastados. Acido H}_2\text{SO}_4 \times \text{N} \times \text{Meq.} \times 100}{W} \times 6.25(\text{F})$$

Donde:

% Prot.: Proteína

W = Peso de muestra

N = Normalidad del ácido sulfúrico (0.025 N)

Meq= Mili equivalente de Nitrógeno = 0.014008

6.25 (F): Factor Internacional de conversión para Proteína

Extracto Etéreo (grasa) (2)

Fundamento:

El éter se evapora y se condensa continuamente y al pasar a través de la muestra extrae materiales solubles, el extracto se recoge en un balón y cuando el proceso se completa el éter se destila y se recolecta en el mismo sistema y la grasa cruda que queda en el balón se seca y se pesa.

Procedimiento (ver anexo 5).

Cálculo:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(\text{Peso balón + extracto}) - (\text{Peso balón vacío})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Nota: La muestra desengrasada que contiene el dedal de porcelana se utiliza para el análisis de fibra cruda.

Fibra cruda (2)

Fundamento:

El método empleado para la determinación, consiste en efectuar dos digestiones. La primera con ácido sulfúrico y la segunda con hidróxido de sodio. La finalidad del método es la de eliminar proteínas, carbohidratos solubles, residuos de grasas, vitaminas y otros compuestos. El fundamento del método es asemejar el proceso digestivo.

Procedimiento (ver anexo 5).

Cálculos:

$$\% \text{ F.C.} = \frac{\text{Pérdida de peso por incineración}}{\text{Peso de muestra desengrasada}} \times 100$$

Cenizas (2)

Fundamento:

La muestra se incinera a 500 y 600 ° C para quemar el material orgánico, El material inorgánico que no se destruye a estas temperaturas se llama Ceniza.

Procedimiento (ver anexo 5).

Cálculo:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{Peso de la muestra calcinada}) - (\text{Peso crisol vacío})}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Carbohidratos (2)

Este método no necesita de equipo de laboratorio y se obtiene por medio de la suma de las determinaciones de proteínas, grasa (extracto etéreo), fibra cruda y ceniza; la cual se resta de 100 y se obtiene la cantidad de carbohidratos.

Cálculo:

% de carbohidratos en base seca = $100 - (\% \text{ proteínas} + \% \text{ grasa} + \% \text{ fibra} + \% \text{ ceniza})$

Preparación de la solución de cenizas para la determinación de minerales(2).

Fundamento del método:

La ceniza se trata con ácido clorhídrico concentrado y agua destilada, se agita y calienta cerca del punto de ebullición.

Después se filtra a través de un papel filtro libre de cenizas quedando en el filtrado los minerales y en el papel filtro la sílice (2).

Procedimiento (ver anexo 5).

Determinación de Calcio por Absorción Atómica (2)

Fundamento:

La absorción atómica, es una técnica que comprende la aspiración de la muestra líquida, la cual pasa a través de una llama para ser atomizada. La técnica comprende el uso de lámpara de cátodo hueco .

El grado de absorción es proporcional a la concentración del elemento en la muestra aspirada.

Los átomos que están químicamente disociados y en su estado mínimo de energía absorben la radiación emitida en líneas discretas.

Las señales que se obtienen de los detectores se pueden expresar como porcentajes de absorción, unidades de absorbancia directamente en concentración o en forma de picos utilizando un registrador.

Procedimiento (ver anexo 5).

Cuadro Nº 4. Condiciones de Trabajo del Equipo de absorción atómica para calcio⁽⁴⁾.

Elemento	λ (nm)	Slit width	Lamp current	Energy	Gas
Ca	422.7	0.70 nm	15	72	Aire-acetileno

Cálculo:

$$\% \text{ Ca} = \frac{\text{Lectura de la muestra (ppm)} \times V_1 \times V_2}{W \times 10^6 \times A} \times 100$$

Donde:

V_1 = volumen inicial

V_2 = volumen final

W = peso de la muestra

A = Alícuota tomada

Determinación de Hierro por Absorción Atómica ⁽²⁾

Procedimiento (ver anexo 5).

Cuadro N° 5. Condiciones de Trabajo del Equipo de Absorción Atómica para Hierro⁽⁴⁾.

Elemento	λ (nm)	Slit width	Lamp Current	Voltaje	Gas
Fe	248.3	0.2 nm	5 – 15 (mA)	421 V	Aire- Acetileno

Cálculo:

$$\% \text{ Ca} = \frac{\text{Lectura de la muestra (ppm)} \times V_1 \times V_2}{W \times 10^6 \times A} \times 100$$

Donde:

V_1 = volumen inicial

V_2 = volumen final

W = peso de la muestra

A = Alícuota tomada

Determinación de Fósforo por el Método Colorimétrico ⁽²⁾

Fundamento:

Algunos constituyentes generalmente necesitan desarrollar un color por la adición de uno o más reactivos, cuando se tienen iones o sustancias débilmente coloreadas se les agrega un complejo, para que formen un sistema adecuado para la determinación de cantidades muy pequeñas del elemento a determinar.

Procedimiento (ver anexo 5).

Cuadro N° 6. Preparación de los Estándares para Cuantificar Fósforo a partir de la Solución Estándar de 100 ppm⁽⁴⁾.

Solución Estándar de Fósforo a 100 ppm	Solvente (Molibdato y Metavanadato de Amonio 1:1)	Concentración Final del Estándar
2.5	100 mL	2.5
5.0	100 mL	5.0
10.0	100 mL	10.0
20.0	100 mL	20.0

Cálculo:

$$\% P = \frac{\text{Lectura de la Muestra (ppm)} \times V_1 \times V_2}{W \times 10^6 \times A} \times 100$$

Donde:

W = peso de la muestra

A = alícuota tomada

V₁ = volumen inicial

V₂ = volumen final

Determinación de Potasio por Absorción Atómica⁽²⁾.

Procedimiento (ver anexo5).

Cuadro N° 7. Condiciones de Trabajo del Equipo de Absorción Atómica para Potasio⁽⁴⁾.

Elemento	λ (nm)	Slit width	Lamp Current	Voltaje	Gas
K	404.4	0.7 nm	5 – 15 (mA)	421 V	Aire- Acetileno

Cálculo:

$$\% K = \frac{\text{Ppm} \times \text{Volumen inicial} \times 100 \times \text{Volumen final}}{W \times 10^6 \times \text{alícuota}}$$

Donde:

W = peso de la muestra

A = alícuota tomada

V₁ = volumen inicial

V₂ = volumen final

Determinación de Magnesio por Absorción Atómica⁽²⁾.

Procedimiento (ver anexo 5).

Cuadro N° 8. Condiciones de Trabajo del Equipo de Absorción Atómica para Magnesio⁽⁴⁾

Elemento	λ (nm)	Slit width	Lamp Current	Voltaje	Gas
Mg	285.2	0.7 nm	5 – 15 (mA)	421 V	Aire- Acetileno

Cálculo:

$$\% \text{ Mg} = \frac{\text{ppm} \times \text{Volumen inicial} \times 100 \times \text{Volumen final}}{W \times 10^6 \times \text{alícuota}}$$

Donde:

W= peso de la muestra en gramos

A = alícuota tomada

V₁= volumen inicial

V₂ = volumen final

Procedimiento para granulometría

Procedimiento (ver anexo 5).

CAPITULO V
RESULTADOS Y ANALISIS

5.0 RESULTADOS Y ANALISIS

5.1 Resultados obtenidos a partir de entrevistas a agricultores.

Cuadro N° 9. Resultados de Distribución de las variedades criollas de sorgo por departamento y porcentaje de personas que las cultivan.

Departamento	Localidad	Variedades de sorgo criollo más cultivadas	Porcentaje de personas que las cultivan	Total de encuestas
Ahuachapán	Cantón El Escalón San Pedro Puxtla	Corona	50.00%	26
	San Pedro Puxtla Cantón El Roble	Chapín	23.07%	
	Cantón Palo Pique Cantón El Roble	De leche	11.54%	
	Cantón Agua Fría	Maicillón	15.38%	
Chalatenango	Cantón San José Cantón Chiapas	Pecho de Paloma	33.33%	11
	Cantón Chiapas	Peruano blanco	18.18%	
	Cantón Chiapas	Peruano Amarillo	9.09%	
	San José El Astillero	Mano de Piedra	18.18%	
	El Astillero	Riñón	18.08%	
La Libertad	Cantón El Tránsito San Pascasio	De Leche	33.33%	9
	Cantón El Tránsito San Pascasio	Punta de lanza	33.33%	
	San Juan Opico Cantón El Tránsito	Enanón	33.33%	
	Cantón San Fidel	Mano de Piedra	37.50%	
Cabañas	Cantón San Fidel	Chilezo	37.50%	8
	Cantón San Fidel	De piña	25.00%	
	Sonsonate	El Zarzal	Tres mujeres	
Santa Ana	Cantón El Jute	Cacho de Chivo	55.55%	9
	Cantón El Jute	Enanón	44.44%	
Total encuestados				72

De acuerdo a las entrevistas realizadas a los agricultores, las variedades de sorgo criollo más cultivadas en cada zona son: Cacho de chivo, Chapín, Chilezo, Corona, De Leche, Enanón, Maicillón, Mano de piedra, Pecho de paloma,

Peruano amarillo, Peruano blanco, Piña, Punta de lanza, Riñón y Tres mujeres; lo cual se reporta en el Cuadro N° 9. En dicho cuadro se observa que en el departamento de Sonsonate se cultiva únicamente la variedad Tres mujeres en lo referente a sorgos criollos, y en el departamento de Ahuachapán la variedad corona es cultivada por un 50% de las personas entrevistadas en esa zona.

Cuadro N° 10. Resultados de superficie de siembra promedio(Mz) y producción promedio (QQ/Mz) por cada variedad y departamento.

Departamento	Variedad	Superficie de siembra promedio (Mz)	Producción promedio(QQ/Mz)
Ahuachapán	Corona	1.37	36.15
	Chapín	1.32	29.50
	De Leche	4.33	31.67
	Maicillón	1.94	28.67
Chalatenango	Pecho de Paloma	1.25	33.00
	Peruano blanco	1.00	32.00
	Peruano amarillo	1.00	14.00
	Riñón	1.25	16.00
	Mano de piedra	0.62	18.00
La Libertad	De leche	2.83	40.00
	Punta de lanza	0.95	25.33
	Enanón	4.83	38.33
Cabañas	Mano de Piedra	1.17	24.67
	Chilezo	2.00	18.00
	De piña	0.75	16.50
Sonsonate	Tres mujeres	0.51	25.12
Santa Ana	Cacho de chivo	1.20	30.40
	Enanón	3.50	45.00
	Total	31.82	502.34

En el cuadro N° 10 puede observarse que el sorgo criollo Enanón del departamento de La Libertad presentó mayor superficie de siembra promedio (4.83Mz) por adaptarse mejor a las condiciones climáticas, además porque las personas entrevistadas consideran que su rendimiento es aceptable y es fácil de cosechar. Contrario a esto, la variedad Mano de piedra del departamento de Chalatenango resultó con menor superficie de siembra promedio (0.62Mz).

Con respecto a la producción promedio, la variedad Enanón del departamento de Santa Ana presentó mayor rendimiento (45QQ/Mz), probablemente por el tipo de fertilización y condiciones climáticas de la zona. La variedad Peruano amarillo obtuvo la producción promedio más baja (14 QQ/Mz).

Cuadro N° 11. Resultados sobre usos que dan las personas entrevistadas al sorgo que cultivan.

Uso	Porcentaje de personas
Para vender	83.33%
En grano para animales	88.88%
Procesado(harina) para animales	36.11%
Forraje para animales	13.88%
Panificación	4.16%
Nixtamalización	9.72%
Otros alimentos	6.94%

Nota: Los resultados anteriores se basaron en un total de 72 entrevistas.

Las variedades maicillón, De leche y Tres mujeres han sido utilizadas para panificación.

Las variedades Tres mujeres, Enanón y Punta de lanza han tenido uso en la elaboración de alboroto.

Las variedades Punta de lanza y Tres mujeres se han usado para atol.

Según el cuadro N° 11, la mayor parte de las 72 personas entrevistadas utilizaron el sorgo como grano para la alimentación de animales (88.88%) sobre todo para aves y cerdos, ya que este grano es más económico que el maíz según lo expresado por las familias del área rural. El menor porcentaje de uso del sorgo fue en panificación (4.16%, variedades usadas: Maicillón, De leche y Tres Mujeres) probablemente por la poca difusión sobre el uso de este cereal en dicha industria.

5.2 Resultados de análisis cualitativo y cuantitativo de taninos.

Cuadro Nº 12. Resultados de análisis de taninos por el método de blanqueo con cloro .

NUMERO	VARIEDAD	A	B	RESULTADO
1	Cacho de chivo	-	-	negativo
2	Chapín	-	-	negativo
3	Chilezo	-	-	negativo
4	Corona	-	-	negativo
5	De Leche	-	-	negativo
6	Enanón	-	-	negativo
7	Maicillón	-	-	negativo
8	Mano de piedra	-	-	negativo
9	Pecho de Paloma	-	-	negativo
10	Peruano Amarillo	-	-	negativo
11	Peruano Blanco	+	+	Positivo
12	Piña	+	+	positivo
13	Punta de Lanza	-	-	negativo
14	Riñón	-	-	negativo
15	Tres Mujeres	-	-	negativo

Cuadro N° 13. Resultados de análisis de taninos por el método de Vainillina– HCl modificado mg de catequina en 100 g de muestra.

NUMERO	VARIEDAD	A	B	PROMEDIO
11	Peruano Blanco	10.05	9.31	9.68
12	Piña	9.89	11.89	10.89

La identificación de taninos se realizó utilizando dos métodos de análisis, primero cualitativamente la prueba de blanqueo con cloro , por medio de la cual queda expuesta la capa de testa pigmentada del grano donde se encuentran asociados los taninos en aquellas muestras donde éstos están presentes. Los resultados obtenidos en esta prueba, reflejados en el cuadro N° 12, indican que las variedades Peruano blanco y Piña dieron positivo a este análisis cualitativo de taninos , debido a lo cual se procedió a su cuantificación , utilizando el método de vainillina modificado, obteniéndose un valor promedio de 9.68 y 10.89 mg de catequina en 100 g de muestra para las variedades Peruano blanco y Piña respectivamente, lo cual puede observarse en el cuadro N° 13. Estos resultados se comparan con los factores de calidad específicos que detalla el Codex Alimentarius para la harina de sorgo, según los cuales el contenido de taninos no deberá exceder del 0.3%, por tanto las variedades Peruano blanco y Piña reportan un porcentaje considerablemente mayor al establecido por el Codex Alimentarius, y podrían originar una reducción del valor biológico de la proteína, así como también afectar la palatabilidad de la harina producida por estos granos.

5.3 Resultados del análisis bromatológico proximal

Los resultados del análisis bromatológico proximal (cuadro N° 14 a cuadro N° 24), se reportaron en base húmeda y se compararon con otros análisis de harinas de sorgos mejorados realizados anteriormente por CENTA los cuales corresponden al anexo N° 4.

Cuadro N° 14. Resultados Determinación de Porcentaje de Humedad.

VARIEDAD	A	B	PROMEDIO
CACHO DE CHIVO	4.11	4.12	4.11
CHAPIN	4.31	4.35	4.33
CHILEZO	5.12	5.30	5.21
CORONA	3.07	3.49	3.28
DE LECHE	3.21	3.29	3.25
ENANON	3.98	4.06	4.02
MAICILLON	3.13	3.13	3.13
MANO DE PIEDRA	3.15	2.79	2.97
PECHO DE PALOMA	3.00	3.14	3.07
PERUANO AMARILLO	4.02	4.22	4.12
PERUANO BLANCO	5.51	5.29	5.40
PIÑA	4.18	4.24	4.21
PUNTA DE LANZA	3.70	3.86	3.78
RIÑON	4.18	4.10	4.14
TRES MUJERES	3.01	3.05	3.03

Los niveles de humedad de las muestras de sorgos criollos analizados fueron similares a las harinas de las variedades mejoradas (variedades criollas entre 2.97% y 5.40%; variedades mejoradas entre 3.81% y 5.33%). Estos niveles son aceptables con respecto al nivel máximo de humedad (15%) establecido por el Codex Alimentarius.

Cuadro Nº 15. Resultados Determinación de porcentaje de Proteína

VARIEDAD	A	B	PROMEDIO
CACHO DE CHIVO	11.31	10.09	10.7
CHAPIN	9.87	9.87	9.87
CHILEZO	9.84	9.99	9.91
CORONA	9.47	10.02	9.74
DE LECHE	7.42	7.57	7.49
ENANON	10.54	10.52	10.53
MAICILLON	9.65	9.49	9.57
MANO DE PIEDRA	8.88	8.50	8.69
PECHO DE PALOMA	8.29	9.14	8.71
PERUANO AMARILLO	9.58	9.40	9.49
PERUANO BLANCO	10.29	10.05	10.17
PIÑA	9.17	9.34	9.25
PUNTA DE LANZA	8.84	8.74	8.79
RIÑON	9.14	9.40	9.27
TRES MUJERES	8.26	8.02	8.14

En cuanto al porcentaje de proteínas, las variedades criollas no presentaron diferencias significativas entre ellas ni con respecto a los sorgos mejorados, ya que los valores mínimo y máximo correspondientes a los sorgos criollos De leche y Cacho de chivo fueron 7.49% y 10.70% respectivamente, y los sorgos mejorados varían entre 8.16% y 10.38%.

Cuadro Nº 16. Resultados Determinación de Porcentaje de Grasa.

VARIEDAD	A	B	PROMEDIO
CACHO DE CHIVO	4.52	4.52	4.52
CHAPIN	3.42	4.94	4.18
CHILEZO	4.73	4.73	4.73
CORONA	5.38	5.38	5.38
DE LECHE	4.28	4.46	4.37
ENANON	3.16	4.11	3.63
MAICILLON	5.22	5.22	5.22
MANO DE PIEDRA	2.62	3.41	3.01
PECHO DE PALOMA	5.30	5.19	5.25
PERUANO AMARILLO	5.01	4.91	4.96
PERUANO BLANCO	3.27	1.50	2.38
PIÑA	5.01	5.01	5.01
PUNTA DE LANZA	3.39	1.50	2.44
RIÑON	1.76	2.72	2.24
TRES MUJERES	5.26	5.90	5.58

En lo referente al porcentaje de grasa, la mayor parte de muestras analizadas presentaron niveles superiores (máximo 5.58%) en comparación con las harinas de sorgos mejorados, los cuales tienen valores entre 1.98% y 2.27%, únicamente las variedades Punta de lanza y Riñón presentaron valores similares (2.44% y 2.24% respectivamente).

Cuadro Nº 17. Resultados Determinación de Porcentaje de Fibra Cruda.

VARIEDAD	A	B	PROMEDIO
CACHO DE CHIVO	1.49	1.18	1.33
CHAPIN	2.11	1.74	1.92
CHILEZO	1.90	1.17	1.53
CORONA	3.34	1.51	2.42
DE LECHE	1.81	2.09	1.95
ENANON	3.92	1.68	2.80
MAICILLON	1.67	1.63	1.65
MANO DE PIEDRA	2.36	2.97	2.66
PECHO DE PALOMA	1.02	1.38	1.20
PERUANO AMARILLO	1.89	1.96	1.92
PERUANO BLANCO	11.68	12.24	11.96
PIÑA	1.41	1.51	1.46
PUNTA DE LANZA	8.56	8.86	8.71
RIÑON	2.11	1.90	2.00
TRES MUJERES	1.00	1.70	1.35

Las variedades Punta de lanza y Peruano blanco presentaron porcentajes de fibra cruda considerablemente altos(8.71% y 11.96% respectivamente) en comparación con la mayoría de variedades criollas analizadas (reportaron valores entre 1.20% y 1.80%) y respecto a los sorgos mejorados, los cuales tienen valores entre 1.10% y 1.30%.Debido a esto es de considerar que las variedades Punta de lanza y Peruano blanco, por su gran porcentaje de fibra son recomendables en la nutrición, ya que la fibra no digerida produce la masa necesaria para la acción peristáltica normal y eficaz. Además las dietas ricas en fibra se relacionan con una disminución en la incidencia de diverticulosis, cáncer de colon, enfermedad cardiovascular y diabetes mellitus.

Cuadro Nº 18. Resultados Determinación de Porcentaje de Ceniza

VARIEDAD	A	B	PROMEDIO
CACHO DE CHIVO	1.12	1.30	1.26
CHAPIN	1.14	1.15	1.14
CHILEZO	1.52	1.43	1.47
CORONA	1.32	1.24	1.28
DE LECHE	1.33	1.34	1.33
ENANON	1.33	1.31	1.32
MAICILLON	1.33	1.37	1.35
MANO DE PIEDRA	1.23	1.25	1.24
PECHO DE PALOMA	1.45	1.39	1.42
PERUANO AMARILLO	1.27	1.36	1.31
PERUANO BLANCO	1.38	1.35	1.36
PIÑA	1.47	1.45	1.46
PUNTA DE LANZA	1.31	1.35	1.33
RIÑON	1.05	1.07	1.06
TRES MUJERES	1.35	1.30	1.32

Con referencia al porcentaje de ceniza, las variedades criollas analizadas dieron como resultado porcentajes entre 1.06% y 1.47%, los cuales son similares a los que reportan las harinas de variedades mejoradas analizadas por CENTA, las cuales se encuentran entre 0.88% y 1.11%.

Cuadro Nº 19. Resultados Determinación Porcentaje de Carbohidratos.

VARIEDAD	A	B	PROMEDIO
CACHO DE CHIVO	81.56	82.91	82.23
CHAPIN	83.46	82.30	82.88
CHILEZO	82.01	82.68	82.34
CORONA	80.49	81.85	81.17
DE LECHE	85.16	84.54	84.85
ENANON	81.05	82.38	81.71
MAICILLON	82.13	82.29	82.21
MANO DE PIEDRA	84.91	83.87	84.39
PECHO DE PALOMA	83.94	82.90	83.42
PERUANO AMARILLO	82.25	82.37	82.31
PERUANO BLANCO	73.38	74.86	74.12
PIÑA	82.90	82.69	82.79
PUNTA DE LANZA	77.90	79.55	78.72
RIÑON	85.94	84.91	85.42
TRES MUJERES	84.13	83.08	83.60

Los porcentajes de carbohidratos resultantes en los sorgos criollos analizados (entre 74.12% y 85.42%) indican que este tipo de nutrientes son los más abundantes en el sorgo, lo cual se confirma en las variedades mejoradas (68.16% a 84.65%).

Cuadro Nº 20. Resultados Determinación de Porcentaje de Calcio.

VARIEDAD	A (mg /100 g)	B (mg /100 g)	PROMEDIO (mg /100 g)
CACHO DE CHIVO	0.07	0.07	0.07
CHAPIN	0.07	0.10	0.08
CHILEZO	0.06	0.06	0.06
CORONA	0.17	0.19	0.18
DE LECHE	0.33	0.35	0.34
ENANON	0.24	0.34	0.19
MAICILLON	0.09	0.12	0.10
MANO DE PIEDRA	0.07	0.09	0.08
PECHO DE PALOMA	0.18	0.22	0.20
PERUANO AMARILLO	0.28	0.26	0.27
PERUANO BLANCO	0.17	0.21	0.19
PIÑA	0.23	0.26	0.24
PUNTA DE LANZA	0.14	0.10	0.12
RIÑON	0.09	0.07	0.08
TRES MUJERES	0.29	0.31	0.30

Los resultados obtenidos en la determinación de calcio, para las variedades criollas analizadas, oscilan entre 0.06% y 0.34%, correspondiendo el valor mínimo y máximo a las variedades Chilezo y De leche respectivamente, pudiéndose además observar que los porcentajes de los sorgos criollos Tres mujeres, Piña, Peruano amarillo y De leche son superiores a los presentados por sorgos mejorados.

Cuadro Nº 21. Resultados Determinación de Porcentaje de Hierro.

VARIEDAD	A ((mg /100 g)	B (mg /100 g)	PROMEDIO (mg /100 g)
CACHO DE CHIVO	0.42	0.33	0.37
CHAPIN	0.49	0.47	0.48
CHILEZO	0.41	0.38	0.39
CORONA	0.39	0.34	0.36
DE LECHE	0.35	0.35	0.35
ENANON	0.39	0.33	0.36
MAICILLON	0.37	0.46	0.40
MANO DE PIEDRA	0.26	0.26	0.26
PECHO DE PALOMA	0.38	0.30	0.34
PERUANO AMARILLO	0.09	0.08	0.08
PERUANO BLANCO	0.26	0.26	0.26
PIÑA	0.15	0.16	0.16
PUNTA DE LANZA	0.30	0.30	0.30
RIÑON	0.23	0.23	0.23
TRES MUJERES	0.61	0.59	0.60

Los resultados obtenidos en la determinación de hierro muestran que las variedades Tres mujeres (0.60%), Chapín (0.48%) y Maicillón (0.40%) presentaron el mayor porcentaje de este elemento, mientras que la variedad Peruano amarillo es la que obtuvo menor porcentaje.

Cuadro Nº 22. Resultados Determinación de Porcentaje de Fósforo.

VARIEDAD	A (g /100 g)	B (g /100 g)	PROMEDIO (g /100 g)
CACHO DE CHIVO	0.39	0.49	0.44
CHAPIN	0.28	0.26	0.27
CHILEZO	0.51	0.52	0.51
CORONA	0.40	0.44	0.42
DE LECHE	0.94	0.95	0.94
ENANON	0.54	0.45	0.49
MAICILLON	0.39	0.39	0.39
MANO DE PIEDRA	0.44	0.31	0.37
PECHO DE PALOMA	0.58	0.47	0.53
PERUANO AMARILLO	0.41	0.52	0.46
PERUANO BLANCO	0.42	0.51	0.46
PIÑA	0.58	0.43	0.51
PUNTA DE LANZA	0.50	0.46	0.48
RIÑON	0.22	0.20	0.21
TRES MUJERES	1.66	1.62	1.64

La variedad Tres mujeres reportó el porcentaje más alto de fósforo (1.64%), mientras que la variedad Riñón obtuvo el más bajo porcentaje (0.21%). En comparación con las variedades mejoradas (entre 0.22% y 0.25%), puede observarse que los sorgos criollos Riñón y Chapín reportaron valores similares a éstos, pero las otras variedades analizadas presentaron porcentajes un poco más altos (desde 0.37% hasta 1.64%).

Cuadro Nº 23. Resultados Determinación de Porcentaje de Potasio.

VARIEDAD	A (mg /100 g)	B (mg /100 g)	PROMEDIO (mg /100 g)
CACHO DE CHIVO	10.48	11.29	10.89
CHAPIN	14.06	13.47	13.76
CHILEZO	13.57	14.47	14.02
CORONA	12.35	12.71	12.53
DE LECHE	14.85	14.85	14.85
ENANON	13.48	13.60	13.54
MAICILLON	14.95	14.99	14.97
MANO DE PIEDRA	11.86	11.81	11.83
PECHO DE PALOMA	14.98	14.45	14.71
PERUANO AMARILLO	13.84	14.40	14.12
PERUANO BLANCO	13.57	14.71	14.14
PIÑA	15.84	15.21	15.52
PUNTA DE LANZA	15.55	15.56	15.55
RIÑON	11.48	11.49	11.58
TRES MUJERES	14.93	15.08	15.00

El elemento Potasio, de acuerdo a los resultados, se encontró en mayor porcentaje en las variedades criollas Punta de lanza, Piña y Tres mujeres; y el menor porcentaje lo presentó la variedad Cacho de chivo. Si se comparan los resultados de sorgos criollos con los que reportan las harinas de sorgos mejorados, puede observarse que los primeros obtuvieron porcentajes más elevados respecto a los segundos.

Cuadro Nº 24. Resultados Determinación de Porcentaje de Magnesio.

VARIEDAD	A (mg /100 g)	B (mg /100 g)	PROMEDIO (mg /100 g)
CACHO DE CHIVO	0.14	0.12	0.13
CHAPIN	0.11	0.10	0.10
CHILEZO	0.14	0.14	0.14
CORONA	0.12	0.13	0.12
DE LECHE	0.14	0.14	0.14
ENANON	0.14	0.15	0.15
MAICILLON	0.13	0.13	0.13
MANO DE PIEDRA	0.12	0.12	0.12
PECHO DE PALOMA	0.14	0.14	0.14
PERUANO AMARILLO	0.22	0.26	0.24
PERUANO BLANCO	0.13	0.13	0.13
PIÑA	0.12	0.13	0.13
PUNTA DE LANZA	0.12	0.11	0.11
RIÑON	0.09	0.09	0.09
TRES MUJERES	0.13	0.13	0.13

Con referencia al porcentaje de Magnesio, la variedad Peruano amarillo presentó el valor más alto (0.24%). Las otras variedades criollas analizadas (valores entre 0.09% y 0.15%) dieron resultados similares a los de sorgos mejorados (0.12% a 0.13%).

Cuadro N° 25. Resumen de Análisis Bromatológico de Harinas de Sorgos Criollos Investigados en Seis Departamentos de El Salvador.

VARIEDAD	% Hum.	%Prot.	%Gra.	%F.C.	%Cen.	%Carb.	Ca mg/100g	Fe mg/100g	P g/100g	K mg/100g	Mg mg/100g
1	4.11	10.70	4.52	1.33	1.26	82.23	0.07	0.37	0.44	10.89	0.13
2	4.33	9.87	4.18	1.92	1.14	82.88	0.08	0.48	0.27	13.76	0.10
3	5.21	9.41	4.73	1.53	1.47	82.34	0.06	0.39	0.51	14.02	0.14
4	3.28	9.74	5.38	2.42	1.28	81.17	0.18	0.36	0.42	12.58	0.12
5	3.25	7.49	4.37	1.95	1.33	84.85	0.34	0.35	0.94	14.85	0.14
6	4.02	10.53	3.63	2.80	1.32	81.71	0.19	0.36	0.49	13.54	0.15
7	3.13	9.57	5.22	1.65	1.35	82.21	0.10	0.40	0.39	14.97	0.13
8	2.97	8.69	3.01	2.66	1.24	84.39	0.08	0.26	0.37	11.83	0.12
9	3.07	8.71	5.25	1.20	1.42	83.42	0.20	0.34	0.53	14.71	0.14
10	4.12	9.16	4.96	1.92	1.31	82.31	0.27	0.08	0.46	14.12	0.24
11	5.40	10.17	2.38	11.96	1.36	74.12	0.19	0.26	0.46	14.14	0.13
12	4.21	9.25	5.01	1.46	1.46	82.79	0.24	0.16	0.51	15.25	0.13
13	3.78	8.79	2.44	8.71	1.33	78.72	0.12	0.30	0.48	15.55	0.11
14	4.14	9.27	2.24	2.00	1.06	85.42	0.08	0.23	0.23	11.58	0.21
15	3.03	8.14	5.58	1.35	1.32	83.60	0.30	0.60	1.64	15.00	0.13

5.4 Resultados de Análisis Granulométrico

Cuadro N° 26. Resultados de Análisis Granulométrico en Harinas de las Variedades Criollas resultantes.

VARIEDAD	MESH (mm)														
	2.0 (1)	2.0 (2)	\bar{X}	0.710 (1)	0.710 (2)	\bar{X}	0.500 (1)	0.500 (2)	\bar{X}	0.250 (1)	0.250 (2)	\bar{X}	0.125 (1)	0.125 (2)	\bar{X}
CACHO DE CHIVO	1.19	1.21	1.20	67.16	67.21	67.18	20.65	21.12	20.88	9.48	7.30	8.39	1.47	2.13	1.80
CHAPIN	0.00	0.00	0.00	37.21	36.74	36.97	56.15	57.27	56.71	5.20	4.72	4.96	0.56	0.77	0.66
CHILEZO	0.30	0.26	0.28	15.40	15.70	15.55	74.95	75.92	75.43	7.77	7.61	7.69	0.41	0.31	0.36
CORONA	0.27	0.29	0.28	53.45	54.90	54.17	33.62	33.29	33.45	9.48	9.31	9.39	1.47	1.21	1.34
DE LECHE	0.00	0.00	0.00	16.10	17.80	16.95	76.50	75.07	75.78	6.20	6.19	6.19	0.38	0.43	0.40
ENANON	0.41	0.30	0.35	14.32	14.16	14.24	80.65	80.72	80.68	3.94	4.12	4.03	0.52	0.52	0.52
MAICILLON	0.00	0.00	0.00	19.30	18.90	19.10	74.22	75.30	74.76	5.50	5.20	5.33	0.29	0.33	0.36
MANO DE PIEDRA	0.00	0.00	0.00	16.50	17.25	16.87	68.50	66.98	67.74	13.20	13.87	13.53	1.58	1.67	1.62
PECHO DE PALOMA	0.00	0.00	0.00	57.39	58.12	57.75	34.95	34.78	34.86	6.00	5.91	5.95	0.89	0.72	0.80
PERUANO AMARILLO	0.00	0.00	0.00	72.00	72.55	72.27	25.05	25.17	25.11	2.37	1.70	2.03	0.41	0.36	0.38
PERUANO BLANCO	0.87	0.67	0.77	62.59	62.15	62.37	29.03	30.31	29.67	6.03	6.18	6.10	0.30	0.37	0.33
PIÑA	0.32	0.30	0.31	17.30	17.70	17.50	74.28	75.10	74.69	6.05	6.27	6.16	0.54	0.31	0.42
PUNTA DE LANZA	0.00	0.00	0.00	15.11	15.23	15.17	74.42	74.53	74.47	7.85	7.93	7.89	1.10	1.22	1.16
RINON	0.00	0.00	0.00	22.70	21.90	22.30	70.15	70.32	70.23	5.22	5.71	5.46	0.33	0.41	0.37
TRES MUJERES	0.00	0.00	0.00	23.49	23.61	23.55	67.21	67.47	67.34	7.24	7.49	7.36	0.98	0.93	0.95

\bar{X} = promedio

Los resultados de granulometría de las variedades criollas analizadas, correspondientes al cuadro N° 26, fueron comparados con el factor de calidad que especifica el Codex Alimentarius referente al tamaño de partícula (granulosidad) del cuadro N° 2. De acuerdo a esto el 100% de la harina deberá pasar a través de un tamiz en el cual la dimensión de los orificios de la malla sea 0.5 mm de diámetro para la harina “fina” y de 1mm para la harina “media”. En base a esto puede observarse que la mayoría de sorgos criollos analizados originaron harina media, debido a que el mayor porcentaje de ésta, se depositó en las mallas de 0.710mm y 0.500mm. Respecto a ello, también es importante observar que las variedades Enanón y De leche dieron como resultado harinas que se aproximan más al valor requerido para harina fina, ya que el 80.68% y 75.78% respectivamente se ubicaron en la malla de 0.500mm. Esto significa que llevando a cabo una molienda más puede obtenerse harina adecuada para panificación. Por el contrario, variedades como Peruano amarillo, Cacho de chivo y Peruano blanco pueden requerir un mayor procesamiento debido a que la mayor parte de sus harinas se ubicaron en la malla de 0.710mm.

Además del tamaño de partícula, el color de las harinas obtenidas también es una característica importante. En cuanto a esto, la mayoría de sorgos criollos analizados presentaron colores aceptables, excepto las variedades Chilezo, Piña y Peruano blanco que resultaron con colores muy oscuros. La variedad De leche es la que obtuvo el mejor color (blanco) (ver anexo 6).

5.5 EJEMPLO DE CALCULOS

Cálculo para determinación de porcentaje de taninos

Ejemplo: Variedad Piña

STD = Standard

Estándares	Absorbancia
0.05	0.149
0.10	0.153
0.25	0.162
0.50	0.192
Mx	
Piña A	0.188
Piña B	0.226
Peruano Blanco A	0.191
Peruano Blanco B	0.177

Concentración (ppm)	Absorbancia
0.05 (X ₁)	0.149 (Y ₁)
0.50 (X ₂)	0.192 (Y ₂)

$$\text{Pendiente} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = 0.095$$

Formula:

$$\text{Catequina Equivalente de Desconocido} = \frac{5 \times \text{Absorbancia Promedio}}{\text{Pendiente de Desconocido}}$$

$$\frac{5 \times 0.188}{0.095} = 9.89 \text{ mg catequina/100g de muestra}$$

Cálculo de porcentaje de humedad

Ejemplo: Cacho de chivo

$$\% \text{ Humedad} = \frac{b - c}{w} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{6.9656 \text{ g} - 6.0046 \text{ g}}{1.0003 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 4.11\%$$

Cálculo de porcentaje de proteína.

Ejemplo: Variedad Cacho de Chivo:

$$\% \text{ N} = \frac{\text{mL.gastados de ácido} \times \text{N.ácido} \times \text{Meq.Nitrógeno} \times 100}{W}$$

$$\% \text{ N} = \frac{5.1 \text{ mL} \times 0.025 \text{ N} \times 0.01428 \times 100}{0.1006 \text{ g}} = 1.80\%$$

$$\% \text{ de Proteína cruda} = \% \text{ N} \times 6.25 = 1,80 \times 6.25 = 11.31\%$$

$$\% \text{ de Proteína cruda} = 11.31 \%$$

Cálculo de porcentaje de grasa

Ejemplo: Variedad Chapín.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{((\text{Peso de balón} + \text{extracto})(\text{g})) - \text{peso de balón vacío}(\text{g})}{\text{peso de muestra}(\text{g})} \times 100$$

$$\%Grasa = \frac{103.2731 \text{ g} - 103.1360 \text{ g}}{4.0067 \text{ g}} \times 100$$

$$\%Grasa = 3.42\%$$

Cálculo de porcentaje de fibra cruda

Ejemplo: Variedad Peruano Blanco

$$\%Fibra \text{ cruda} = \frac{\text{Pérdida de peso por incineración (g)}}{\text{Peso de muestra desengrasada (g)}} \times 100$$

$$\%Fibra \text{ cruda} = \frac{0.1935 \text{ g}}{1.6562 \text{ g}} \times 100$$

$$\%Fibra \text{ cruda} = 11.68\%$$

Cálculo de porcentaje de ceniza

Ejemplo: Variedad Chilezo

$$\%Ceniza = \frac{\text{Peso de muestra calcinada} - \text{peso de crisol vacío (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

$$\%Ceniza = \frac{30.5043 \text{ g} - 30.4885 \text{ g}}{1.0380 \text{ g}} \times 100 = 1.52$$

$$\%Ceniza = 1.52\%$$

Cálculo de porcentaje de carbohidratos

Ejemplo: Variedad Chilezo

% de Carbohidratos = 100 – (% Proteína + % Grasa + % Fibra + %Ceniza)

% Carbohidratos = 100 – (9.84% + 4.73% + 1.90% + 1.52%)

% Carbohidratos = 82.01%

Cálculo de porcentaje de calcio

Ejemplo: Variedad Cacho de Chivo

$$\% \text{ Ca} = \frac{\text{Lectura de la muestra (ppm)} \times V_1 \times V_2}{W \times 10^6 \times A} \times 100$$

$$\% \text{ Ca} = \frac{0.145 \times 100 \times 50}{1.0066 \times 10^6 \times 1} \times 100$$

% Ca = 0.07 mg / 100 g

Cálculo de porcentaje de hierro

Ejemplo: Variedad Cacho de Chivo

$$\% \text{ Fe} = \frac{\text{Lectura de la muestra (ppm)} \times V_1 \times V_2}{W \times 10^6 \times A} \times 100$$

$$\% \text{ Fe} = \frac{0.838 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} \times 50 \text{ mL}}{1.0066 \text{ g} \times 10^6 \times 1 \text{ mL}} \times 100$$

% Fe = 0.42 mg / 100 g

Cálculo de porcentaje de fósforo

Ejemplo: Variedad Cacho de Chivo

$$\% P = \frac{\text{Lectura de la Muestra (Ppm)} \times V_1 \times V_2}{W \times 10^6 \times A} \times 100$$

$$\% P = \frac{0.080 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} \times 50 \text{ mL}}{1.0066 \text{ g} \times 10^6 \times 1 \text{ ml}} \times 100$$

$$\% P = 0.39 \text{ g} / 100 \text{ g}$$

Cálculo de porcentaje de potasio

Ejemplo: Variedad Cacho de Chivo

$$\% K = \frac{\text{Lectura de la muestra (ppm)} \times V_1 \times V_2}{W \times 10^6 \times A} \times 100$$

$$\% K = \frac{21.10 \times 100 \times 50}{1.0066 \times 10^6 \times 1} \times 100$$

$$\% K = 10.48 \text{ mg} / 100 \text{ g}$$

Cálculo de porcentaje de magnesio

Ejemplo: Variedad Cacho de Chivo

$$\% Mg = \frac{\text{Lectura de la muestra (ppm)} \times V_1 \times V_2}{W \times 10^6 \times A} \times 100$$

$$\% \text{ Mg} = \frac{0.290 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL} \times 50 \text{ mL}}{1.0066 \text{ g} \times 10^6 \times 1 \text{ mL}} \times 100$$

$$\% \text{ Mg} = 0.14 \text{ mg} / 100 \text{ g}$$

Cálculo de granulometría

Ejemplo: Variedad Cacho de Chivo

Mesh 2.00 mm

Peso de beaker vacío = 96.71 g

Peso de beaker + harina = 196.71 g

Peso de harina (muestra) = 100.00 g

Muestra de harina después de cernida:

Peso de recipiente vacío = 4.40 g

Peso de recipiente + harina = 5.59 g

Peso de muestra después de cernida = 1.19 g

% de harina para mesh 2.00 mm = 1.19%

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. La variedad criolla Enanón presentó mayor producción promedio (45QQ/Mz), debido a que responde mejor a las condiciones climáticas, edáficas y de fertilización de las zonas donde se cultiva.
2. Las variedades Peruano blanco y Piña presentaron alto contenido de taninos (9.68 y 10.89 mg de catequina/100 g, respectivamente), por lo que interfieren con la absorción de proteínas en el organismo, ya que excede el porcentaje determinado por el Codex Alimentarius (0.3%) para este factor de calidad.
3. El sorgo criollo Enanón es el que reúne mejores características respecto a las otras variedades analizadas, debido a que no presentó taninos, es la segunda variedad con mayor porcentaje de proteína; tiene niveles intermedios de grasa, fibra cruda, carbohidratos y minerales; y a partir de ella se obtuvo harina más adecuada para panificación, ya que produjo 80.68% de harina fina.
4. Las variedades Cacho de chivo, Chapín, Enanón, Maicillón, Peruano amarillo y Riñón presentaron altos contenidos de proteína aprovechable, así como también niveles adecuados de carbohidratos, lípidos y además no presentaron taninos. Por lo tanto las harinas provenientes de estas variedades constituyen una buena alternativa para la elaboración de alimentos por ser nutritivas.

5. Los minerales fósforo y potasio son los más abundantes en las variedades de sorgo criollo analizadas; y el calcio y magnesio los más deficientes, esto se debe a que el fósforo se encuentra como fitato en el grano de sorgo, y en esta forma puede interferir con la absorción del calcio en la planta.
6. El contenido de nutrientes del grano de sorgo es afectado con la remoción del pericarpio, así como también el grado de finura de la harina.
7. El desarrollo y nutrición de la planta de sorgo está directamente relacionada con las buenas prácticas agrícolas, como riego y fertilización.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Para mantener las características nutricionales y de rendimiento del sorgo criollo Enanón, aplicar buenas prácticas agrícolas en los lugares donde actualmente se cultiva; y aumentar la superficie de siembra de la misma ya que presenta altos niveles de producción.
2. Mejorar genéticamente las variedades Peruano blanco y Piña para disminuir los niveles de taninos con el fin de aprovechar los buenos porcentajes de nutrientes, proteína y fibra cruda, además se obtiene harina que podría aprovecharse adecuadamente en panificación debido a su finura.
3. Dar a conocer los resultados de proteína, fibra cruda, grasa, carbohidratos, minerales y granulometría del sorgo criollo Enanón para que se incluya en la evaluación y elaboración de productos alimenticios para consumo humano, sobre todo en la industria de la panificación y como alternativa en la fabricación de concentrados para ganado y aves de corral.
4. Asesorar y capacitar a la población rural del país sobre la elaboración, consumo e inclusión en la dieta diaria de alimentos a base de grano y harina de sorgo, incluyendo las variedades criollas mejor evaluadas en cuanto a proteínas, carbohidratos y lípidos a fin de disminuir el déficit nutricional en este sector de la población ya que son una buena fuente de nutrientes.

5. Aplicar P_2O_5 como fertilizante a la planta de sorgo, para aumentar los niveles de calcio, magnesio, fósforo y hierro en el grano.
6. Realizar análisis bromatológico y granulométrico en variedades de sorgos criollos descortezados, para comparar el porcentaje de nutrientes que se pierde durante este proceso respecto al grano entero e investigar si las harinas provenientes de los granos descortezados son adecuadas para panificación.
7. Fomentar por medio de las agencias de extensión de CENTA, la correcta aplicación de las buenas prácticas agrícolas [utilización de suelos, aguas para riego y fertilizantes (como la aplicación de nitrógeno foliar) a la planta de sorgo], para asegurar y mantener el desarrollo y nutrición adecuada, sobre todo en cuanto al nivel de proteína.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Alas García, AE. 1980. Caracterización Nutricional de Granos Básicos. Trabajo de graduación Lic. En QQ y FF. San Salvador. El Salvador, Universidad de El Salvador. 96 p.
- 2) AOAC (Association of Official Analytical Chemistry), 1970. Official Analytical Chemists- 11th Ed. Washington. DC. Published by the Association of Official Chemists. 1015 p.
- 3) Campos Romero, AL. 1994. Estudio comparativo de grano y rastrojo de sorgo y maíz como Consumo Alimentario Animal. Trabajo de Graduación Lic. en QQ y FF. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 91 p.
- 4) CENTA (Centro de Tecnología Agropecuaria y Forestal), Laboratorio de Química Agrícola. Metodología de Análisis 1993.
- 5) FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) / OMS (Organización Mundial de la Salud). 1996. Codex Alimentarius Cereales, Legumbres, Leguminosas , Productos Derivados y Proteínas vegetales. 2^a Ed. Roma. Publicada por la Secretaria del Programa Conjunto FAO / OMS sobre Normas Alimentarias. V. 7. 165p.

- 6) García, CM.1999. Sorgo: Como Producir Semilla de Calidad. Programa Regional de Reforzamiento a la Investigación Agronómica Sobre los Granos en Centroamérica (PRIAG) - Si. Edición Antonio Silva y Maritza Hernández. Manual para Agricultores No. 5. 48 p.
- 7) Grupo Editorial OCEANO 1998. Diccionario Enciclopédico OCEANO. Cuarta edición.2981 p.
- 8) MAG-CENTA.1995. Guía Técnica Cultivo de Sorgo. San Andrés, La Libertad, El Salvador. Editado en La Unidad de Comunicaciones de la Gerencia. 31 p.
- 9) Paúl, CL.1990.Agronomía del Sorgo.301 p.
- 10) Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Economía Agropecuaria. 2003. Anuario de Estadística Agropecuaria, 2002-2003. Nueva San Salvador, El Salvador. 104 p.
- 11) Posada García, SC.1991. Determinación de Alcalis, Taninos y Fenoles en Granos de Sorgo para seleccionar materiales que pueden utilizarse en procesos de Nixtamalización. Trabajo de Graduación Lic. en QQ y FF. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 103 p.

- 12) Rooney, L.W. 2003, Sorghum Composition, Structure and Quality. In. J.A. Dahlberg, R.Kochenower, R.Klein, B. Rooney, S. Beam, B. Pendleton, J.Stack and B.Maunden (eds)proa.23 rd. Bional Grain Sorghum Research and utilization Conference, P.33 Albuquerque, New México. U.S.
- 13) Salazar. IE de. 1992. Manejo Integrado de Malezas en el Cultivo de Sorgo (Sorghum Bicolor (L) Moench). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Boletín Divulgativo No. 78.
- 14) Viscarra Yan, PE. 1988. Elaboración de cerveza a base de Sorgo. Trabajo de Graduación Lic. TecAgr- Ind- Nueva San Salvador, Universidad Dr. José Matías Delgado. 66 p.
- 15) www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/ztzoo/zt1102/sorgogramifero.htm
- 16) www.zonadiet.com/salud/diverticulosis.htm

GLOSARIO

- Aleurona :** Sustancia nitrogenada de reserva que se halla en las semillas (7).
- Carotina:** Materia colorante de la zanahoria (9).
- Corpúsculo:** Cuerpo muy pequeño, célula, molécula, partícula, elemento. Biol.: Nombre genérico de una pequeña estructura de forma esferoidal, incluida en un conjunto organizado (7).
- Días neutros:** Son aquellos en los que la duración de la luz es igual a la oscuridad (6).
- Glabras:** Calvas, lampiñas (7).
- Glabro:** Adj. Calvo, lampiño (7).
- Integumento:** Envoltura o cobertura (7).
- Primordios:** Estadio inicial del desarrollo de un órgano. Seminal, óvulo contenido en el ovario de las flores (7).
- Proantocianidinas:** Son unidades de flaván-3-ol, precursoras de los taninos (9).

ANEXOS

ANEXO Nº 1

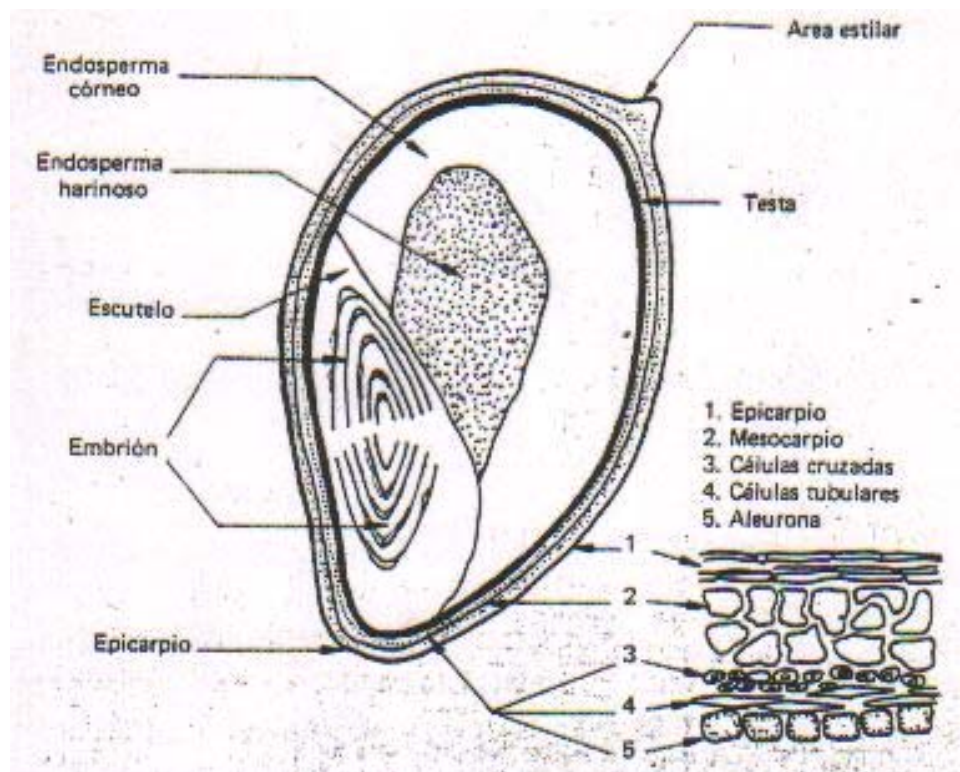


Fig. Nº 1 Secciones Esquemáticas de la semilla de Sorgo

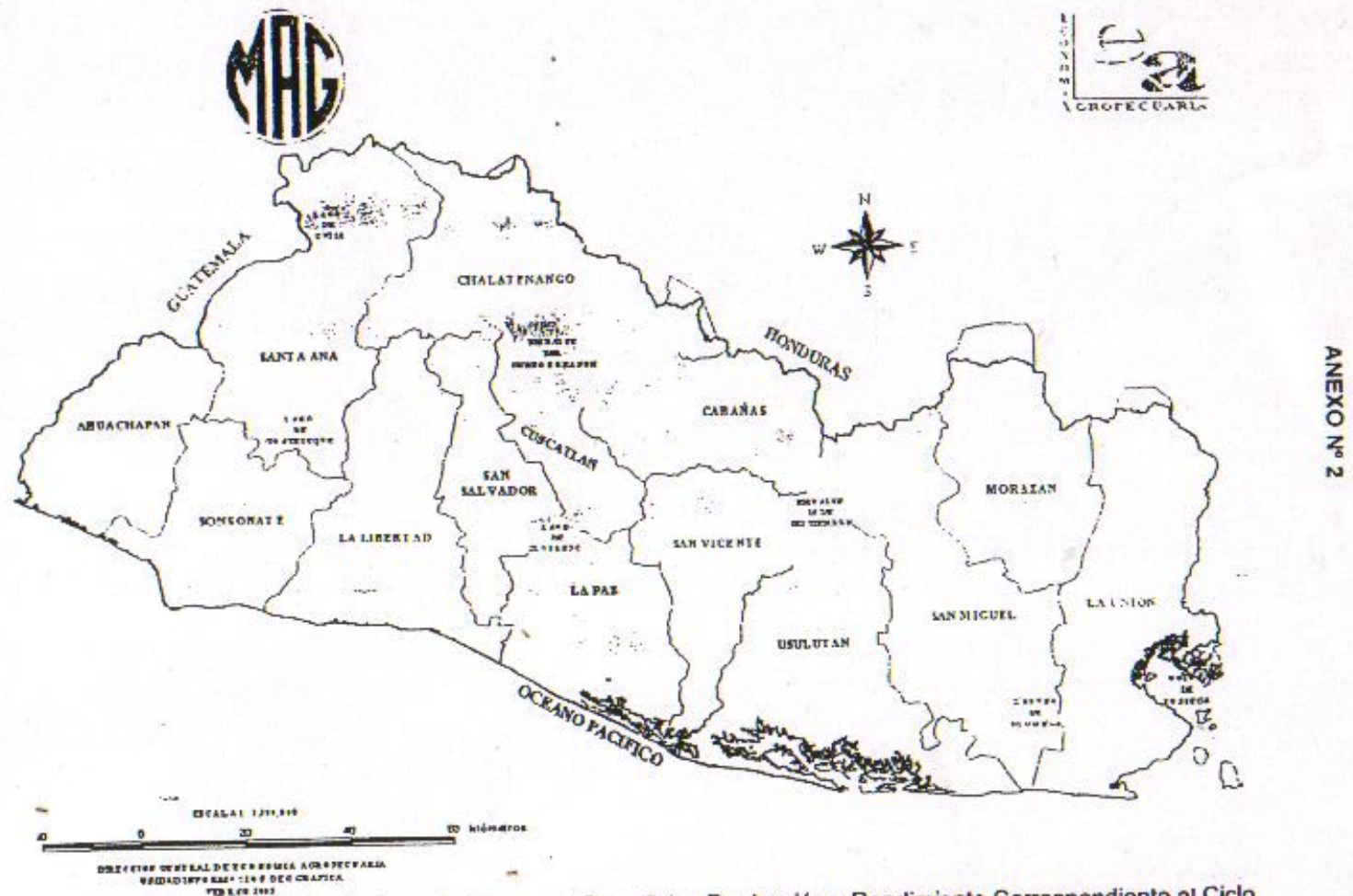


Fig. N° 2. Mapa de Zonas Productoras de Sorgo por Superficie , Producción y Rendimiento Correspondiente al Ciclo Agrícola 2002 / 2003.

ANEXO N° 2

ANEXO 2 (CONTINUACION)

SUPERFICIE, PRODUCCION Y RENDIMIENTO POR DEPARTAMENTO			
DEPARTAMENTO	SUPERFICIE MZ	PRODUCCION MZ	RENDIMIENTO QQ/MZ
1 Ahuachapàn	23.145	690.386	29.8
2 Santa Ana	6.850	183.525	26.8
3 Sonsonate	8.558	229.438	26.8
4 Chalatenango	10.701	485.107	45.3
5 La Libertad	11.911	371.514	31.2
6 San Salvador	1.808	47.883	26.5
7 Cuscatlàn	2.130	62.194	29.2
8 La Paz	3.086	65.285	21.2
9 Cabañas	11.075	241.110	21.8
10 San Vicente	5.583	137.310	24.6
11 Usulutàn	5.673	148.571	26.2
12 San Miguel	5.451	118.565	21.8
13 Morazán	5.321	130.544	24.5
14 La Unión	7.831	150.061	19.2
Total cosechas	109.124	3,061.593	28.1
1ª Cosecha	20.350	417.043	20.5
2ª Cosecha	88.774	26,844.542	29.0
Total País	109.124	3,061.593	28.1

**Fuente: Encuesta de Propósitos Múltiples , División de Estadísticas Agropecuarias MAG
año 2002 – 2003.**

ANEXO 3

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

BOLETA DE RECOLECCION DE DATOS SOBRE SORGOS CRIOLLOS

**EN LOS DEPARTAMENTOS DE HUACHAPAN, CHALATENANGO LA LIBERTAD,
CABAÑAS, SONSONATE Y SANTA ANA. DIRIGIDA A PRODUCTORES DE
SORGOS CRIOLLOS.**

FECHA: -----

NOMBRE DEL AGRICULTOR: -----

EDAD: -----

SEXO (F) ----- (M) -----

LOCALIDAD: -----

AGENCIA: -----

¿VARIEDAD DE SORGO SEMBRADA?: -----

¿POR QUE PREFIERE SEMBRAR ESTE SORGO?:-----

¿AREA DE SIEMBRA REGULAR (MZ)?:-----

¿RENDIMIENTO POR MANZANA (qq)?:-----

¿No. COSECHAS ANUALES?: -----

¿SIEMBRA LA MISMA VARIEDAD?: -----

¿MODALIDAD DE SIEMBRA?: -----

¿MESES EN LOS QUE SIEMBRA?: -----

¿MESES EN LOS QUE COSECHA?: -----

¿PRECIO DE LA LIBRA DE SEMILLA?: -----

¿PRECIO DEL QUINTAL DE SORGO?: -----

¿FORMA DE COMERCIALIZACION?: -----

¿USOS QUE LE DA AL SORGO QUE COSECHA?:-----

¿APLICA TRATAMIENTO A LA SEMILLA PARA CONSERVARLA ALMACENADA?:----

¿SI USA EL GRANO PARA ALIMENTO ANIMAL, EN QUE FORMA LO HACE?:

GRANO: ----- FORRAJE: ----- PROCESADO: -----

¿PROCEDENCIA DE LA SEMILLA?:-----



CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA Y FORESTAL
LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA



San Andrés, 28 de enero de 2004

Teléfono 338-4266 Ext. 269

Lic.

Vilma Calderón

Presente

Proyecto: Intsornil

Localidad: San Andrés

MUESTRAS:

Base Húmeda

# Lab	Identificación	(%) Humedad	(%) Proteína	(%) Extracto Eléreo	(%) Fibra Cruda	(%) Ceniza	(%) Carbohidratos	(%) Ca	(%) P	ppm Fe	ppm Zn	(%) K	(%) Mg	ppm Mn
186	Harina de sorgo ISIAP	4.10	8.16	1.98	1.20	1.11	84.65	0.14	0.25	62	72	0.26	0.13	11
187	Afrecho de sorgo RCV	8.73	10.25	8.77	8.74	4.09	68.16	0.17	0.82	138	78	1.34	0.38	40
188	Harina de sorgo Jocoro	5.33	10.38	2.27	1.20	0.88	81.14	0.15	0.22	97	59	0.23	0.12	22
189	Harina de sorgo Soberano	5.33	9.63	2.08	1.10	1.08	81.88	0.19	0.25	76	35	0.27	0.12	18
190	Harina de sorgo RCV	3.81	8.41	2.18	1.30	1.00	84.6	0.20	0.24	74	58	0.23	0.12	42

NOTA: Este informe de análisis se basa en una muestra de producto recibido por el laboratorio, el proceso del muestreo ha sido responsabilidad del interesado.
Observación: Los datos se reportaran en Base húmeda tal como se consume.

Químicos Analistas: Ing. Margarita Rodríguez
Lic. Amanda Alvarenga de Arévalo

Lic. Luis Reyes Valiente
Lic. Mirian Álvarez de Amaya
Aux. Ángel Castro

Lic. Mirian de Amaya
Jefe de Lab. Química Agrícola

Resultados de análisis de harinas de sorgo realizados por CENITA.

ANEXO N° 4

ANEXO N° 5

MATERIALES, EQUIPO, REACTIVOS Y PROCEDIMIENTOS USADOS EN LOS DIFERENTES ANALISIS

Identificación de taninos

PRUEBA DE BLANQUEO CON CLORO₍₁₂₎.

Equipo:

- Hot plate
- Balanza semi analítica

Materiales:

- Beakers de 150 mL
- Probeta de 150 mL
- Agitador magnético
- Colador
- Pinzas

Reactivos:

- Hipoclorito de sodio al 5%
- Hidróxido de potasio en perlas

Procedimiento para el blanqueo del sorgo:

1. Poner aproximadamente 15 g de sorgo sin impurezas, granos quebrados ni materia extraña , en un beaker de 150 ml
2. Agregar 15 g de KOH en comprimidos (perlas).
3. Agregar 40 mL de solución de cloro comercial (Hipoclorito de sodio al 5 %)
4. Colocar la barra magnética en el frasco y mezclar durante 3 minutos en el agitador magnético.
5. Vaciar el contenido del frasco en un colador y lavar con suficiente agua para retirar la solución de KOH y cloro.
6. Remover el exceso de agua golpeando el colador y secarlo por debajo con papel absorbente.

Secar los granos de sorgo en un recipiente adecuado, utilizando equipos como secadores de muestras o secadores de pelo o de manos hasta que los granos no se sientan pegajosos cuando se les toma con las pinzas (1 a 1.5 minutos).

Método de vainillina modificado para determinación de concentración de taninos⁽¹¹⁾.

Materiales, Equipo y Cristalería:

- Espectrofotómetro ultravioleta visible
- Erlenmeyer de 50 mL
- Tubos de colorímetro
- Balanza analítica

- Probeta de 25 mL
- Pipeta volumétrica de 1.0 mL y de 5.0 mL
- Bureta de 25.0 mL
- Tapones de hule para los erlenmeyer

Reactivos

- Reactivo A: HCl 8% en metanol
- Reactivo B: vainillina 4% en metanol
- Metanol (25 mL x muestra)
- Reactivo C. Mezclar volúmenes iguales de los reactivos A y B justo antes de usarlo. Preparar a diario. "No lo use después de que aparezcan trazos de color rojo (5 mL x muestra).
- Solución estándar:
 - a) Preparar una solución stock conteniendo 1.0 mg/mL de catequina y llevar a volumen con metanol.
 - b) Preparar patrones conteniendo 0.05, 0.10, 0.25 y 0.50 mg/mL de catequina y luego llevar a volumen con metanol.

Procedimiento:

- a) Pesar $0.5 \text{ g} \pm 3 \text{ mg}$. de muestras del grano previamente molturado (mortero y pistilo) en un erlenmeyer.

- b) Colocar 25 mL de metanol absoluto en cada erlenmeyer (con pipeta automática) y se taparon herméticamente. Se agitaron los contenidos y se dejaron extrayendo por una noche a temperatura constante (24 – 30 °C).
- c) Agregar 1 mL de los estándares y muestras en su respectivo tubo de ensayo con una pipeta automática.

Pipetear 5.0 mL de solución HCl-vainillina (reactivo C), y agregar a cada tubo de ensayo agitando cada uno durante un minuto; luego colocar el contenido en la celda del colorímetro y leer a 500 nm.

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

Humedad⁽²⁾.

Equipo:

- Estufa de vacío
- Balanza analítica
- Desecador de gabinete con desecante

Material:

- Cápsula de aluminio
- Pinza tipo tijera de acero inoxidable

Procedimiento:

- Pesar 2.0 g de harina de sorgo en cápsula de aluminio previamente tarada.

- Colocar la muestra en una estufa de vacío a 105 ° C durante 2 horas.
- Enfriar en un desecador y se pesó nuevamente hasta peso constante.

Proteínas(2).

Equipo:

- Aparato Microkjeldhal de digestión y destilación
- Balanza analítica y semi-analítica
- Cámara extractora de gases

Material:

- Balones de microkjeldhal de 30 mL
- Láminas de metal acanalada, para pesar
- Espátula
- Pincel
- Bureta de 50.0 mL
- Erlenmeyer de 25 mL

Reactivos:

- Catalizador (sulfato de potasio + sulfato de cobre)
- Peróxido de hidrógeno al 30 %

- Ácido sulfúrico concentrado
- Hidróxido de sodio al 40 %
- Solución de ácido bórico al 4 %
- Indicador verde de bromo cresol con azul de metileno
- Solución de ácido sulfúrico 0.025 N
- Pesar 0.1 g de harina de sorgo en una lámina de metal acanalada, previamente tarada.
- Introducir la muestra en un balón de microkjeldhal de 30 mL.
- Con un pincel arrastrar el resto (con mucho cuidado).

Digestión:

- Agregar un gramo de catalizador (sulfato de potasio + sulfato de cobre) y 2 mL de ácido sulfúrico concentrado, colocar los balones en un baño de hielo, luego añadir por las paredes del balón, 1 mL de peróxido de hidrógeno al 30 % v/v.
- Colocar los balones en un digestor bajo la cámara extractora de gases, en un inicio calentar suave, luego aumentar la temperatura hasta obtener un líquido cristalino.

Destilado:

- Enfriar la muestra y se introdujo en un destilador haciendo lavados con agua desionizada.
- Agregar 10 mL de NaOH al 40 % y calentar.

- Recibir el amoníaco desprendido en solución de ácido bórico al 4%.
- Usar el indicador mixto compuesto por Rojo de metilo y verde de bromocresol.

Titulación:

- Destilar hasta 50 mL (el color morado pasa a verde en los primeros instantes de burbujeo).
- Titular con solución de ácido sulfúrico 0.025 N hasta virar nuevamente a violeta.

Extracto Etéreo (grasa)⁽²⁾.

Equipo:

- Extractor soxhlet
- Desecador
- Balanza analítica
- Estufa

Material:

- Dedal de porcelana
- Balones volumétricos de 250.0 mL
- Algodón

Reactivos:

- Éter de petróleo

Procedimiento:

- Pesar 4.0 gramos de muestra de harina de sorgo e introducirlos en un dedal de porcelana colocándolo en el aparato extractor, colocar a continuación en un balón volumétrico de 250.0 mL previamente tarado y pesado, usando aproximadamente una cantidad de 200 mL de éter de petróleo.
- Esta extracción dura aproximadamente 12 horas, transcurrido este tiempo evaporar el éter de petróleo; a continuación colocar el balón con la grasa en la estufa a temperatura de 105° C hasta eliminar las trazas de éter (oler el balón 3 horas después del calentamiento para confirmar la ausencia de éter).
- Pesar el balón previamente enfriado en desecador.

Fibra cruda⁽²⁾.

Equipo:

- Extractor de fibra cruda
- Balanza analítica
- Desecador de gabinete
- Estufa eléctrica
- Horno de Mufla
- Bomba de vacío

Material:

- Asbestos preparados
- Beaker berzelius de 600 mL
- Tela de lino especial (lona)
- Espátula
- Beakers
- Crisol de goosh

Reactivos:

- Asbesto
- Ácido sulfúrico 0.27 N
- Solución de hidróxido de sodio 0.35 N
- Alcohol isopropilico

Procedimiento:

- De la muestra previamente desengrasada y secada, pesar 2 gramos, transferirlos a un beaker (berzelius) de 600 mL, agregar 1 gramo de asbesto, 200 mL de ácido sulfúrico 0.27 N y someter a ebullición en un aparato de digestión durante 30 minutos.

- Transcurrido este tiempo filtrar en tela de lino especial (lona), lavar con agua caliente hasta eliminación completa del ácido, identificar con sulfato de bario hasta que la solución quede transparente.
- Transferir el residuo al beaker de 600 mL raspando con una espátula, lavar la lona con 10 ml de NaOH 0.35 N caliente y luego agregar más NaOH 0.35 N hasta completar 200 mL.
- Someter a ebullición en el mismo aparato durante 30 minutos luego filtrar en la misma tela, lavando con agua caliente hasta la eliminación del álcali; identificar con fenolftaleína hasta que la solución quede transparente.
- Transferir el residuo a un crisol de goosh que contenía un filtro de asbesto; luego lavar con alcohol isopropílico, secar el goosh en estufa durante 2 horas a 130° C, enfriar en desecador y pesar.
- Calcinar la muestra durante 30 minutos a 600 ° C
- Enfriar en desecador y luego pesar.

Cenizas⁽²⁾.

Equipo:

- Desecador de gabinete
- Balanza analítica
- Horno de Mufla

Material:

- Crisoles de porcelana

Procedimiento:

- Pesar 1.0 gramo de muestra de harina de sorgo en un crisol de porcelana previamente tarado.
- Calcinar en un horno a 550° C por 8 horas.
- Apagar el horno y al día siguiente se llevaron las cenizas a un desecador cuando la muestra aún está tibia hasta que alcance la temperatura ambiente.
- Pesar las cenizas.

Preparación de la solución de cenizas para la determinación de minerales⁽²⁾.

Equipo:

- Cocina eléctrica o mechero de gas

Materiales:

- Frasco volumétrico de 100.0 mL
- Embudo de vidrio espiga larga

- Probeta de 10 y 25 mL
- Frasco lavador (pizeta)

- Porta embudo de madera
- Papel filtro whatman N° 40
- Agitador de vidrio con punta de goma

Reactivos:

- Ácido clorhídrico concentrado
- Solución de HCl – H₂O (3:10)

Procedimiento:

- Humedecer las cenizas contenidas en el crisol con agua destilada más 5 mL de ácido clorhídrico concentrado, secar en un hot plate a temperatura baja, realizar en cámara extractora de gases.
- Agregar una mezcla de HCl - H₂O (3:10) a las cenizas, y colocar nuevamente en el hot plate hasta obtención de vapores blancos.
- Lavar las cenizas con agua destilada caliente y filtrar con papel filtro whatman N° 40 en balones volumétricos de 100.0 mL, llevándolas a este volumen con los lavados de agua caliente. (Solución madre).
- Después de aforar los balones a 100.0 mL colocar los balones en un baño de agua a una temperatura de 20° C.

Determinación de Calcio por Absorción Atómica⁽²⁾.

Equipo:

- Espectrofotómetro de absorción atómica

Materiales:

- Balones volumétricos de 50.0 y 100.0 mL
- Pipetas volumétricas de 2.0 y 10.0 mL
- Beaker de 50 mL
- Frasco lavador
- Bandeja metálica

Reactivos:

- Solución de Cloruro de lantano al 2.5 %
- Estándares de calcio a diferentes concentraciones : 1,2 y 4 ppm.

Procedimiento:

- En un balón volumétrico de 50.0 mL, colocar una alícuota de 2.0 mL de solución madre, agregar 2.5 mL de solución de cloruro de lantano al 2.5%, luego aforar con agua desmineralizada.
- Leer en aparato de absorción atómica a una longitud de onda de 422.7 nm, usando agua destilada como blanco y estándares de calcio a diferentes concentraciones: 1, 2 y 4 ppm para la calibración.

Preparación de muestra para calcio:

0.9944g Muestra → 100 mL (Solución Madre)



2 mL → 50 mL

$$F.D = \frac{100 \times 50}{2} = 2,500$$

F.D = 2,500

Preparación de Estándares partiendo del estándar 100 ppm de Calcio₍₄₎.

(Estándares Certificados)

Concentración inicial 100 ppm

Volumen alícuota a tomar	Volumen Final	Concentración Final
1.0 mL	100.0 mL	1 ppm
2.0 mL	100.0 mL	2 ppm
4.0 mL	100.0 mL	4 ppm

Solvente: agua desmineralizada + cloruro de lantano al 2.5%

Determinación de Hierro por Absorción Atómica⁽²⁾.

Equipo:

_ Espectrofotómetro de absorción atómica

Materiales:

_ Balones volumétricos de 10.0 y 100.0 ml

_ Micropipetas de 100.0, 200.0 y 400.0 μ l (Microlitros)

_ Beakers de 50 ml

Reactivos:

_ Solución estándar de Hierro

Procedimiento:

_ Llevar a cabo una calibración usando agua como blanco

_ A continuación calibrar con estándares de hierro de diferentes concentraciones (1, 2 y 4 ppm) utilizando una longitud de onda de 248.3 nm.

_ Leer la muestra.

Preparación de muestra para Hierro

ESQUEMA DE DILUCIÓN PARA LA MUESTRA

2.5653 g _____ 100 ml (Solución Madre)

FD = 100

Nota: Se hace lectura directa de la solución madre en el equipo de absorción atómica.

Preparación de estándares partiendo de 100 ppm de hierro

(Estándares certificados)⁽⁴⁾.

Alícuota inicial	Volumen de aforo	concentración final
100.0 µl	100.0 ml	1 ppm
200.0 µl	100.0 ml	2 ppm
400.0 µl	100.0 ml	4 ppm

Solvente: Agua desmineralizada

Determinación de Fósforo por el Método Colorimétrico⁽²⁾.

Equipo:

- Balanza analítica
- Colorímetro

Materiales:

- Tubos de ensayo de 30 mL

- Gradilla para tubos de ensayo
- Pipetas volumétricas de 2.0 y 5.0 mL
- Balones volumétricos de 50.0 mL
- Beakers de 100 mL
- Probeta graduada de 25 mL
- Agitador mecánico

Reactivos:

- Solución de molibdato de amonio al 5%
- Solución de metavanadato de amonio al 0.25%
- Soluciones estándares de fósforo a diferentes concentraciones (0,2.5,5,10y20ppm)

Procedimiento:

De los 100 ml de la solución madre pipetear 5 mL y colocarlos en un balón volumétrico de 50.0 mL aforándolo con agua desmineralizada hasta ese volumen.

- Luego pipetear 5.0 mL y colocar en un tubo de ensayo y agregar 2 mL de una mezcla de molibdato y metavanadato de amonio en relación 1:1, agitar los tubos y dejar desarrollar el color por 15 minutos.
- Posteriormente leer en el colorímetro a una longitud de onda de 420 nm

Preparación de los Estándares de Fósforo:

- Preparar soluciones estándares (0, 2.5, 5, 10, 20 ppm), de fósforo partiendo de la-solución del estándar de 100 ppm.
- De las soluciones estándares de fósforo ya preparadas, pipetear 5 mL de cada uno en diferentes tubos de ensayo previamente numerados y colocados en gradilla.
- Luego adicionar 2 mL de la mezcla a partes iguales de molibdato y metavanadato de amonio (1:1) a cada tubo.
- Agitar los tubos por 15 segundos y dejarlos reposar mientras se desarrolla el color por 15 minutos.
- Leer en colorímetro a una longitud de onda de 420 nm.

Preparación de la Muestra para Fósforo:

ESQUEMA DE DILUCIÓN PARA LA MUESTRA

0.9944g Muestra → 100 mL (Solución Madre)

↓

5 mL → 50 mL (agua desmineralizada)

↓

5 mL + 2 mL (molibdato + metavanadato)

$$F. D = \frac{100 \times 50}{5} = 1000$$

F.D = 1,000

Determinación de Potasio por Absorción Atómica⁽²⁾.

Equipo:

- _ Espectrofotómetro de absorción Atómica
- _ Balanza Analítica
- _ Hot Plate

Materiales:

- _ Beaker de 250 ml
- _ Bureta de 50 ml
- _ Vidrio de Reloj
- _ Papel filtro Whatman # 40
- _ Agitadores de Vidrio
- _ Embudo de tallo largo
- _ Balón volumétrico de 200.0 ml
- _ Frasco lavador

Reactivos:

- _ Solución de Oxalato de Amonio al 4 %
- _ Estándares de potasio a concentraciones de 10, 20, 30 y 40 ppm

Procedimiento:

- _ Pesar entre 0.25 y 0.5 g de muestra en un Beaker de 250 mL
- _ Agregar 20 mL de agua y 27.5 mL de oxalato de amonio al 4%
- _ Llevar a ebullición el contenido del Beaker tapado con un vidrio de reloj , hasta obtener un volumen de 10 mL
- _ Filtrar sobre papel Whatman # 40 y recibir en balón volumétrico de 200.0 mL , lavando con agua caliente.
- _ Enfriar y Aforar.

Preparación de solución patrón de Potasio

Pesar 0.9533 g de KCl (100% puro), ó 0.9581 para 99.5% de pureza de KCl.

Disolver en agua destilada y llevar a 500.0 ml, obteniendo un stock de 1000 ppm de K.

Preparación de Estándares de Potasio⁽⁴⁾.

Solución 1000ppm	Volumen final	Concentración final
2.0 mL	200.0 mL	10 ppm
4.0 mL	200.0 mL	20 ppm
6.0 mL	200.0 mL	30 ppm
8.0 mL	200.0 mL	40 ppm

Determinación de Magnesio por Absorción Atómica⁽²⁾.

Equipo:

- Espectrofotómetro de absorción atómica

Materiales:

- Pipeta de 5 y 10 mL
- Balones volumétricos de 50.0 y 100.0 mL

Reactivos:

- Solución de Cloruro de Lantano al 2.5%
- Estándares de Magnesio a concentraciones de 0.3, 0.5, 0.8 y 1.0 ppm

Procedimiento:

- En un balón volumétrico de 50.0 mL colocar 2.0 mL de solución madre de 100 mL, agregar 2.5 mL de solución de Cloruro de lantano al 2.5%, y aforar con agua desmineralizada.
- Leer en aparato de Absorción Atómica a una longitud de onda de 285.2 nm, calibrando con agua destilada(blanco) y luego calibrando con estándares de Magnesio de 0.3, 0.5, 0.8 y 1.0 ppm⁽⁴⁾.

Preparación de estándares de Mg, partiendo del estándar de 100 ppm de Mg .
(Estándares certificados)⁽⁴⁾.

Alícuota a tomar	Volumen de aforo	Concentración final
0.3 mL	100.0 mL	0.3 ppm
0.5 mL	100.0 mL	0.5 ppm
0.8 mL	100.0 mL	0.8 ppm
1.0 mL	100.0 mL	1.0 ppm

GRANULOMETRIA⁽¹²⁾.

Equipo:

- Tamiz vibrador
- Balanza semi analítica

Materiales:

- Escobilla o brocha
- Hojas de papel
- Beaker de 250 mL.

Procedimiento para granulometría:

1. Pesar 100.0 g de muestra de harina de sorgo de cada una de las variedades criollas, utilizando un beaker de 250 mL.

2. Luego colocar los 100 g. de muestra en un tamiz vibrador que contenga mallas de 4.00mm, 2.00mm, 0.710mm, 0.500mm, 0.250mm, 0.125mm y 0.063mm de diámetro. Programar el aparato para operar a 20 revoluciones por minuto durante 5 minutos.
3. Después de transcurrido este tiempo, limpiar cada malla, por separado recogiendo su respectivo contenido de harina sobre una hoja de papel limpia.
4. A continuación pesar cada hoja de papel para determinar el peso de harina que contenían, y determinar su porcentaje.

ANEXO Nº 6.

Color de harinas de las variedades criollas de sorgo investigadas



Fig. Nº 3. Harina de la variedad criolla Cacho de chivo



Fig. N° 4. Harina de la variedad criolla Chapín



Fig. N° 5. Harina de la variedad criolla Chilezo



Fig. N° 6. Harina de la variedad criolla Corona



Fig. N° 7. Harina de la variedad criolla De leche



Fig. N° 8. Harina de la variedad criolla Enanón



Fig. N° 9. Harina de la variedad criolla Maicillón



Fig. N° 10. Harina de la variedad criolla Mano de Piedra



Fig. N° 11. Harina de la variedad criolla Pecho de paloma



Fig. N° 12. Harina de la variedad criolla Peruano amarillo



Fig. N° 13. Harina de la variedad criolla Peruano blanco



Fig. N° 14. Harina de la variedad criolla Piña



Fig. N° 15. Harina de la variedad criolla Punta de lanza



Fig. N° 16. Harina de la variedad criolla Riñón