

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



CUANTIFICACION DE TANINOS Y ANALISIS BROMATOLOGICO PROXIMAL
EN CUATRO VARIEDADES DE GRANO DE *Sorghum bicolor* L. Moench
(SORGO) CULTIVADAS EN EL SALVADOR.

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR
KAREN LIZETH ALVARADO MARTINEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

NOVIEMBRE 2017

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

LIC. CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

MAE. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

COORDINADORA DE PROCESOS DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez.

TRIBUNAL CALIFICADOR

ASESORA DE AREA DE QUIMICA AGRICOLA

MAE. María Elisa Vivar de Figueroa.

ASESORA DE AREA DE INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y TOXICOLOGIA

MAE. Nancy Zuleyma González Sosa.

DOCENTES DIRECTORES

MSc. Ena Edith Herrera Salazar

MSc. Norbis Salvador Solano Melara

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que gracias a su voluntad me ha permitido llegar a esta etapa, superando los obstáculos que se me presentaron en el proceso.

A mis padres y mi abuelita materna; que con todo su amor, esfuerzo y sacrificio me han dado lo que estuvo a su alcance (económica y moralmente) para poder terminar mis estudios, gracias por confiar en mí y por darme esta oportunidad de superación que deja una huella invaluable en mi vida.

A mis suegros que de manera especial han contribuido tanto al desarrollo de este trabajo.

A todo el personal docente de las Facultades de Química y Farmacia: MSc. Ena Edith Herrera por su paciencia, dirección, MSc. María Elisa Vivar por el cariño mostrado y su interés por ayudarme a finalizar, MSc. Cecilia Haydee Gallardo por su comprensión en los momentos más difíciles en mi salud, MAE. Nancy González por su atención a mis dudas y por sus correcciones tan puntuales y acertadas a mi trabajo; Facultad de Ciencias Agronómicas: Ing. Milton Flores y Lic. Norbis Solano por su tiempo y la ayuda brindada para préstamo de equipos y realización de análisis, por la paciencia y el tiempo invertido en consultas, revisiones, análisis, correcciones, y también a Lic. Lorena, Lic. Yanira, Lic. Fredy, Ing. Flor, Ing. Carrillo por su apoyo moral.

A mis amigos y excompañeros: Milita, Wilfredo, Aida, Mónica, Víctor, Ana María, Verónica, Denise, Marielos, Juan Carlos y Lic. Sandra López; gracias a todos que me han dado su ayuda, por palabras de aliento cuando más lo necesitaba y por permitirme llevar en mi recuerdo tantas experiencias

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres, hermana y abuelita Orbelina.

A mi esposo que con tanto amor y paciencia me brindo de todo su apoyo.

A mis suegros, mis dos cuñadas y la abuelita Matilde.

INDICE GENERAL

Resumen	
CAPÍTULO I	
1.0 Introducción.	xvi
CAPÍTULO II	
2.0 Objetivos	19
2.1 Objetivo general	
2.2 Objetivos específicos	
CAPÍTULO III	
3.0 Marco teórico	21
3.1 Cultivo del sorgo	21
3.2 Aspectos botánicos del sorgo	22
3.3 Etapas fenológicas del sorgo	25
3.4 Requerimientos edafoclimáticos	26
3.5 Almacenamiento del grano	28
3.6 Industrialización del grano de sorgo para consumo humano	30
3.7 Variedades de sorgo para elaboración de harina	31
3.8 Factores antinutricionales del sorgo	31
3.9 Análisis bromatológico	34
3.10 Muestreo	39
3.11 Cuantificación de taninos	42
CAPÍTULO IV	
4.0 Diseño metodológico	46
4.1 Tipo de estudio	46
4.2 Investigación bibliográfica	46
4.3 Investigación de campo	47
4.4 Parte experimental	47
4.4.1 Preparación de la muestra	47
4.4.2 Análisis bromatológico proximal	48

4.4.2.1	Determinación de humedad parcial	48
4.4.2.2	Determinación de humedad final	49
4.4.2.3	Determinación de ceniza	50
4.4.2.4	Determinación de proteína cruda por método Micro – Kjeldahl	50
4.4.2.5	Determinación de grasa cruda	52
4.4.2.6	Determinación de fibra cruda	53
4.4.2.7	Determinación de carbohidratos totales	55
4.4.3	Cuantificación de taninos	55
4.4.4	Análisis estadístico	58
4.4.5	Informe de resultados y posibles usos de las variedades de sorgo analizadas	59

CAPÍTULO V

5.0	Resultados y discusión de resultados	61
5.1	Determinación de humedad	61
5.1.1	Determinación de humedad parcial	62
5.1.2	Determinación de humedad final	62
5.2	Determinación de ceniza	67
5.3	Determinación de proteína	71
5.4	Determinación de grasa cruda	75
5.5	Determinación de fibra cruda	80
5.6	Determinación de carbohidratos	85
5.7	Cuantificación de taninos	88
5.7.1	Curva de calibración	88
5.7.2	Calculo de cantidad de fenoles totales en extracto acetónico	89
5.7.3	Cálculo de cantidad de fenoles totales en extracto de polivinil pirrolidona	91
5.7.4	Cálculo de taninos como equivalentes de ácido tánico	94

5.8	Resumen de resultados	95
5.9	Informe de resultados y de los posibles usos de las variedades analizadas	96
CAPÍTULO VI		
6.0	Conclusiones	98
CAPÍTULO VII		
7.0	Recomendaciones	101
	Bibliografía	
	Glosario	
	Anexos	

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°	Pág. N°
1. Porcentaje de harina de sorgo utilizado en algunos productos alimenticios.	30
2. Características agronómicas de las variedades del sorgo CENTA BMR S-2.	33
3. Características agronómicas de las variedades de sorgo CENTA BMR S-3 y CENTA BMR S-4.	34
4. Medida indicada para la toma de una cantidad adecuada de muestra según su homogeneidad y estado físico.	41

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	Pág. N°
1. Diferentes formas de panículas de sorgo	24
2. Patrón de muestreo de costales de cereales	39
3. Grafico comparativo del contenido de Humedad (%) entre las variedades de sorgo en estudio	65
4. Grafico comparativo del contenido de Ceniza (%) entre las variedades de sorgo en estudio	69
5. Grafico comparativo del contenido de proteína (%) entre las variedades de sorgo en estudio	74
6. Grafico comparativo del contenido de grasa cruda (%) entre las variedades de sorgo en estudio.	79
7. Grafico comparativo del contenido de fibra cruda (%) entre las variedades de sorgo en estudio	83
8. Grafico comparativo del contenido de Carbohidratos (%) entre las variedades de sorgo en estudio	87
9. Gráfico de la curva de calibración para determinación de contenido de ácido tánico en extracto acetónico	89
10. Análisis Bromatológico y Cuantificación de Taninos de las variedades de sorgo BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV	96

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	Pág. N°
1 Preparación de la curva de calibración para determinar contenido de ácido tánico.	58
2 Promedios de porcentajes en determinación de humedad parcial en las variedades de sorgo en estudio.	62
3 Promedios de porcentajes en determinación de humedad final en las variedades de sorgo en estudio.	62
4 Resultados de la determinación de Humedad total, cantidad de materia seca de las variedades de sorgo en estudio y sus respectivos promedios.	64
5 Promedios del porcentaje de Cenizas en las variedades de sorgo en estudio.	67
6 Promedios del porcentaje de proteína cruda en las muestras de las variedades de sorgo en estudio.	73
7 Promedio de porcentaje de grasa cruda en las muestras de sorgo en estudio.	78
8 Promedios de porcentaje de fibra cruda.	83
9 Porcentaje de carbohidratos encontrados en las muestras analizadas.	86

10	Datos del análisis bromatológico proximal de las muestras de sorgo transformados a $\text{Log}_{10}(n+1)$.	88
11	Resultados del análisis realizado en alícuota de 100 μL del extracto acetónico.	90
12	Equivalentes de ácido tánico en alícuota de 200 μL en extracto de polivinilpirrolidona.	93
13	Cantidad de taninos en equivalentes del ácido tánico.	94
14	Cuadro de resultados de Análisis Bromatológico y Cuantificación de Taninos de las variedades de sorgo BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV.	95

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

- 1 Esquemas de procedimientos para el análisis bromatológico proximal y de cuantificación de taninos
- 2 Listado de materiales y equipos utilizados en el análisis bromatológico proximal y de cuantificación de taninos.
- 3 Listado de reactivos utilizados en el análisis bromatológico proximal y de cuantificación de taninos
- 4 Tablas de datos crudos y resultados para la determinación de análisis bromatológico y cuantificación de taninos
- 5 Nota de remisión e Informe final

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar la posibilidad de utilizar variedades de sorgo BMR (llamado así por su nombre en inglés, Brown Middle Rib; que se caracterizan por su nervadura color marrón) de la cual se derivan las variedades BMR S-2, BMR S-3 y BMR S-4 que fueron el objeto de este estudio ya que presentan importantes ventajas de adaptabilidad a climas y suelos áridos, disminuyendo el costo monetario para su cultivo y convirtiéndose en una alternativa muy económica para la población de bajo recurso al utilizarla para elaboración de alimentos de consumo humano, tal como se hace con la variedad RCV y cuyos productos contienen una calidad alimenticia similar a los elaborados con otros granos.

Lo anterior se determinó con los análisis de laboratorio que permitieron corroborar el cumplimiento de los parámetros mínimos establecidos por el Codex Alimentarius en la parte bromatológica y en contenido máximo de taninos, ya que este último es de los principales factores anti-nutricionales que contiene este grano; para los análisis se utilizó una muestra de cada variedad de sorgo en estudio (BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4) y una variedad extra (RCV) que sirvió para comparación.

Todas las muestras fueron proporcionadas por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”; CENTA, y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador durante el periodo de enero de 2016 a Julio de 2017.

Como resultado de los análisis se concluye que la calidad de los parámetros bromatológicos mostrados por la variedad BMR S-3 le aporta una ventaja sobre

la variedad BMR S-2 y BMR S-4 ya que contienen valores de humedad (BMR S-2=14.42%, BMR S-3=13.77%, BMR S-4= 14.36%) que indican una baja probabilidad de desarrollo de hongos pues tienen la humedad adecuada; en cuanto a los valores de ceniza, la misma variedad BMR S-3 es la que contiene el porcentaje más bajo (2.21%). Con respecto a la determinación de proteína cruda, la variedad con mayor porcentaje es BMR S-2(11.47%) aunque no supera al testigo RCV (11.83%) que lo hacen tener un valor alimenticio importante. El mayor valor de contenido de grasa cruda es de la variedad BMR S-2 (6.07%) y la menor es de la variedad BMR S-3 (3.48%), con el contenido de fibra cruda la variedad S-3 presenta el menor valor con 2.5% y el mayor valor de BMR S-4, dando como punto final el contenido de carbohidratos que corresponde el menor valor para BMR S-2 (60.8%).

Con respecto al contenido de taninos todas las variedades presentan valores no detectados por el método de Folin Ciocalteu; es decir por debajo de 0.5% que reporta como límite máximo el Codex Alimentarius y siendo este el parámetro principal para determinar el uso o no de las variedades BMR en alimentación humana se concluye que sus porcentajes de humedad, ceniza, proteína, fibra, grasa cruda y su contenido de taninos hacen a estas variedades BMR aptas para su utilización no solo para alimentación animal; sino también para el consumo humano.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

Actualmente la problemática mundial de alimentación se centra en la implementación de tecnologías para mitigar el inminente deterioro de la seguridad alimentaria; debido al difícil acceso a factores que determinan los procesos de producción como el capital, la calidad de los suelos y disponibilidad de los mismos y condiciones ambientales. ⁽¹¹⁾

En El Salvador la historia no es diferente, hoy en día se buscan nuevas alternativas de alimentación como medidas paliativas para la seguridad alimentaria, surgiendo de esta manera la investigación de las propiedades alimenticias de especies vegetales que normalmente se utilizan en alimentación animal, para verificar si es posible su utilización en alimentación humana con el objetivo de facilitar el acceso a la alimentación nutritiva y económica para la población.

Esta investigación se enfocó en las variedades de sorgo Brown Mid Rib (BMR en español nevadura marrón); las cuales contienen una modificación genética que les confiere la capacidad de mejorar la resistencia de los cultivos en condiciones ambientales poco favorables ,así como su aprovechamiento en ensilajes; con el objetivo de determinar a través del análisis bromatológico proximal (Humedad, Cenizas, Proteína, Fibra cruda, Extracto etéreo y carbohidratos) y la cuantificación de taninos y si era posible que estas variedades BMR se consideraran como una alternativa para la alimentación humana.

De las variedades de sorgo BMR existentes, se seleccionaron las variedades BMR S-2, BMR S-3 y BMR S-4 para su evaluación; pues presentan las mejores características de adaptabilidad a los ambientes climáticos en El Salvador y

tienen gran aceptación para su uso como ensilado; además se escogió la variedad de sorgo RCV como patrón de comparación (blanco) por ser utilizada para la alimentación humana, según su cumplimiento de parámetros de la Norma del Codex Alimentarius (Codex Stan. 172 – 1989).⁽¹⁰⁾

Los resultados de los análisis de las variedades BMR con la variedad RCV se compararon determinándoles el grado de significancia. Se aplicó el programa MiniTab 17.

Las muestras de las cuatro variedades que se utilizaron, fueron proporcionadas por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) y la investigación se desarrolló durante el periodo de Enero del 2016 a Julio del 2017 en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

CAPITULO II
OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Cuantificar los taninos y análisis bromatológico proximal en cuatro variedades de grano de *Sorghum bicolor* L. Moench (Sorgo) cultivadas en El Salvador.

2.2. Objetivos específicos

- 2.2.1. Determinar el contenido de: Humedad, Cenizas, Proteína, Fibra cruda, Extracto Etéreo, Carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) en las variedades de sorgo BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV.
- 2.2.2. Cuantificar el contenido de taninos por el método de Folin-Ciocalteu en cada una de las variedades antes mencionadas.
- 2.2.3. Evaluar los resultados del análisis bromatológico proximal aplicando la prueba estadística t de Student.
- 2.2.4. Comparar los resultados de los análisis de las variedades BMR con los resultados de la variedad RCV con respecto a lo establecido en el Codex Alimentarius (Codex Stan. 172-1989).
- 2.2.5. Recomendar los posibles usos de las variedades de sorgo analizadas de acuerdo a los resultados de los análisis realizados a la Comisión de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad de El Salvador (COSAN-UES).

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEÓRICO

Desde sus inicios, las Naciones Unidas han establecido el acceso a una alimentación adecuada como derecho individual y responsabilidad colectiva. La Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 proclamó que "Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación..." Casi 20 años después, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1996) elaboró estos conceptos más plenamente, haciendo hincapié en "el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso la alimentación...", y especificando "el derecho fundamental de toda persona a estar protegida contra el hambre". ⁽¹⁰⁾

3.1 CULTIVO DEL SORGO.

El sorgo, es el quinto cereal en importancia en el mundo; es un cultivo que constituye un componente básico de la dieta en muchas partes de África. Y alrededor de 300 millones de personas lo utilizan como un componente importante de su dieta. ⁽¹¹⁾

Este grano tiene una cualidad muy apreciada: resiste bien a climas muy secos, característicos de amplias regiones africanas. Siendo una alternativa considerable para millones de seres humanos precisamente en los lugares en los cuales la sequía es la causante recurrente de hambre y desnutrición masiva. Sin embargo, carece de importantes componentes nutricionales como para convertirse en un recurso nutricional plenamente valioso. Además, es difícil de digerir, por lo que se ha realizado un mejoramiento genético que busca la generación de una especie de Sorgo biofortificado; con características morfológicas que se ajusten a factores ambientales desfavorables, con la

capacidad de incrementar la producción y completar una composición proteica que balancee el problema de alimentación.⁽²⁰⁾

El sorgo, conocido en El Salvador como maicillo, tuvo su origen en África, y llegó a Centroamérica a través de la India, China y Estados Unidos. Después del maíz blanco, es el segundo grano en volumen producido en El Salvador. Para 2005 la producción alcanzó los 3.2 millones de quintales, en 92,184 hectáreas sembradas, con un rendimiento promedio de 1,556.7 kg ha⁻¹. En algunas regiones del mundo está sustituyendo al cultivo de maíz, por su resistencia a enfermedades virosas, fungosas y poca demanda de agua. ⁽³⁾

La importancia de este cultivo ha aumentado considerablemente en los últimos años debido a su utilización en la alimentación humana. En la industria de panificación la harina de sorgo está tomando auge, ya que se ha comprobado que puede sustituir hasta en un 50% a la harina de trigo, en las mezclas para la elaboración de pan, sin afectar la calidad de éste. ⁽³⁾

Bajo el sistema de monocultivo, El Salvador tiene un potencial de 28,200 hectáreas, comprendidas en la zona costera y valles intermedios, explotándose en forma tecnificada y semi-tecnificada. Por el régimen de lluvia imperante en nuestro medio se puede obtener dos cosechas en el año. ⁽³⁾

3.2 ASPECTOS BOTÁNICOS DEL SORGO.

3.2.1. Clasificación taxonómica. ⁽⁸⁾

- Nombres comunes: sorgo, trigo de guinea.
- Clasificación científica:
- Reino: plantae
- División: magnoliophyta

- Clase: liliopsida
- Orden: poales
- Familia: poaceae
- Subfamilia: panicoideae
- Género: sorghum
- Especie vulgaris

3.2.2. Raíz. ⁽³⁾

El sistema radical 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 30 centímetros. El número de pelos absorbentes puede ser el doble que en maíz, las raíces de soporte pueden crecer de primordios radicales, pero no son efectivas en la absorción de agua y nutrientes.

3.2.3. Tallo. ⁽³⁾

El sorgo es una planta de un solo tallo, pero puede desarrollar otros (hijos) dependiendo de la variedad y el ambiente; está formado de una serie de nudos y entrenudos, su longitud varía de 0.5 a 4 metros, su diámetro de 0.5 a 5 cm cerca de la base, volviéndose más angosto en el extremo superior; su consistencia es sólida con una corteza o tejido exterior duro y una médula suave. Los tallos tienen de 7 a 24 nudos y son erectos.

3.2.4. Hojas. ⁽³⁾

El número de hojas varía de 7 a 24 según la variedad y el período de crecimiento, son erectas hasta casi horizontales y se encorvan con la edad. La longitud de una hoja madura oscila entre 30 a 135 cm y su ancho entre 1.5 a 15

cm; son alternas y lanceoladas o linear lanceoladas, con una superficie lisa y cerosa.

3.2.5. Inflorescencia. ⁽³⁾

Es una panícula de racimo con un raquis central completamente escondido por la densidad de sus ramas o totalmente expuesto, cuando está inmadura es forzada hacia arriba dentro de la vaina más alta (buche), después que la última hoja (bandera) se expande distendiéndola a su paso. La exersión es importante para la cosecha mecanizada y para la tolerancia de plagas y enfermedades.

La panícula es corta o larga, suelta, abierta y compacta o semi-compacta (ver Figura N°1). Puede tener de 4 a 25 cm de largo, 2 a 20 cm de ancho y contener de 400 a 800 granos, según el tipo de panícula.

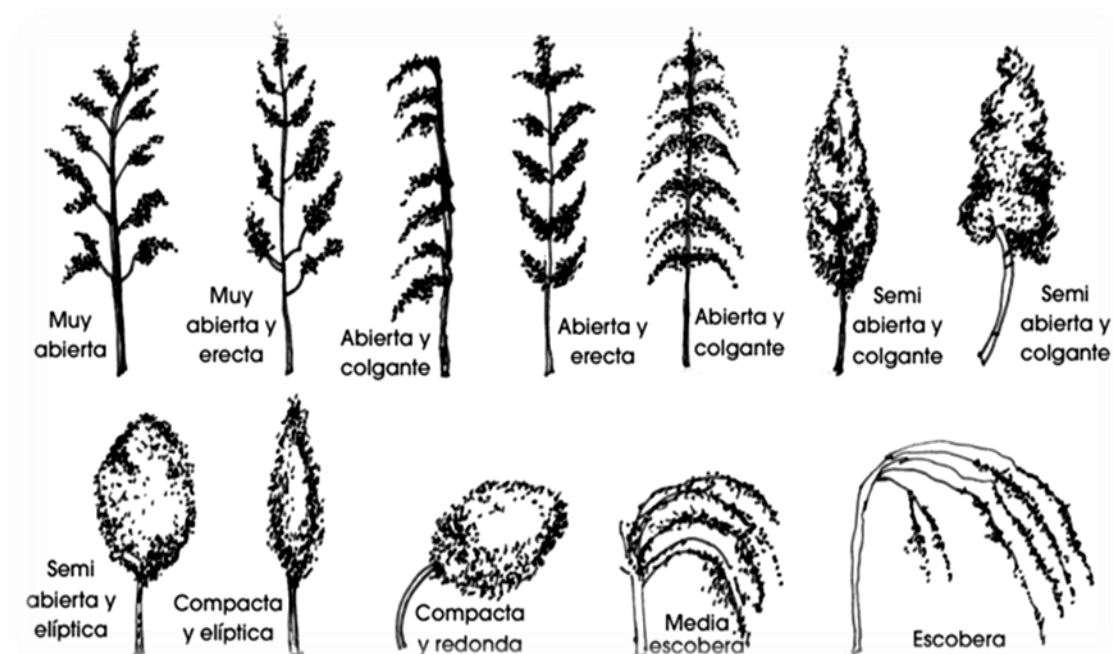


Figura N° 1. Diferentes formas de panículas de sorgo.

3.3 ETAPAS FENOLÓGICAS DEL SORGO.⁽³⁾

El cultivo del sorgo presenta tres etapas fenológicas bien definidas, con una duración de aproximadamente 30 días cada una, dependiendo de la variedad que se utilice así como de las condiciones agroclimáticas.

a) Etapa 1

Vegetativa, comprende desde la siembra hasta el inicio de los primordios florales. Inicia con la imbibición del agua por la semilla, pasando por la formación de la radícula, del coleóptilo, crecimiento de hojas y tallo, finalizando al inicio del primordio floral.

b) Etapa 2

Reproductiva, se inicia con la emergencia del primordio floral, continúa con iniciación de ramas primarias, secundarias; agrandamiento del ápice floral, glumas, espiguillas, formación de florcillas con sus estambres y pistilos, finalizando con la maduración de los órganos reproductivos.

c) Etapa 3

Comprende varias etapas importantes que son:

- Polinización.
- Fecundación del ovario.
- Desarrollo.
- Maduración del grano.

3.4 REQUERIMIENTOS EDAFO CLIMÁTICOS.

3.4.1. Suelo. ⁽³⁾

El sorgo es bastante susceptible a deficiencia de Hierro, Zinc y Manganeso; especialmente en suelos vertisoles con altos niveles de Carbonato de Calcio. Estas deficiencias pueden ser observadas en los cultivos cuando la planta se pone clorótica o con manchas rojizas a lo largo de las hojas. Responde muy bien a una diversidad de suelos aún con características adversas de fertilidad, textura, pendiente, pedregosidad y pH (5.5-7.8).

3.4.2. Elevación. ⁽³⁾

El sorgo puede cultivarse desde 0 a 1000 msnm, sin embargo las mejores producciones se obtienen en zonas comprendidas de 0 a 500 msnm.

3.4.3. Humedad del suelo. ⁽³⁾

Los sorgos fotoinsensitivos necesitan una mayor cantidad de humedad en el suelo para la polinización y llenado del grano; comparados con los fotosensitivos (criollos) que requieren una mínima reserva de humedad en el suelo para completar satisfactoriamente estas etapas de desarrollo. En general el sorgo requiere de 550 mm de agua en todo el ciclo de cultivo y bien distribuidos para una óptima producción.

3.4.4. Temperatura. ⁽³⁾

Debido a su origen tropical, el sorgo se adapta bien a temperaturas que oscilan entre los 20 y 40°C. Temperaturas fuera de este rango provocan la aceleración de la antesis, aborto de flores y de los embriones.

3.4.5. Cantidad de horas luz. ⁽³⁾

El sorgo, dependiendo de su condición fisiológica, puede ser fotosensitivo o fotoinsensitivo, esto se refiere a la cantidad de horas luz que el cultivo demanda para su desarrollo y floración y las variedades fotoinsensitivas son aquellas cuya floración no es afectada por la cantidad de horas luz y florecen independientemente de la época en que sean sembradas. Las variedades criollas o fotosensitivas son las que independientemente de la época de siembra florecen cuando los días son cortos (noviembre- diciembre).

Durante el periodo de desarrollo del cultivo del sorgo, este requiere de manejo agronómico adecuado para su buen desarrollo y buenas producciones de grano. Esto se puede lograr poniendo en práctica labores de manejo como las que a continuación se recomiendan.

- Raleo. ⁽³⁾

Esta práctica se recomienda hacerla 15 días después de la siembra y nos permite manejar una cantidad adecuada de plantas por área.

- Control de plagas. ⁽³⁾

El gusano cogollero es una de las plagas que más ataca al cultivo de sorgo desde los primeros estadios hasta los 65 días por lo que se vuelve importante su control con teflubenzuron 15% SC en dosis de 12 a 15 cc por bomba de 17 litros, para evitar pérdidas en la producción de grano.

Otras plagas que causan menos daños como pulgones, chinches, tortuguillas también pueden ser controladas con productos como thiamethoxan/ lanmdacihalotrina 24.7 SC de 12 a 15 cc por bomba de 17 litros.

- Control de malezas. ⁽³⁾

El control de estas después de 25 días de siembra es importante para evitar que compitan con el cultivo, pueden controlarse de forma manual o utilizando productos químicos como glufosinato de amonio 15 SL, del cual puede aplicarse de 100 a 150 cc por bomba de 17 litros, dirigido a la maleza o utilizando pantalla para no bañar a la planta de sorgo, dependiendo del tipo de maleza existente.

- Fertilización. ⁽³⁾

Esta actividad ayuda a que el llenado de grano sea más efectivo y por lo tanto que la producción sea mayor por manzana. Por ello se recomienda fertilizar la tierra al momento de realizar la siembra y nuevamente a los ocho días, utilizando para ello 4 quintales de fórmula 16-20-0, y por último a los de 30 días después de la siembra usar sulfato de amonio 21%, 4 quintales por manzana.

3.5 ALMACENAMIENTO DEL GRANO. ⁽⁴⁾

El adecuado almacenamiento permite que grano se conserve de mejor manera. Se debe tener un manejo integral que va desde la selección misma del grano hasta el adecuado control de plagas durante el almacenaje. Para esto, los silos metálicos son la mejor opción, tanto para el maíz, el frijol y el sorgo.

El procedimiento a seguir en el caso de los granos básicos es que el agricultor debe manejar lo que se llama “la regla de oro” del almacenamiento, la cual consiste en que el grano debe ir con una humedad adecuada, seco, limpio, no debe llevar basura ni restos de cosecha, debe estar fresco. Y con todas esas condiciones el grano se conserva mejor en el almacenamiento.

Además el cultivo no debe estar mucho tiempo en el campo, el proceso continúa con el secado del grano. Para esto se pone en patios de secado o plásticos al sol durante tres días, en una capa que no debe superar los 5 cm de altura; debe removerse constantemente con un rastrillo de madera para evitar que se dañe por efecto del calor. Luego del secado, el grano debe dejarse reposar para que baje su temperatura y una vez este fresco y con una humedad del 14% almacenarlo en silos metálicos.

El silo debe estar sobre una tarima adecuada, de preferencia a 10 o 15 cm del suelo, debe estar retirado de las paredes del lugar especial destinado para su almacenamiento y nunca en las habitaciones de una casa. Puede ser ubicado en una bodega que le permita no quedar expuesto al sol ni al agua.

Al aplicar un insecticida, se recomienda llenar por completo el silo y luego colocar la dosis necesaria según la capacidad de la estructura; si son tabletas se deben envolver en una bolsa plástica y dejar sobre el grano las cuales al contacto con la humedad se activaran y se convertirán en un gas no residual, que no se retiene en el grano ni afecta a los humano.

También se recomienda que no llenar constantemente el silo, pues se corre el riesgo de contaminar el grano, cuando es necesario hacerlo se debe repetir el proceso de fumigación con el mismo rigor.

Cada mes debe secarse una muestra de grano y ser revisado para verificar existencia de insectos vivos y si se encontraran en la muestra se debe repetir la fumigación. Así también debe verificase la humedad del grano.

3.6 INDUSTRIALIZACIÓN DEL GRANO DE SORGO PARA CONSUMO HUMANO. ⁽⁶⁾

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

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

En otros países utilizan el sorgo para elaboración de bebidas alcohólicas y otras formas alimenticias según las costumbres.

Cuadro N° 1. Porcentaje de harina de sorgo utilizado en algunos productos alimenticios. ⁽⁶⁾

TIPO DE PRODUCTO	% DE SORGO UTILIZADO
Tortillas	100
Atol	100
Pan dulce tradicional	100
Pan dulce comercial	15-50
Pan francés	15

3.7 VARIEDADES DE SORGO PARA ELABORACIÓN DE HARINA.

La producción de harina en escala industrial es importante, ya que se puede producir mayores volúmenes, que contribuyan en la reducción de la importación y uso de la harina de trigo. Al producir una harina tamizada y refinada permite sustituir mayores cantidades de harina de trigo en las diferentes formulaciones de pan, logrando al mismo tiempo un posicionamiento en el mercado. ⁽³⁾

Las variedades de sorgo para elaborar harina deben seleccionarse de acuerdo con los parámetros de calidad descritos en la Norma del Codex Alimentarius (Codex Stan. 172-1989), tales como: color, contenido de proteína, dureza y contenido de taninos no mayor a:

- a) Para los granos de sorgo enteros, el contenido de tanino no debe superar el 0,5 % referido al producto seco ^(3,6)
- b) Para los granos de sorgo decorticados, el contenido de tanino no debe superar el 0,3 % referido al producto seco. ^(3,9)

3.8 FACTORES ANTINUTRICIONALES DEL SORGO. ⁽³⁾

Los taninos son compuestos fenólicos que tienen la capacidad de precipitar proteínas. Los compuestos que se forman entre proteínas y taninos no son desdoblados por el organismo, lo que hace que se reduzca la asimilación de las proteínas. ⁽²²⁾ Son sustancias polifenólicas con diferentes pesos moleculares y una complejidad variable. Estas son sustancias que no están químicamente bien definidas sino un grupo de sustancias con la habilidad de enlazar proteínas en soluciones acuosas. Sus múltiples grupos de hidroxilo fenólicos llevan a la formación de complejos principalmente con proteínas y a un menor grado con

iones metálicos, aminoácidos y polisacáridos.

Los taninos son tentativamente clasificados en dos tipos: Hidrolizables y taninos condensados y se considera que tienen efectos benéficos y/o adversos dependiendo de su concentración y naturaleza, además de otros factores. (6)

CENTA ha trabajado por muchos años en la investigación de sorgos para la elaboración de harina de buena calidad recomendándose variedades como CENTA RCV, CENTA Soberano, CENTA S-3 y CENTA Jocoro y algunas variedades criollas con características similares, que cumplen con los requisitos mencionados anteriormente.

En los últimos años se han estudiado nuevas variedades de sorgo modificadas con la tecnología Brown Mid Rib o BMR (nervadura marrón en inglés) S-2, S-3, S-4, llamadas así debido a que poseen un gen marcador que torna marrón la nervadura de la parte inferior del grano del sorgo. En El Salvador CENTA ha retomado el tema llevando a cabo diversos estudios de adaptabilidad a dichos cultivos para comprobar su productividad, no perdiendo de vista que el mejoramiento del grano de sorgo con este gen se realizó con el objetivo de acrecentar la calidad de ensilajes, es decir; una utilización completa de la planta, pero no estaba comprobado el uso de este grano en consumo humano según cumplimiento con parámetros de Codex Alimentarius. (20)

Entre los datos proporcionados por CENTA en diversos estudios se conoce que el costo de la semilla de sorgo con el gen BMR para sembrar una hectárea es de \$29.00, el rendimiento de ensilaje es de 65-66 tm/ha, los sorgos normales con un costo de la semilla de \$14 por hectárea producen un rendimiento de 59 tm/ha. Para el caso es necesario enfatizar que el diferencial de rendimiento y la calidad del forraje de los sorgos BMR se traduce en mayor digestibilidad, por lo

tanto hay aumento de producción de leche y carne en el ganado, lo cual que es beneficioso para los ganaderos.

Las variedades de sorgo BMR poseen las características agronómicas detalladas en el cuadro N° 1 y N° 2.

Cuadro N° 2. Características agronómicas de las variedades de sorgo CENTA BMR S-2. (5)

Característica	Promedio
Altura de la planta (cm)	250
Días a flor	75
Días a madurez fisiológica.	110
Días a cosecha de grano	120
Días a cosecha de ensilaje	90
Rendimiento de grano (qq/mz)	50
Rendimiento de forraje para ensilaje	55
Color del grano	Blanco crema
Calidad del grano	Buena
Color de gluma del grano	Purpura
Tipo de panoja	Semi-abierta
Largo de panoja (cm)	27
Exersión de panoja (cm)	6
Calidad de forraje	Muy buena digestibilidad y palatabilidad
Lignina en la planta (%)	6.95
Taninos en el grano	Imperceptibles (menos del 0.3%)
Fenoles en el grano	Muy bajos
Color de la planta	Purpura
Acame de tallo	Tolerante
Numero de hojas	12
Color de vena de la hoja	Café
Enfermedades y plagas	Tolerante a plagas y susceptible al tizón de la hoja
Sequía	Tolerante

Cuadro N° 3. Características agronómicas de las variedades de sorgo CENTA BMR S-3 y CENTA BMR S-4. ⁽⁵⁾

Característica	Variedad	
	CENTA BMR S-3	CENTA BMR S-4
Altura de la planta (cm)	220	210
Días a flor	72 a 75	72 a 75
Días a cosecha de forraje para ensilaje	85 a 90	85 a 90
Días a cosecha de grano	110	110
Rendimiento de materia verde para ensilaje (tm/ha)	65	66
Rendimiento de grano (qq/mz)	49	53
Color de grano	Blanco crema	Blanco crema
Color de gluma en el grano	Canela	Canela
Color de la planta	Canela	Canela
Largo de la panoja (cm)	27 a 29	18 a 20
Exersión de la panoja (cm)	10	0
Calidad del forraje	Nutritivo	Nutritivo
Taninos del grano	Imperceptibles	Imperceptibles
Fenoles del grano	Bajos	Bajos
Acame de tallo	Tolerante	Tolerante
Color de la vena en la hoja	Café	Café
Plagas y enfermedades	Tolerante	Tolerante
Sequia	Tolerante	Tolerante

3.9 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO.

El análisis bromatológico determina la calidad de los alimentos por los componentes nutricionales que forman parte de la dieta alimenticia tales como:

- Proteína cruda.
- Cenizas
- Fibra cruda
- Grasa cruda (Extracto etéreo)
- Carbohidratos
- Humedad total ⁽⁹⁾

3.9.1. Determinación de la humedad. ⁽¹⁵⁾

Para el propósito del análisis de alimentos, se considera a la humedad como la pérdida de masa que sufre un material cuando se calienta a una temperatura cercana al punto de ebullición del agua durante el tiempo suficiente

El secado en estufa se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua; para esto se requiere que la muestra sea térmicamente estable y que no contenga cantidades significativas de compuestos volátiles.

- Humedad parcial ⁽¹⁷⁾

Fundamento: se basa en la determinación de la pérdida de peso que sufre una muestra cuando se calienta a una temperatura entre 60-70°C por un periodo de 24 horas en una estufa de aire reforzado o ventilación forzada. Luego se coloca la muestra en un desecador para llevarla a equilibrio con la humedad ambiente y se pesa cuando se enfría.

- Humedad final ^(17,22)

Fundamento: la cantidad de agua contenida en la muestra se elimina por calentamiento de la muestra en una estufa de vacío a temperatura de 100°C-105°C y presión de 100 mm de Hg durante 5 horas.

3.9.2. Determinación de cenizas. (15,21)

Fundamento: La determinación de cenizas es un método mediante el cual toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550 y los 600°C.

Sirve para conocer la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo el grado de refinamiento de la harina, las adulteraciones en jugos y bebidas y para diferenciar entre un vinagre sintético y un vinagre de frutas.

La ceniza de un alimento es un término analítico que sirve para referirse al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Representa el contenido mineral del alimento, es decir el conjunto de nutrientes elementales que están presentes en la muestra. En las cenizas vegetales predominan los derivados de potasio y en las cenizas animales los del sodio. El carbonato potásico se volatiliza apreciablemente a 700°C y se pierde casi por completo a 900°C. El carbonato sódico permanece inalterado a 700°C, pero sufre pérdidas considerables a 900°C. Los fosfatos y carbonatos reaccionan además entre sí.

3.9.3. Determinación de grasas. (15,21)

Fundamento: El método utilizado es Soxhlet y se basa en un principio gravimétrico. El equipo de extracción consiste en tres partes: el refrigerante, el extractor propiamente dicho y el recipiente colector donde se recibe o deposita la grasa; al calentarse, el solvente que se encuentra en el recipiente colector se evapora; los vapores ascienden y se condensan en el refrigerante y caen sobre la muestra que se encuentra en la cámara de extracción en un dedal. El disolvente se va acumulando hasta que su nivel sobrepase el tubo sifón, el cual

se acciona y transfiere el solvente cargado de material grasa al recipiente colector. El proceso se repite durante el tiempo que dure la extracción en forma automática e intermitente y así la muestra es sometida constantemente a la acción del solvente, cuando el proceso de extracción se completa, se recupera el éter destilándolo y se recolecta en otro recipiente; la grasa cruda que queda en el recipiente colector se seca y se pesa.

Los lípidos son mezclas de ésteres formados por la combinación de la glicerina con los ácidos grasos. Se les denomina grasas cuando se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente y aceites cuando se encuentran en estado líquido. Son los nutrientes de mayor valor energético, ya que proporcionan al organismo humano el doble de la energía que los glúcidos o las proteínas.

Los equipos más utilizados para la determinación de grasas en los alimentos por extracción con solventes son de dos tipos:

- Equipo Goldfisch de extracción continua.
- Equipo Soxhlet de extracción intermitente.

3.9.4. Determinación de proteínas. (15, 21)

Las proteínas son bio-moléculas formadas por largas cadenas lineales de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos entre los grupos carboxilo y amino. La secuencia de los aminoácidos está codificada en su gen mediante el código genético.

Debido a que las proteínas son el único nutriente de los alimentos que contiene nitrógeno, la determinación de éste elemento en una muestra sirve para estimar su contenido proteínico.

En promedio, el nitrógeno representa el 16 % de la masa total de la proteína, es decir, en 6.25 gramos de proteína hay 1.0 gramo de nitrógeno. Por éste motivo, el factor 6.25 se utiliza para calcular la cantidad de proteína en una muestra cuando se ha determinado su contenido de nitrógeno.

Fundamento: El método consiste en determinar el nitrógeno proteínico en la muestra mediante cuatro pasos:

- Digestión:
Consiste en quemar o destruir toda la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado y caliente (actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola) en presencia de catalizadores que aceleran el proceso (aumentando el punto de ebullición del ácido) oxidando el grupo carbonilo y reduciendo el nitrógeno a amonio, estable en las condiciones de trabajo.
- Destilación:
Consiste en el desprendimiento del amoniaco por efecto de un álcali fuerte (NaOH al 40%) en corriente de vapor de agua.
- Fijación:
El amoniaco que se desprende se fija en un volumen conocido de una solución de ácido bórico al 14% e indicador, formándose borato de amonio.
- Titulación:
El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico 0.1N

3.9.5. Determinación de fibra cruda. (15, 21)

Fundamento: Para determinar fibra cruda se utiliza el residuo desengrasado que queda en el dedal de extracción posterior a la determinación de extracto etéreo. A este residuo se le hacen dos digestiones, la primera con ácido sulfúrico 1.25% (digestión acida) y la segunda con hidróxido de sodio 1.25% (digestión básica), lavando el material después de cada digestión con suficiente agua destilada caliente hasta la eliminación del ácido y luego del álcali de la muestra. Posteriormente, la muestra se lava con alcohol, se seca y calcina, calculándose el porcentaje de Fibra Cruda obtenido después de la calcinación.

3.10. MUESTREO. (13, 21,9)

En el caso de los cereales la forma correcta de hacerlo es muestrear el número de sacos equivalentes a la raíz cuadrada del total del lote. Seleccionarlos de acuerdo a su grado de exposición, así serán más sacos de los más expuestos y menos de los menos expuestos.

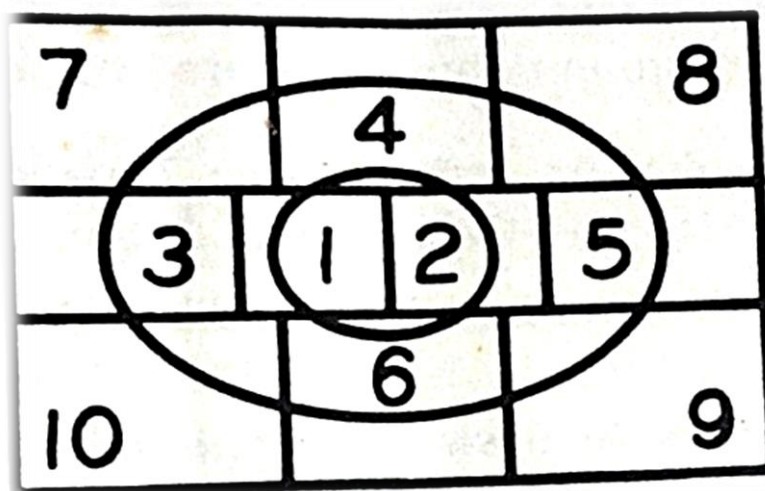


Figura N° 2. Patrón de muestreo en costales de cereales.

La preparación de la muestra para el análisis de Kjeldahl debe ser considerada con cuidado para evitar errores en los resultados finales.

Las muestras pueden ser divididas en 3 grupos:

a) Muestra Sólidas

Las muestra sólidas son regularmente trituradas por un molino, este puede ser un molino simple para café. Como sea la consistencia del tratamiento es vital para la obtención de resultados satisfactorios.

Por ejemplo para partículas de tamaño pequeño de muestras de suelo es necesario pasarlas por el molino para tener una eficiencia en la digestión (o ser tamizadas en una criba o malla N° 10).

Si la muestra de alguna sustancia es triturada con un molino para café y el resultado es realizado en las mismas condiciones no pueden ser comparados ya que el proceso de digestión no puede ser completado.

Como recomendación el tamaño de las partículas debe ser igual o menor a 1mm.

b) Muestras semi sólidas

Esta categoría presenta mayor dificultad, particularmente cuando hay una amplia variación en el tamaño de partículas y/o constituyentes difíciles. Dependiendo la naturaleza o tipo particular de la muestra, Homogenización, licuefacción o molino de martillo pueden ser utilizados o sustituidos para la preparación de la muestra. En muchos casos el uso de un mortero y pistilo puede ser la mejor solución.

c) Muestras líquidas.

Las muestras líquidas pueden venir en dos formas básicas, soluciones que contienen varios constituyentes solubilizados, por ejemplo agua del grifo, y soluciones que contienen partículas en suspensión por ejemplo la leche. Las soluciones que contienen sólidos disueltos, requieren una agitación o mezclar para obtener una muestra satisfactoria.

Las suspensiones, por otro lado, puede ser requeridos para diferentes tratamientos dependiendo de la parte de la muestra de interés para el análisis. Por ejemplo las leches, pueden separarse por reposo en su fase acuosa o su fase de sólidos en suspensión (fase grasa), las cremas, las cuales flotan en la superficie. Normalmente los análisis en leche y otros subproductos requieren homogenización.

3.10.1. Pesaje de muestras. ⁽²¹⁾

Para el análisis Kjeldahl, se puede usar una balanza analítica con precisión de 0.1 mg para el pesado de las muestras para que luego sean transferidas al tubo de digestión. Para seleccionar el tamaño de la muestra se debe seleccionar valores del siguiente cuadro:

Cuadro N° 4. Peso de muestra según características para tomar la cantidad adecuada según su homogeneidad y estado físico. ⁽¹⁹⁾

CARACTERÍSTICA DE LAS MUESTRAS	PESO DE MUESTRA
Muestras homogéneas (excluyendo agua)	0.1 a 1.0 g
Muestras no homogéneas	1.0 a 3.0 g
Muestras de aguas (dependientes del contenido de Nitrógeno)	1.0 a 100 mL

Cuando la homogeneidad de la muestra no es un control del pesado de la muestra, puede ser seleccionado el nitrógeno contenido en ella, para ello es necesario utilizar un titulante de 0.2 N de concentración. La muestra analítica puede idealmente contener 10.0 a 100.0 mg de N de la muestras apropiada.

Mínimo de peso en la muestras en mg = $1000/x$
Donde x = porcentaje de nitrógeno anticipado ⁽¹⁷⁾

3.11. CUANTIFICACIÓN DE TANINOS. ⁽¹⁷⁾

Los métodos generalmente en uso para la cuantificación de taninos son categorizados en dos grupos: métodos químicos y métodos de precipitación de proteína. Adicionalmente a estas dos categorías convencionales de pruebas de tanino, otras pruebas tales como pruebas gravimétricas, una bioprueba de tanino basado en el método del gas IN VITRO e inclusión de polietilenglicol (agente enlazante o vinculante de tanino) y 14 C nombrado ensayo o prueba de enlace o unión de polietilencol han sido discutidos.

3.11.1. Métodos químicos. ⁽¹⁷⁾

Los procedimientos más comúnmente usados en esta categoría son: los métodos redox (Folin-Ciocalteu, Folin-Denis o métodos de Prussian azul), la prueba de vainillina, la prueba de complejo metálico y la prueba del ácido butanol con y sin hierro.

Los métodos Folin-Denis, Folin-Ciocalteu o el azul de Prussian son usados para medir fenoles totales; estas pruebas están basadas en la oxidación del analito fenólico y la reducción del reactivo para formar un cromóforo.

La presencia de agentes reductores tales como el ácido ascórbico, aminoácidos, xantinas, proteínas, etc. interfieren en la prueba.

Estos métodos no proveen un medio para distinguir taninos fenólicos (los cuales precipitan proteínas) de taninos no fenólicos, ni un medio para identificar tipos específicos de taninos en una mezcla. Similarmente, el método de complejo metálico (comúnmente conocido como prueba del cloruro férrico) basado en la formación de iones complejos coloreados de fenoles metálicos el cual es también útil para medir fenoles totales.

Al usar los métodos de Folin-Denis, Folin-Ciocalteu o azul de Prusia, los resultados son generalmente expresados como equivalentes a los ácidos tánico o gálico. Entre todos estos métodos esta también el más sensitivo y el reactivo Folin-ciocalteu está disponible comercialmente.

3.11.2. Método de Folin- Ciocalteu. ⁽¹⁷⁾

Fundamento: Se basa en la oxidación de los taninos en medio básico, mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu, produciéndose por reducción del reactivo una mezcla de complejos de wolframio y molibdeno que presenta una coloración azul característica que es detectada espectrofotométricamente.

El reactivo de Folin-Ciocalteu es una solución ácida de polímeros complejos de los ácidos fosfomolibdico y fosfowolfrámico; este reactivo, de color amarillo, oxida los fenolatos, reduciéndose los ácidos del reactivo, para dar lugar a un complejo azul de molibdeno-wolframio. En este proceso se produce una reducción parcial del estado de valencia de Mo y W de +6 a +5 por los taninos en un álcali acuoso y el resultado se expresa en equivalentes de ácido tánico.

Una reducción completa, a la valencia más baja, destruye el color. La naturaleza de estos complejos no se conoce bien.

Los taninos sólo son oxidados rápidamente en un medio suficientemente alcalino pero en estas condiciones, el reactivo oxidante y el pigmento azul son inestables por lo que el reactivo deberá encontrarse en exceso para que aún en pH alcalino se conserve al menos una fracción inalterada durante el tiempo necesario para reaccionar con todos los fenoles.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLÓGICO.

4.0 DISEÑO METODOLOGICO.

4.1. Tipo de estudio:

- **Prospectivo:** Esta investigación partió de la necesidad que presenta el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) de analizar el grano de sorgo de las variedades BMR, las cuales fueron destinadas exclusivamente para fabricación de ensilaje, pero por factor tiempo no les había sido posible analizar el grano para verificar si es posible su uso también para consumo humano, partiendo de su análisis bromatológico proximal y brindando especial importancia a su contenido de taninos y luego se compararon los resultados de cada variedad con los valores establecidos en la Norma del Codex Alimentarius (Codex Stan. 172-1989)
- **Exploratorio:** Se llevó a cabo el análisis bromatológico proximal y la concentración de taninos en tres variedades de sorgo BMR y en una variedad RCV utilizado como blanco, estos se realizaron en el laboratorio de investigación del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

4.2. Investigación bibliográfica:

Se realizó en las siguientes bibliotecas:

- Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador
- Central de la Universidad de El Salvador.
- Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA).
- Internet.

4.3 Investigación de campo:

- Universo:
Todas las variedades de sorgo disponibles en el CENTA, para ser cultivadas en el país.
- Muestra:
2 libras de cada una de las variedades de sorgo BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV.

4.4 Parte experimental.

Las dos libras de muestra por variedad disponibles para el estudio fueron procesadas al mismo tiempo para asegurar que los resultados se obtengan bajo las mismas condiciones.

En el caso de las determinaciones de humedad, ceniza, grasa cruda y fibra cruda se hicieron dos repeticiones y en las determinaciones de proteína y cuantificación de taninos fueron tres.

4.4.1. Preparación de la muestra.^(9,13,21) (Ver Anexo N°1, Figura N° 11)

- a) Colocar la muestra sobre una bandeja metálica de superficie plana, dura y limpia para evitar pérdidas y contaminación.
- b) Mezclar completamente la muestra haciendo una pila cónica.

- c) Presionar y aplanar la pila con cuidado hasta obtener un espesor y diámetro uniforme.
- d) Dividir en cuatro partes iguales con una espátula.
- e) Eliminar dos de las partes diagonalmente opuestas y mezclar las dos restantes.
- f) Repetir el literal “c”, “d” y “e” hasta reducir la muestra al tamaño aproximado a la cantidad que se pretende utilizar.

4.4.2. Análisis bromatológico proximal.

Luego de la reducción de la muestra por medio del cuarteo se procede a desarrollar el análisis bromatológico proximal en el siguiente orden

4.4.2.1. Determinación de humedad parcial.⁽¹⁷⁾ (Ver Anexo N° 1, Figura N° 12)

- a) Pesar 300.0 g de muestra homogenizada en bandeja de aluminio, previamente secadas a 98°-100°C, enfriadas en desecador y pesadas inmediatamente al alcanzar la temperatura del medio ambiente.
- b) Calentar las bandejas con muestra; a una temperatura de 70°C por 24 horas.
- c) Dejar enfriar la bandeja en un desecador y pesar.
- d) Reportar la pérdida de peso como humedad parcial usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad parcial} = \frac{[(P_{\text{bandeja}} + P_{\text{muestra húmeda}}) - (P_{\text{bandeja}} + P_{\text{muestra seca}})] \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

Donde: P = peso

4.4.2.2. Determinación de humedad final.^(17,22)(Ver Anexo N° 1, Figura N° 13)

- a) Pesar 2.0 g de muestra; previamente molida y homogenizada; en cajas de aluminio con tapadera, previamente secadas a 98°-100°C, enfriadas en el desecador y pesadas inmediatamente al alcanzar la temperatura del medio ambiente.
- b) Destapar las cajas con la muestra y calentar a una temperatura de 98° a 100°- 105°C, teniendo una presión equivalente a < 25mm Hg (3.3 kPa) por 5 horas. Permitir el paso de aire seco dentro del horno para llevar a la presión atmosférica.
- c) Destapar la caja y dejar enfriar en un desecador, posteriormente tomar el peso correspondiente.
- d) Reportar la pérdida de peso como humedad usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad final} = \frac{[(P_{\text{caja}} + P_{\text{muestra húmeda}}) - (P_{\text{caja}} + P_{\text{muestra seca}})] \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

Donde P = Peso

4.4.2.3. Determinación de ceniza.⁽²²⁾(Ver Anexo N°1, Figura N°14)

- a) Lavar con agua y jabón el crisol de porcelana a utilizar y al finalizar enjuagar con agua destilada.
- b) Colocar el crisol en la estufa a 105°C y calentar por 2h.
- c) Enfriar el crisol y colocar en un desecador durante 30 minutos.
- d) Pesar el crisol y repetir los literales b y c hasta no observar diferencia de peso.
- e) Pesar 2.0 gramos de muestra en el crisol de porcelana.
- f) Colocar los crisoles en un horno a temperatura controlada, precalentado a 600°C. Mantener la temperatura durante 2 horas.
- g) Transferir el crisol directamente al desecador para dejar enfriar y pesar para reportar el % de ceniza obtenido mediante la fórmula.

$$\text{Porcentaje de ceniza (\%)} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

4.4.2.4. Determinación de proteína cruda por Método Micro-Kjeldahl.⁽²²⁾ (Ver Anexo N° 1, Figura N° 15)

- Proceso de digestión de la muestra:

- a) Pesar en papel filtro 0.1 g de muestra y colocar en un tubo Tecator para micro Kjeldahl de 250 mL.

- b) Agregar al tubo, que contiene: la muestra pesada, 6.0 mL de ácido sulfúrico y 3.0 g de la mezcla de catalizador (sulfato de potasio y sulfato de cobre).
 - c) Agitar el tubo con la muestra durante 5 minutos y colocar los 6 tubos al mismo tiempo en el aparato de digestión micro Kjeldahl, conectar inmediatamente el sistema de extracción de vapores y condensación de gases.
 - d) Rotar los tubos constantemente y esperar hasta que la solución se torne de color azul-verde o un color intermedio.
- Destilación del producto obtenido del proceso de digestión:
- a) Dejar enfriar los tubos y agregar agua destilada, aproximadamente 80 mL, y dejar enfriar nuevamente.
 - b) Agregar 60 mL de solución de hidróxido de sodio al 40%.
 - c) En un erlenmeyer de 250 mL, colocar 25 mL de la solución de ácido bórico al 4% y los indicadores verde de bromocresol y rojo de metilo, colocar en el aparato de destilación.
 - d) Recibir aproximadamente 75 mL de destilado en el erlenmeyer de 250 mL.
- Valoración:
- a) Dejar enfriar el erlenmeyer.

b) Titular el contenido del erlenmeyer con solución de ácido clorhídrico 0.1N hasta cambio de color del indicador de verde a rojo.

- Cálculos: El porcentaje de nitrógeno total se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{mL}_{\text{HCl muestra}} - \text{mL}_{\text{HCl testigo}}) \times N_{\text{HCl}} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso muestra (g)}}$$

$$\% \text{ Proteína cruda} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6.25^*$$

* Factor 6.25 ⁽¹⁰⁾. El factor 6.25 se utiliza para calcular la cantidad de proteína en una muestra cuando se ha determinado su contenido de nitrógeno. Este valor de factor es tomado de Norma de Codex Alimentarius (Codex Stan. 172-1989)

$$\% \text{ Proteína en base seca} = \frac{\text{Porcentaje de proteína}}{\text{Porcentaje de materia seca}} \times 100$$

4.4.2.5. Determinación de grasa cruda.^(21, 22)(Ver Anexo N° 1, Figura N° 16)

- a) Lavar bien el matraz a utilizar para realizar la extracción de grasa; calentar en estufa a 105°C durante 2h, sacar y enfriar en desecador por 30 minutos.
- b) Pesar el matraz completamente seco sin tocar con la mano para no dejar peso extra de grasa.
- c) Colocar éter de petróleo anhidro en el matraz para hasta la mitad de su capacidad.
- d) Pesar 2.0 g de muestra seca.

- e) Colocar la muestra en un dedal para extracción.
- f) Colocar el dedal con la muestra en la cámara de extracción del equipo.
- g) Colocar la fuente de calor para realizar la extracción.
- h) Secar el extracto durante 30 minutos a 100°C, enfriar y pesar nuevamente el matraz.

$$\text{GC (\%)} = \frac{(P_2 - P_1)}{P_{.m.}} \times 100$$

Dónde:

GC= Grasa Cruda.

P₁= Peso del matraz vacío en gramos.

P₂= Peso del matraz con grasa.

P_{.m.}= Peso muestra en gramos.

4.4.2.6. Determinación de fibra cruda_(21,22)(Ver Anexo N° 1, Figura N° 17; Anexo N° 2; Anexo N° 3)

- a) Transferir la muestra desengrasada, el residuo contenido en el dedal utilizado para la determinación de grasa cruda, a un beaker de 600 mL y agregar 200 mL de solución de H₂SO₄ al 1.25% y perlas de ebullición.
- b) Colocar el beaker en el aparato de digestión acomodando sobre ellos los condensadores de bola (a través de los cuales circula agua de grifo de manera constante para evitar pérdida de la solución por evaporación) y se dejar hervir durante 30 minutos, aplicar rotación al beaker

periódicamente y enjuagar la muestra que es arrastrada por la espuma por encima del nivel de la solución.

- c) Filtrar la solución sobre un filtro de vidrio sinterizado y lavar con agua destilada caliente hasta que los lavados no tornen a color rojo el anaranjado de metilo.
- d) Transferir a un beaker de 600 mL el contenido restante del filtro de vidrio sinterizado y adicionar 200 mL de solución de NaOH al 1.25% y agregar perlas de ebullición.
- e) Colocar el beaker en el aparato de digestión y dejar hervir durante 30 minutos rotando el beaker periódicamente y enjuagando la muestra que es arrastrada por la espuma por encima del nivel de la solución.
- f) Al finalizar el período de digestión, filtrar la solución sobre un filtro de vidrio sinterizado y lavar con agua destilada caliente hasta que los lavados no se tornen color rosa con la fenolftaleína.
- g) Calentar el filtro de vidrio con el residuo por dos horas a 130°C y dejar enfriar en un desecador y luego pesar.
- h) Llevar a ignición durante 30 minutos a 600 °C y dejar enfriar en desecador y volver a pesar

$$\text{F.C. (\%)} = C = \frac{(\text{Peso Pérdida de peso Ignición} - \text{Peso Pérdida de peso Blanco})}{P_{\text{muestra en gramos}}} \times 100$$

Dónde: F.C. (%) = Fibra cruda en muestra molida

4.4.2.7. Determinación de carbohidratos totales₍₁₅₎ (Ver Anexo N° 1, Figura N° 18)

Después de calcular los porcentajes de proteína cruda, grasa cruda, cenizas totales y fibra cruda se procedió al cálculo de los carbohidratos presentes en las muestras.

- a) Sumar los porcentajes obtenidos de las determinaciones de humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasa cruda, cenizas totales.
- b) Restar este valor porcentual del total posible que es 100% y el resultado es el porcentaje de carbohidratos presentes en el alimento.

$$\text{C.T. (\%)} = 100 - (\%H + \%PC + \%FC + \%GC + \%C)$$

Dónde:

H = Humedad

C.T. = Carbohidratos totales.

PC = Proteína cruda

FC = Fibra cruda

GC = Grasa cruda

C= Ceniza

4.4.3. Cuantificación de taninos. (Ver Anexo N° 1, Figura N° 18, Anexo N° 2, Anexo N° 3)

- Preparación del extracto de taninos.₍₁₇₎

- a) Pesar 200 mg de la muestra preparada y colocar en un vaso de precipitado de 25 mL de capacidad.

- b) Adicionar 10 mL de acetona al 70% al vaso de precipitado con el material vegetal y suspender en un baño de agua por ultrasonidos (Branson 3210), someter a tratamiento ultrasónico durante 20 minutos (2 x 10 min con 5 min de descanso entre cada uno) a temperatura ambiente.
 - c) Transferir el contenido del vaso de precipitado a un tubo de centrifugación y someter a centrifugación durante 10 minutos a 3000 rpm y 4 °C.
 - d) Colectar el sobrenadante y resguardar en baño de hielo.
 - e) Transferir el precipitado del tubo de centrifugación al vaso de precipitado usando 2 porciones de 5 mL cada una de acetona al 70% y someter nuevamente el contenido a tratamiento ultrasónico por 20 minutos (2 x 10 minutos con 5 minutos de descanso entre cada una) a temperatura ambiente, centrifugar y recoger el líquido sobrenadante como se describe anteriormente.
 - f) Utilizar el sobrenadante (extracto acetónico) para la cuantificación de taninos.
- Análisis para Cuantificación de Fenoles totales por el Método de Folin-Ciocalteu ⁽¹⁷⁾.

La curva de calibración se elaboró con los datos obtenidos del siguiente procedimiento descrito.

- a) En cada uno de 6 tubos de ensayo adicionar los volúmenes de los reactivos según se detalla en la Tabla N° 1 para llegar a la concentración de ácido tánico requerida.

- b) Tomar alícuotas de 0.02, 0.05 y 0.1 mL del extracto acetónico en tubos de ensayo, agregar agua destilada para llevar a un volumen de 0.5 mL, adicionar 0.25 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu y luego 1.25 mL de solución de carbonato de sodio 20%.
 - c) Dejar en reposo a temperatura ambiente durante 40 minutos para completar reacciones entre analitos y reactivos, luego agitar los tubos con el agitador Vortex y leer absorbancia una longitud de 725 nm.
 - d) Calcular la cantidad de fenoles totales como equivalente de ácido tánico con respecto a la curva de calibración. El contenido fenólico total se expresa en base a la materia seca.
- Remoción de taninos del extracto acetónico⁽¹⁷⁾
- a) Pesar 100 mg de Polivinil pirrolidona insoluble (PVPP) en un tubo de ensayo de 100 x 12 mm.
 - b) Adicionar 1.0 mL de agua destilada y 1.0 mL del extracto acetónico (100 mg de Polivinil pirrolidona serán suficientes para enlazar 2 mg de fenoles totales).
 - c) Agitar el tubo de ensayo en agitador Vortex y conservar el tubo de ensayo a 4 °C por 15 minutos, agitar nuevamente y luego centrifugar por 10 minutos a 3000 rpm. Colectar el sobrenadante.
 - d) Tomar, en tubos de ensayo, alícuotas del sobrenadante del doble de volumen usado para la estimación de fenoles totales tomando en cuenta la cantidad de diluciones que sufre el extracto acetónico y se espera

perder taninos-fenoles por la unión con la Polivinil pirrolidona insoluble. Agregar agua destilada para llevar a un volumen de 0.5 mL, adicionar 0.25 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu más 1.25 mL de solución de carbonato de sodio 20%. (Ver Tabla N°1)

Tabla N° 1. Preparación de la curva de calibración para determinación de contenido de ácido tánico. ⁽¹⁷⁾

Tubo	Solución de ácido tánico (0.1 Mg/mL) (0.2 mL)	Agua destilada (mL)	Reactivo de Folin-Ciocalteu (mL)	Solución carbonato de sodio(mL)	Concentración de ácido tánico (µg)
Blanco	0.00	0.50	0.25	1.25	0
T1	0.02	0.48	0.25	1.25	2
T2	0.04	0.46	0.25	1.25	4
T3	0.06	0.44	0.25	1.25	6
T4	0.08	0.42	0.25	1.25	8
T5	0.10	0.40	0.25	1.25	10

- d) Agitar los tubos con el agitador Vortex y leer a la absorbancia a 725 nm después de 40 minutos en reposo a temperatura ambiente y expresar el contenido de fenoles no tanínicos como equivalente de ácido tánico con respecto a la curva de calibración en base a la materia seca.

4.4.4. Análisis estadístico.

Se llevó a cabo la comprobación de los supuestos estadísticos de normalidad de la distribución de los resultados y los respectivos tratamientos para el ajuste

de los datos para ser tratados por medio de pruebas paramétricas como el Test t de Student y se utilizó un diseño estadístico para el análisis de los resultados obtenidos en el Análisis Bromatológico Proximal de las variedades BMR (S-2, S-3 y S-4) comparados con los resultados de la variedad RCV por medio de la prueba t de Student para análisis de varianza de los promedios a un nivel de confianza del 95%. La tabulación, las gráficas y los cálculos fueron trabajados con la ayuda del programa Microsoft Office Excel y el software MiniTab.

4.4.5. Informe de los posibles usos de las variedades de sorgo analizadas.

Con los promedios de los resultados de cada variedad de sorgo BMR y RCV se realizó una comparación para determinar si las diferencias entre ellas eran significativas; dato que también sirvió como base para elaborar un informe en el que se plasmó las recomendaciones para los posibles usos de las variedades estudiadas y se anexó los promedios de los análisis realizados.

El informe se entregó al coordinador de la Comisión de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad de El Salvador (COSAN-UES) para el uso que estimen conveniente en el desarrollo de sus funciones.

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Los análisis realizados para cada una de las determinaciones que comprende el análisis bromatológico proximal de las variedades de sorgo en estudio, se llevaron a cabo conforme a los Métodos Oficiales de la Asociación de Químicos Analíticos (AOAC ,1980).

Los resultados obtenidos de las muestras de sorgo se procesaron por medio del software MiniTab para realizar el análisis de Test T de Student de una vía.

Se selecciona este programa porque tiene la capacidad de evaluar el comportamiento de datos con diferentes características; para la presente investigación; los datos se catalogan como datos continuos al evaluar media y la desviación estándar para determinar el grado de significancia entre los valores obtenidos experimentalmente y los valores establecidos por normas oficiales.

Haciendo uso del software MiniTab, se realizó un chequeo mediante el test de Kolgomorov-Smirnov y Bartlett de las presunciones de normalidad y homogeneidad de las varianzas, el resultado fue la evidencia de la necesidad de hacer una normalización mediante transformación $\text{Log}_{10}(n+1)$ para ser utilizados en el análisis.⁽¹⁸⁾

5.1. Determinación de humedad.

La humedad como tal consta de humedad parcial más humedad final, la sumatoria de estas se llama humedad total para este documento.

A continuación se detalla los cálculos que se realizan para cada una de ellas, sus respectivos resultados y su sumatoria para obtener un dato total.

5.1.1. Determinación de humedad parcial ⁽¹⁷⁾

Ejemplo de cálculo.

Los datos utilizados para el ejemplo corresponden a la variedad BMR S-2 repetición N° 1 (Ver anexo N° 4, Tabla N° 15).

$$\text{Humedad parcial (\%)} = \frac{((\text{bandeja} + \text{muestra húmeda}) - (\text{caja} + \text{muestra seca})) * 100}{\text{Peso de muestra}}$$

$$\text{Humedad parcial (\%)} = \frac{(316.00 - 286.50) * 100}{303.00}$$

$$\text{Humedad parcial (\%)} = 9.73 \%$$

Tabla N° 2. Promedios de porcentajes en determinación de humedad parcial en las variedades de sorgo en estudio.

Variedad	RCV		BMR-S2		BMR-S3		BMR-S4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Repetición								
Humedad parcial (%)	10.07	9.00	9.73	9.10	9.56	9.10	9.40	8.90
Promedio humedad parcial (%)	9.53		9.41		9.33		9.15	

5.1.2. Determinación de humedad final. ^(17,22)

Tabla N° 3. Promedios de porcentajes en determinación de humedad final en las variedades de sorgo en estudio.

Variedad	RCV		BMR-S2		BMR-S3		BMR-S4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Repetición								
Humedad final (%)	5.42	4.10	5.21	4.80	3.99	4.89	5.61	4.81
Promedio humedad final (%)	4.76		5.00		4.44		5.21	

Ejemplo de cálculo.

Los datos utilizados para el ejemplo corresponden a la variedad RCV y la repetición N° 1 (Ver anexo N° 4, Tabla N° 16).

$$\text{Humedad final (\%)} = \frac{((\text{caja} + \text{muestra húmeda}) - (\text{caja} + \text{muestra seca})) * 100}{\text{Peso de muestra}}$$

$$\text{Humedad final (\%)} = \frac{(20.000 - 19.890) * 100}{2.03 \text{ g}}$$

$$\text{Humedad final (\%)} = 5.42$$

La determinación del contenido de humedad de las muestras de las variedades de sorgo en estudio se realizó siguiendo la metodología detallada en el anexo N° 1, Figuras N° 11, N° 12 y N° 13.

Para la obtención de la humedad total y la aplicación posterior al análisis estadístico se sumó el resultado de la repetición 1 de cada variedad para humedad parcial más resultado de repetición 1 de humedad final y para el cálculo de los promedios se tomaron las sumatorias de los resultados de humedad total de la repetición 1 y 2 en cada variedad.

Según el Codex Alimentarius 172-1989 para el sorgo en grano: el valor máximo de contenido de humedad es 14.5%; en el caso de las variedades de sorgo analizadas, tanto el blanco (RCV) como las variedades BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 se encuentran debajo del nivel máximo permitido por el CODEX, lo cual indica que las condiciones de almacenamiento del grano han sido las adecuadas y no están en riesgo de deterioro fúngico o bacteriano.

Tabla N° 4. Resultados de la determinación de Humedad total, cantidad de materia seca de las variedades de sorgo en estudio y sus respectivos promedios.

Variedad	RCV		BMR S-2		BMR S-3		BMR S-4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Repetición								
Humedad parcial (%)	10.08	9.00	9.73	9.10	9.56	9.10	9.40	8.90
Humedad final (%)	5.42	4.10	5.21	4.80	3.99	4.89	5.61	4.81
Humedad total (%)	15.50	13.10	14.94	13.90	13.55	13.99	15.01	13.71
Promedios (%)	14.30		14.42		13.77		14.36	
Materia seca (%)	85.70		85.58		86.23		85.64	
Cantidad de materia seca	0.8570		0.8558		0.8623		0.8564	

La cantidad de materia seca se calculó a partir de los porcentajes de humedad total, usando la fórmula:

$$\% \text{ Humedad parcial} = (\text{repetición 1} + \text{repetición 2}) / 2$$

$$\% \text{ Humedad final} = (\text{repetición 1} + \text{repetición 2}) / 2$$

$$\% \text{ Humedad total} = \% \text{ humedad parcial} + \% \text{ humedad final}$$

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - \% \text{ humedad}$$

$$\text{Materia seca de muestra} = \% \text{ Materia seca} / 100$$

Ejemplo de cálculo, variedad RCV:

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - \% \text{ humedad}$$

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - 14.30$$

$$\% \text{ Materia seca} = 85.70\%$$

$$\text{Materia seca de muestra} = \% \text{ Materia seca} / 100$$

$$\text{Materia seca de muestra} = 85.70\% / 100$$

$$\text{Materia seca de muestra} = 0.8570$$

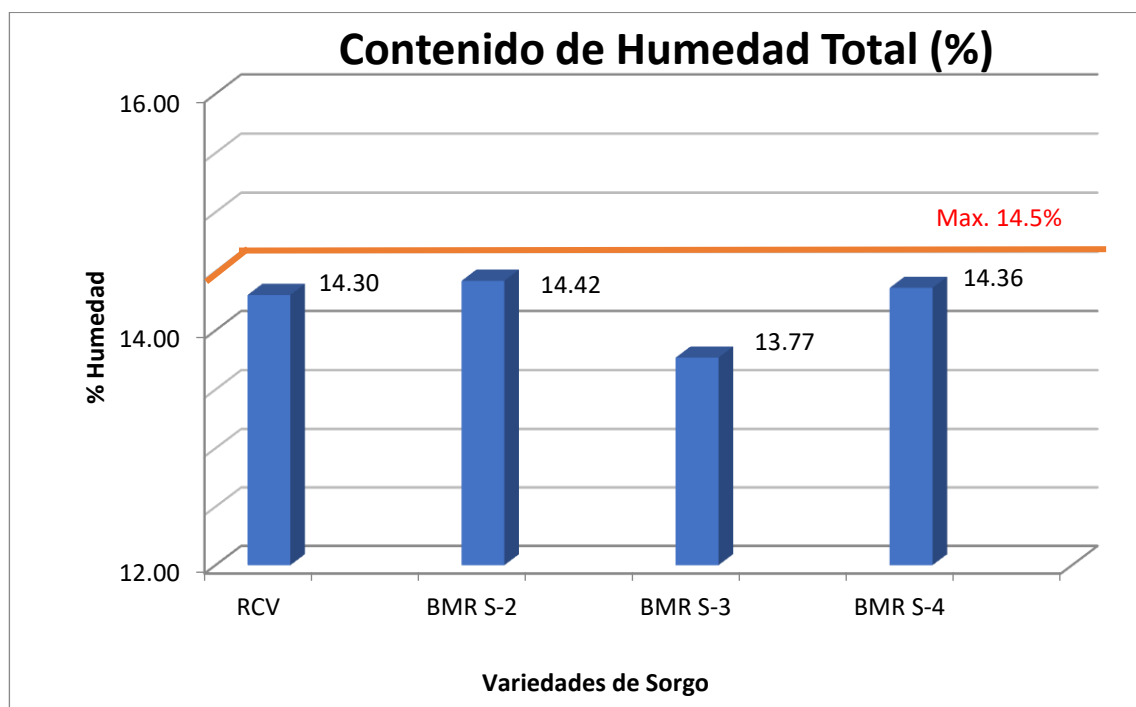


Figura N° 3. Gráfico comparativo del contenido de Humedad Total (%) entre las variedades de sorgo en estudio.

La humedad es una determinación indirecta de la cantidad de materia seca contenida en una muestra y es un parámetro de suma importancia en nutrición debido a que establece la cantidad de nutrientes disponibles para cubrir las demandas del consumidor.

Como resultado de esta determinación; la variedad que presenta el valor más alto de humedad es la BMR S - 2 (14.42%) indicando que su valor de materia seca es menor que el resto de variedades (85.58%), la variedad que presentó el menor valor de humedad es la BMR S - 3 (13.77%), resultando en el valor más alto de materia seca (86.23%) y la variedad BMR S - 4 (%Humedad = 14.36%, %Materia seca = 85.64%) presentó el valor similar al blanco RCV (% Humedad = 14.30%, %Materia seca = 85.70%).

Test T de Student de la determinación de Humedad total (%) de las variedades RCV y BMR S-2.

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Humedad total para las variedades RCV y BMR S - 2 ($P= 0.045$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica que la diferencia entre los promedios de ambas variedades analizadas es: significativa.

Test T de Student de la determinación de Humedad total (%) de las variedades RCV y BMR S-3

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Humedad total para las variedades RCV y BMR S - 3 ($P= 0.0003$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de las medias entre ambas series de datos; esto indica que la diferencia entre los promedios analizados es: significativa.

Test T de Student de la determinación de Humedad total (%) de las variedades RCV y BMR S-4

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Humedad total para las variedades RCV y BMR S - 4 ($P= 0.0021$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

Por lo anterior se concluye que cada uno de los promedios en la determinación de humedad posee una diferencia significativa entre los valores de las variedades BMR con respecto a la RCV.

5.2. Determinación de ceniza.

Este procedimiento se realizó siguiendo la metodología detallada en el Anexo N°1, Figura N° 14.

La norma del Codex Alimentarius 172-1989 para el Sorgo en grano, establece que el valor máximo de contenido de ceniza para el sorgo es 1.5%.

Ejemplo de cálculo.

Los datos utilizados para el ejemplo corresponden a la variedad RCV, repetición N° 1 (Ver anexo N° 4, Tabla N° 17).

$$\text{Porcentaje de ceniza (\%)} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} * 100\%$$

$$\text{Porcentaje de ceniza (\%)} = \frac{0.064}{2.014} * 100\%$$

$$\text{Porcentaje de ceniza (\%)} = 3.17785571 \% \approx 3.18 \%$$

Tabla N° 5. Promedios del porcentaje de Cenizas en las variedades de sorgo en estudio.

Variedad	RCV		BMR-S2		BMR-S3		BMR-S4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Ceniza (%)	3.18	3.18	3.91	3.83	2.23	2.18	3.91	3.89
Promedio (%)	3.18		3.87		2.21		3.90	
Desviación estándar	0.001014728		0.053951413		0.03123702		0.009328039	
Desviación estándar relativa	0.03192		1.3949		1.4161		0.2392	

Cálculo de la media de los porcentajes de ceniza en variedad RCV, repetición N° 1 (Ver anexo N° 4, Tabla N° 17).

$$\text{Media} = \frac{\sum x_1 + x_2 + x_3 + \dots}{\text{Número total de datos}}$$

$$\text{Media} = \frac{3.178\% + 3.179\%}{2}$$

$$\text{Media} = 3.1785\% \approx 3.18\%$$

Cálculo de desviación estándar en variedad RCV. (Ver anexo N° 4, Tabla N° 17)

$$\text{DS} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{\text{Número total de datos} - 1}}$$

$$\text{DS} = \sqrt{\frac{(3.178-3.178)^2 + (3.179-3.178)^2}{2-1}}$$

$$\text{DS} = 0.001014728$$

Cálculo de la desviación estándar relativa en variedad RCV (Ver anexo N°4, Tabla N° 17).

$$\text{DSR} = \frac{\text{DS}}{\bar{x}} * 100$$

$$\text{DSR} = \frac{0.001014728}{3.178} * 100$$

$$\text{DSR} = 0.03192 = 0.031$$

Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes.

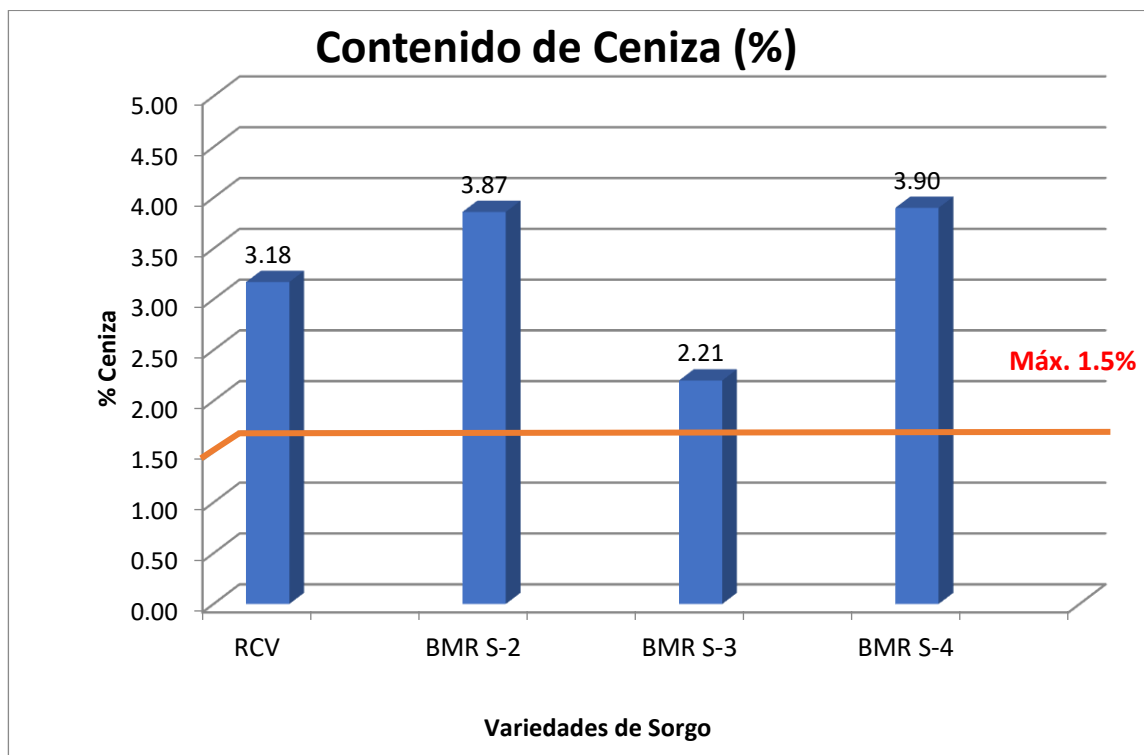


Figura N° 4. Gráfico comparativo del contenido de Ceniza (%) entre las variedades de sorgo en estudio.

En la Tabla N° 5 se observa que todas las variedades de sorgo analizadas presentan un porcentaje de ceniza superior al recomendado por el Codex Alimentarius 172-1989. (1.5% de ceniza como máximo)

El valor principal de la determinación de cenizas es que supone un método sencillo para determinar la calidad de los alimentos, así en el análisis de sorgo RCV en comparación con el sorgo BMR se obtiene que el mayor porcentaje de ceniza lo presentó la variedad BMR S-4 (3.90%) el cual supera el porcentaje máximo permitido para sorgo en grano establecido por el CODEX (máximo 1.5%) y la más baja la variedad BMR S-3 (2.21%); las variedades que presentaron una mayor similitud en el resultado es la BMR S-2 (3.87%) y la variedad BMR S-4 (3.90%), ninguna variedad presentó un valor similar o igual al sorgo RCV (3.18%).

Según la literatura en muchos casos un elevado contenido de cenizas es un indicativo de una contaminación con otro tipo de materia inorgánica que es ajeno a los componentes del alimento evaluado o inclusive un contaminante. Se realizó el análisis de T de Student para los datos de la determinación de Ceniza en las cuatro variedades de sorgo; tomando los resultados obtenidos de la variedad RCV como parámetro de comparación con las variedades de sorgo BMR.

Test T de Student de la determinación de Ceniza (%) de las variedades RCV y BMR S-2.

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Ceniza para las variedades RCV y BMR S-2 ($P= 0.003$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica que la diferencia entre los promedios analizados es: significativa.

Test T de Student de la determinación de Ceniza (%) de las variedades RCV y BMR S-3

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Ceniza para las variedades RCV y BMR S-3 ($P= 0.001$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es: significativa.

Test T de Student de la determinación de Ceniza (%) de las variedades RCV y BMR S-4

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la

determinación de ceniza para las variedades RCV y BMR S-4 ($P= 0.001$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es: significativa.

Así tenemos que los resultados del análisis estadístico de las variedades BMR con respecto a la variedad RCV muestran que las diferencias en las medias son significativas.

5.3. Determinación de proteína

La determinación del contenido de proteína cruda de las muestras de las variedades de Sorgo en estudio se realizó siguiendo la metodología detallada en Anexo N°1, Figura N° 15.

La norma del Codex Alimentarius 172-1989 para el Sorgo en grano, establece que el valor mínimo de contenido de proteína para el sorgo es de 7.0 %.

El factor utilizado para la determinación de proteínas es 6.25. La normalidad del HCl utilizado en la titulación fue de 0.20265 N.

Ejemplo de cálculos:

Los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV, repetición N° 1 (Ver anexo N°4, Tabla N° 18).

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{14 * \text{Normalidad ácido} * \text{Vol. Ácido} * 100}{\text{Masa de muestra} * 1000}$$

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{14 * 0.20265 * 1.38 * 100}{0.205 * 1000}$$

$$\% \text{Nitrógeno} = 1.9098526829\% \approx 1.90\%$$

Para calcular el porcentaje de proteína se procede de la siguiente manera:

$$\% \text{Proteína} = \% \text{Nitrógeno} * 6.25 \text{ (10)}$$

$$\% \text{Proteína} = 1.90\% * 6.25 = 11.936579208\% \approx 11.93\%$$

Cálculo de la media de porcentajes de proteína, los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver anexo N°4, Tabla N° 18).

$$\text{Media} = \frac{\sum x_1 + x_2 + x_3 \dots}{\text{Número total de datos}}$$

$$\text{Media} = \frac{(11.87+12.12+11.50)}{3}$$

$$\text{Media} = 11.83\% \text{ de proteína.}$$

Cálculo de la desviación estándar, los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver anexo N°4, Tabla N° 18).

$$DS = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{\text{Número total de datos}-1}}$$

$$DS = \sqrt{\frac{(11.87 - 11.83)^2 + (12.12 - 11.83)^2 + (11.50 - 11.83)^2}{3-1}}$$

$$DS = 0.3119294792 = 0.31$$

Tabla N° 6. Promedios del porcentaje de proteína cruda en las muestras de las variedades de sorgo en estudio.

Variedad	Repetición	Proteína %	\bar{X}	DS	DSR
RCV	1	11.87	11.83	0.311	2.636
	2	12.12			
	3	11.50			
BMR-S2	1	11.56	11.47	0.075	0.655
	2	11.43			
	3	11.43			
BMR-S3	1	10.25	10.02	0.220	2.202
	2	10.00			
	3	9.81			
BMR-S4	1	9.43	9.53	0.097	1.022
	2	9.62			
	3	9.56			

\bar{X} =Media de porcentajes de proteína, DS=Desviación estándar, DSR=Desviación estándar relativa.

Cálculo de la desviación estándar relativa.

Los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver Anexo N° 4, Tabla N° 18).

$$DSR = \frac{DS}{\bar{x}} \times 100$$

$$DSR = \frac{0.3119294792}{11.83\%} \times 100$$

$$DSR = 2.636766519$$

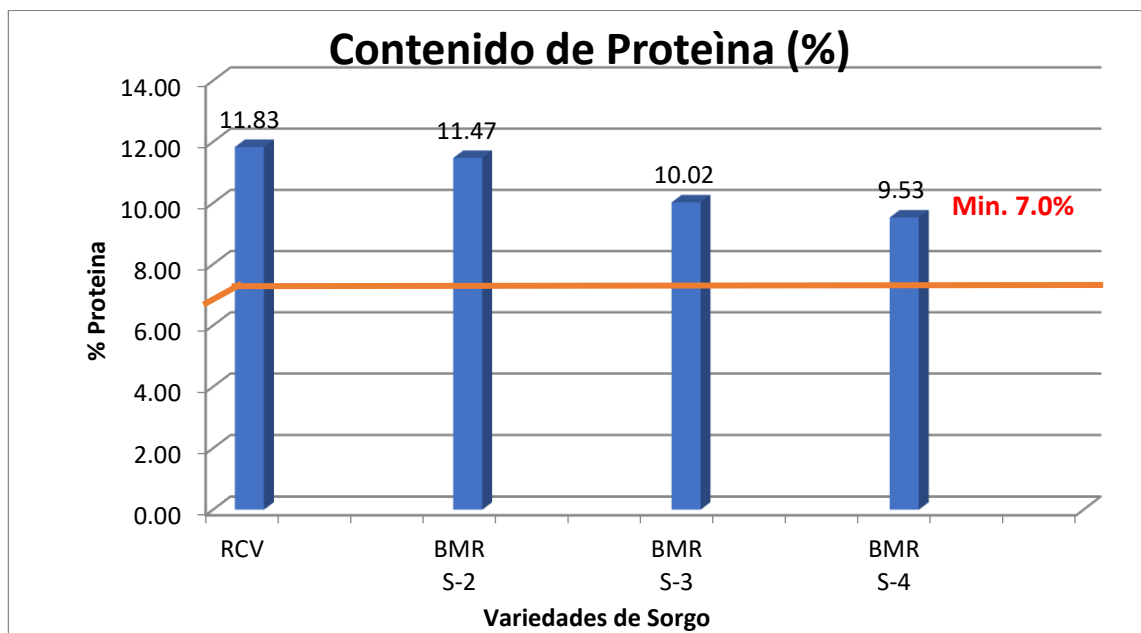


Figura N° 5. Gráfico comparativo del contenido de proteína (%) entre las variedades de sorgo en estudio.

Como se observa en la tabla N° 6 y Figura N° 15, el gráfico comparativo muestra que todas las variedades de sorgo estudiadas se encuentran por encima del porcentaje mínimo que establecido por el Codex Alimentarius 172-1989 para el contenido de proteínas, siendo la variedad con el mayor porcentaje el RCV (11.83%) en menor porcentaje es la variedad BMR S-4 (9.53%); resultados similares los ha presentado la variedad BMR S-3 (10.02%) y la variedad BMR S-4 (9.53%), la variedad similar al RCV (11.83%) es el sorgo BMR S-2 (11.47%).

Ningún resultado está bajo el porcentaje mínimo de contenido de proteína.

Test T-de Student de la determinación de Proteína (%) de las variedades RCV y BMR S-2

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Proteína para las variedades RCV y BMR S-2 ($P= 0.227$) es

mayor a $P=0.05$; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; indica que la diferencia entre los promedios analizados: no es significativa.

Test T de Student de la determinación de Proteína Cruda (%) de las variedades RCV y BMR S-3

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Proteína para las variedades RCV y BMR S-3 ($P= 0.018$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

Test T de Student de la determinación de Proteína Cruda (%) de las variedades RCV y BMR S-4

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Proteína Cruda para las variedades RCV y BMR S-4 ($P= 0.009$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

El análisis estadístico da como resultado que los promedios entre las series de datos si poseen una diferencia significativa para la comparación entre las variedades sorgo BMR S-3 y BMR S-4 comparada con la variedad RCV.

5.4. Determinación de grasa cruda

La determinación del contenido de grasa cruda de las muestras de las

variedades de Sorgo en estudio se realizó siguiendo la metodología detallada en el Anexo N° 1, Figura N° 16.

La norma del Codex Alimentarius 172-1989 para el Sorgo en grano, establece que el valor mínimo de contenido de grasa cruda para el sorgo es del 4.0%

El análisis se realizó por duplicado para todas las variedades los datos obtenidos se registran en la tabla N° 7.

Ejemplo de cálculo:

Los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver Anexo N°4, Tabla N° 19).

La fórmula para el cálculo del % de grasa es la siguiente:

$$GC (\%) = \frac{(P_2 - P_1)}{P_{.m.}} \times 100$$

Dónde:

GC= Grasa Cruda.

P₁= Peso del matraz vacío en gramos.

P₂= Peso del matraz con grasa.

P_{.m.}= Peso muestra en gramos.

La resta del P₂ – P₁ es el dato reportado como peso de grasa en la tabla N°18

Ejemplo de cálculos:

Los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver anexo N°4, Tabla N° 19)

Cálculo de la media de porcentajes de grasa cruda, los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver anexo N°4, Tabla N° 19).

$$\text{Media} = \frac{\sum x_1 + x_2 + x_3 \dots}{\text{Número total de datos}}$$

$$\text{Media} = \frac{4.48\% + 4.81\%}{2}$$

$$\text{Media} = 4.645\% = 4.64 \%$$

Cálculo de la desviación estándar, los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver anexo N°4, Tabla N° 19).

$$\text{DS} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{\text{Número total de datos}}}$$

$$\text{DS} = \sqrt{\frac{(4.48-4.64)^2 + (4.81-4.64)^2}{2-1}}$$

$$\text{DS} = 0.2334523506$$

Cálculo de la desviación estándar relativa.

$$\text{DSR} = \frac{\text{DS}}{\bar{x}} \times 100$$

$$\text{DSR} = \frac{0.2334523506}{4.64} \times 100$$

$$\text{DSR} = 5.0313006595 = 5.03$$

Tabla N ° 7. Promedio de porcentaje de grasa cruda en las muestras de sorgo en estudio.

Variedad	Repetición	Grasa %	Media	DS	DRS
RCV	1	4.48	4.64	0.23	5.03
	2	4.81			
BMR S-2	1	5.87	6.07	0.28	4.66
	2	6.28			
BMR S-3	1	3.44	3.48	0.05	1.62
	2	3.52			
BMR S-4	1	5.93	5.90	0.03	0.61
	2	5.88			

DS = Desviación estándar; DSR = Desviación Estándar Relativa.

Todos los lípidos contienen carbón, hidrógeno y oxígeno, y algunos también contienen fósforo y nitrógeno por lo cual poseen la capacidad de oxidarse y generar energía utilizable por el cuerpo; de ahí la importancia de esta determinación.

En el análisis realizado se encontró que el mayor porcentaje de grasa cruda lo tiene la variedad BMR S-2(6.07%) y el menor porcentaje de grasa es de la variedad BMR S-3(3.48%), las variedades BMR que presentaron similitud entre resultados fueron BMR S-2 (6.07%) y BMR S-4 (5.90%), ninguna variedad BMR presento similitud con la variedad RCV (4.64%).

Solamente la muestra de BMR S-3 tiene un valor por debajo del nivel máximo establecido por el Codex Alimentarius 172-1989 (Max. 4.0%), las otras muestras tienen un porcentaje de grasa cruda sobre el nivel máximo.

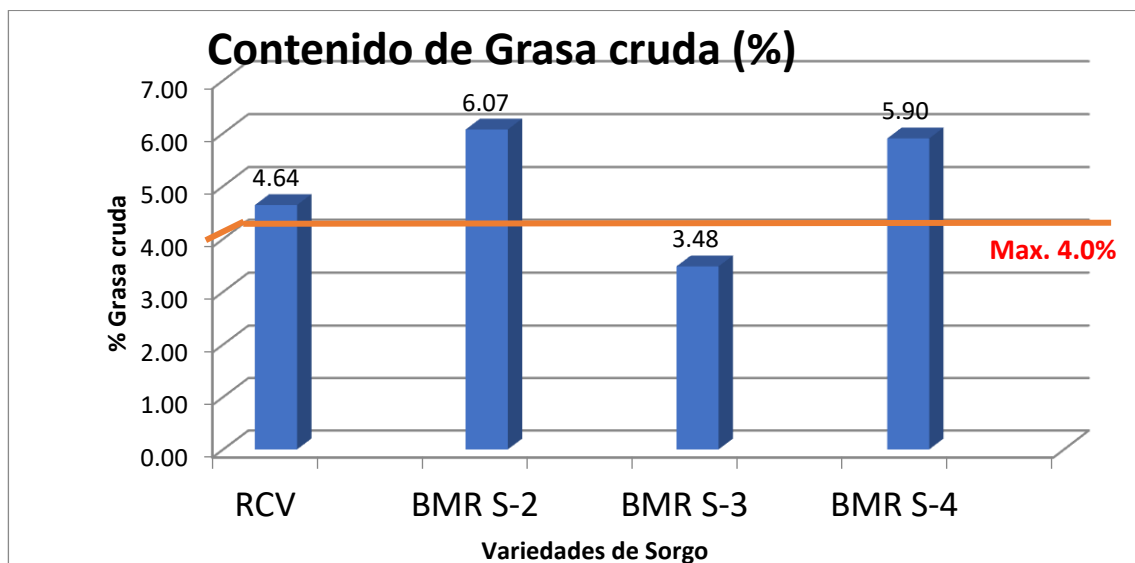


Figura N° 6. Gráfico comparativo del contenido de grasa cruda (%) entre las variedades de sorgo en estudio.

Test T-de Student de la determinación de Grasa (%) de las variedades RCV y BMR S-2

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Grasa para las variedades RCV y BMR S-2 ($P= 0.028$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; lo que determina que la diferencia de entre los promedios analizados es significativa.

Test T de Student de la determinación de Grasa Cruda (%) de las variedades RCV y BMR S-3

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Grasa para las variedades RCV y BMR S-3 ($P= 0.016$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la

igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

Test T de Student de la determinación de Grasa Cruda (%) de las variedades RCV y BMR S-4

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Grasa Cruda para las variedades RCV y BMR S-4 ($P= 0.018$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

5.5. Determinación de Fibra cruda

La determinación del contenido de Fibra Cruda de las muestras de las variedades de Sorgo en estudio se realizó siguiendo la metodología detallada en el Anexo N° 1, Figura N° 17.

La norma del Codex Alimentarius 172-1989 para el Sorgo en grano, establece que no hay un valor mínimo o máximo para el contenido de fibra en el grano de sorgo. En la tabla N° 8, se observa que las variedades poseen un porcentaje de fibra dentro de un intervalo de 2.51 a 5.04.

Datos del blanco para corrección de resultados posteriores:

Peso bolsa vacía (g):	0.4847
Peso del crisol (g) :	31.1901
Peso crisol + bolsa (g):	31.6706
Peso crisol + ceniza (g):	31.1914
Peso de la pérdida en ignición (g):	0.4792

Según los datos obtenidos se procedió a calcular el factor de corrección de la siguiente manera:

$$\text{Corrección del blanco (C1)} = \frac{\text{Pérdida de peso en la ignición de la bolsa}}{\text{Peso de la bolsa de blanco}}$$

$$\text{Corrección del blanco (C1)} = 0.988$$

El factor anteriormente calculado servirá para realizar la respectiva corrección en los resultados y evitar un resultado erróneo.

Ejemplo de cálculos:

Los datos utilizados para el ejemplo fueron tomados de la variedad RCV (Ver anexo N°4, Tabla N° 20), la fórmula para el cálculo del % de fibra es la siguiente:

$$\text{FC (\%)} = \frac{P_2 - (P_1 \times C_1)}{P_{\text{muestra (g)}}} \times 100$$

Dónde:

FC= Fibra Cruda.

P₁= Peso de bolsa vacía en gramos.

P₂= Peso de fibra ≈ (peso crisol + bolsa + mx seca) – (peso crisol + ceniza)

Así para la variedad RCV repetición N° 1 (Ver anexo N° 4, Tabla N° 20) el cálculo es el siguiente:

$$\text{FC (\%)} = \frac{((68.030 \text{ g}) - (67.497 \text{ g})) - (0.5000 \text{ g} \times 0.988)}{1.117 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{FC (\%)} = 3.49 \%$$

Cálculo de la media de porcentajes de fibra, los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver anexo N° 4, Tabla N° 20).

$$\text{Media} = \frac{\sum x_1 + x_2 + x_3 \dots}{\text{Número total de datos}}$$

$$\text{Media} = \frac{3.49\% + 3.27\%}{2}$$

$$\text{Media} = 3.38\%$$

Cálculo de la desviación estándar, los datos utilizados para el ejemplo son tomados de la variedad RCV (Ver anexo N° 4, Tabla N° 20).

$$DS = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{\text{Número total de datos} - 1}}$$

$$DS = \sqrt{\frac{(3.49-3.38)^2 + (3.27-3.38)^2}{2 - 1}}$$

$$DS = 0.1555634919 \approx 0.15$$

Calculo de la desviación estándar relativa.

$$DSR = \frac{DS}{\bar{x}} \times 100$$

$$DSR = \frac{0.1555634919}{3.38} \times 100$$

$$DSR = 4.60247018 \approx 4.60$$

Tabla N° 8. Promedios de porcentaje de fibra cruda.

Variedades	RCV		BMR S-2		BMR S-3		BMR S-4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Muestra	1.117	1.008	1.194	1.024	1.336	1.01	1.250	1.003
%Fibra	3.49%	3.27%	3.22%	3.52%	2.54%	2.48%	5.20%	4.88%
Media	3.38%		3.37%		2.51%		5.04%	
DS	0.15		0.21		0.04		0.22	
DSR	4.60		6.29		1.69		6.48	

DS = Desviación estándar, DSR= Desviación estándar relativa.

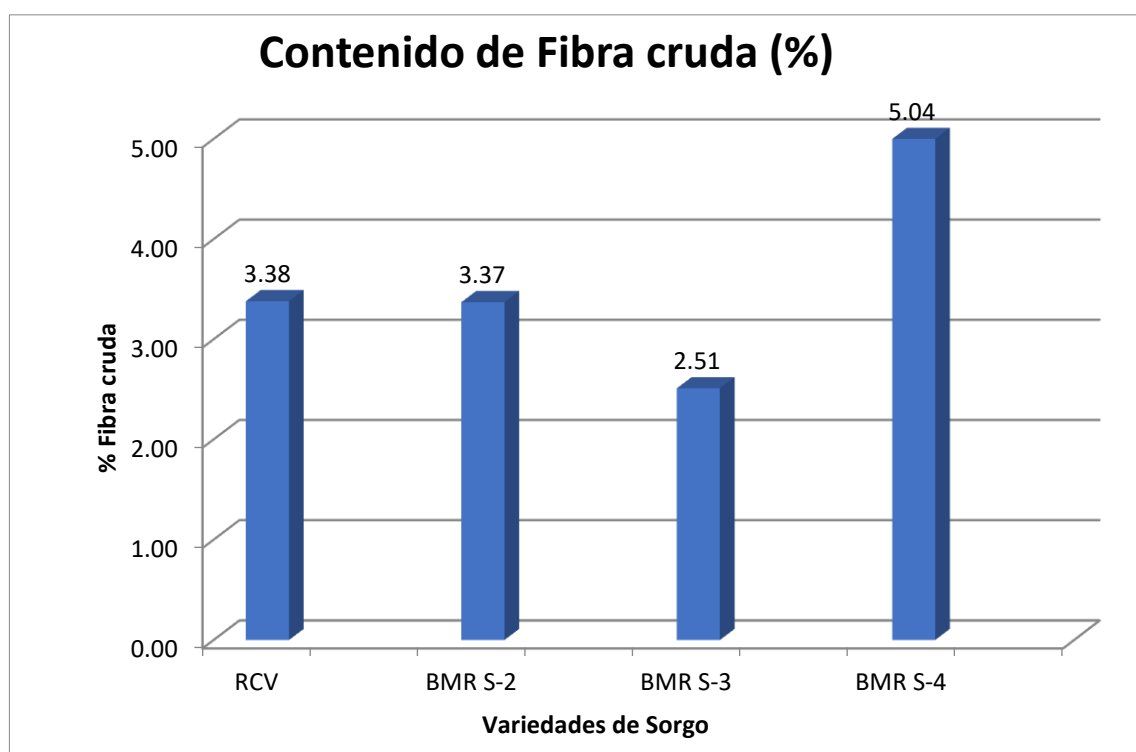


Figura N° 7. Gráfico comparativo del contenido de fibra cruda (%) entre las variedades de sorgo en estudio.

El mayor porcentaje de fibra cruda la presento la variedad BMR S-4 (5.04%), la variedad que contiene el nivel más bajo de fibra es la BMR S-3 (2.51%) y las

variedades que mayor similitud entre ellas fue la RCV (3.38%) y la BMR S-2 (3.37%). Para esta determinación cabe mencionar que no hay un valor establecido como mínimo o máximo con el cual hacer una comparación.

Test T-de Student de la determinación de Fibra Cruda (%) de las variedades RCV y BMR S-2

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Fibra cruda para las variedades RCV y BMR S-2 ($P= 0.400$) es mayor a $P=0.05$; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula; que establece la igualdad de las medias entre ambas series de datos; esto indica que la diferencia entre los promedios analizados no es significativa.

Test T de Student de la determinación de Fibra Cruda (%) de las variedades RCV y BMR S-3

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Fibra Cruda para las variedades RCV y BMR S-3 ($P= 0.016$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

Test T de Student de la determinación de Fibra Cruda (%) de las variedades RCV y BMR S-4

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Fibra Cruda para las variedades RCV y BMR S-4 ($P= 0.015$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es significativa

5.6. Carbohidratos.

La cantidad de carbohidratos presentes en la semilla de grano de sorgo no está especificada por el Codex Alimentarius 172-1989, por lo tanto no se muestran restricciones en cuanto a la cantidad que cada variedad debe presentar para valorarse como aceptable.

Con el resultado de las determinaciones anteriores se calcula la cantidad de carbohidratos presentes en las muestras analizadas.

La fórmula utilizada para el cálculo del total de carbohidratos es la siguiente:

$$\text{Carbohidratos} = 100\% - (\% \text{ H} + \% \text{ PC} + \% \text{ GC} + \% \text{ C} + \% \text{ FC})$$

Dónde el 100% se asume que es el total de la suma de todas las determinaciones o porcentajes.

% H = Porcentaje de Humedad

% P = Porcentaje de Proteína

% GC = Porcentaje de Grasa Cruda

% C = Porcentaje de Ceniza

% FC = Porcentaje de Fibra Cruda

Ejemplo de cálculos corresponden a la variedad RCV:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (14.30 + 3.17 + 11.83 + 4.64 + 3.37)$$

$$\% \text{ Carbohidratos} = 62.67 \%$$

En el siguiente cuadro se presentan los totales, son el resultado de la sumatoria de las determinaciones anteriores.

Tabla N° 9. Porcentaje de carbohidratos encontrados en las muestras analizadas.

DETERMINACION	RCV	BMR S-2	BMR S-3	BMR S-4
Carbohidratos (%)	62.67	60.79	68.01	61.27

La variedad que presenta mayor contenido de carbohidratos es BMR S-3 (68.01%), la que contiene el menor porcentaje es BMR S-2 (60.79%) y valores similares entre las variedades fueron de la variedad RCV (62.67%) con BMR S-4 (61.27%).

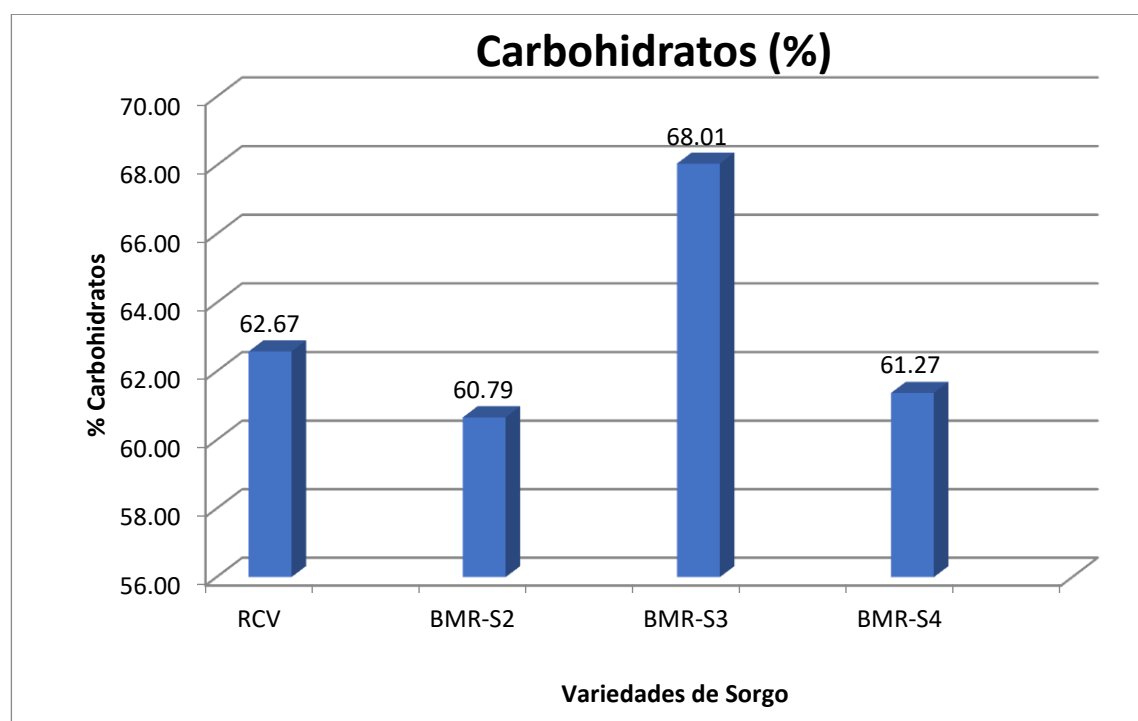


Figura N° 8. Gráfico comparativo del contenido de Carbohidratos (%) entre las variedades de sorgo en estudio

Test T- de Student de la determinación de Carbohidratos (%) de las variedades RCV y BMR S-2

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Carbohidratos para las variedades RCV y BMR S-2 (P=

0.029) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de las medias entre ambas series de datos; esto indica que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

Test T de Student de la determinación de Carbohidratos (%) de las variedades RCV y BMR S-3

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Carbohidratos para las variedades RCV y BMR S-3 ($P=0.002$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

Tabla N° 10. Datos del análisis bromatológico proximal de las muestras de sorgo transformados a $\text{Log}_{10}(n+1)$

Mx	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)
RCV	1.2174	1.1185	0.7395	0.6209	0.6503	1.8033
	1.1492	1.1045	0.7629	0.6211	0.6272	1.8015
BMR S-2	1.2028	1.0951	0.8376	0.6907	0.6492	1.7900
	1.1732	1.1015	0.8617	0.6839	0.6530	1.7899
BMR S-3	1.1628	1.0525	0.6475	0.5089	0.5452	1.8392
	1.1760	1.0421	0.6578	0.5029	0.5354	1.8360
BMR S-4	1.2046	1.0196	0.8412	0.6908	0.7850	1.7950
	1.1676	1.0283	0.8376	0.6896	0.7616	1.7946

Test T de Student de la determinación de Carbohidratos (%) de las variedades RCV y BMR S-4

El valor P obtenido de la prueba T de Student para el análisis de los datos de la determinación de Carbohidratos para las variedades RCV y BMR S-4 ($P=0.024$) es menor a $P=0.05$; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula; que establece la igualdad de los promedios entre ambas series de datos; esto indica, que la diferencia entre los promedios analizados es significativa.

5.7. Cuantificación de taninos.

Un alto contenido de taninos en el alimento es un factor anti- nutricional, según el Codex Alimentarius 172-1989, el máximo contenido de taninos para el grano de sorgo es de 0.5% en base seca.

En el estudio realizado se determina que ninguna de las variedades BMR analizadas sobre pasa el contenido de taninos establecido por el Codex Alimentarius 172-1989, pues las concentraciones de taninos no fueron detectables por el método utilizado y por lo tanto estas variedades no deberá representar un impedimento para la absorción de nutrientes en el organismo al ser utilizado en la elaboración de alimentos a base de los granos de sorgo de la variedad BMR.

5.7.1. Curva de calibración.

- Preparación de la curva de calibración; para la determinación de contenido de ácido tánico.

Esta curva de calibración se prepara según la tabla N° 1 y de la cual se obtiene la ecuación de la recta que posteriormente se utiliza la el cálculo de la concentración de taninos.

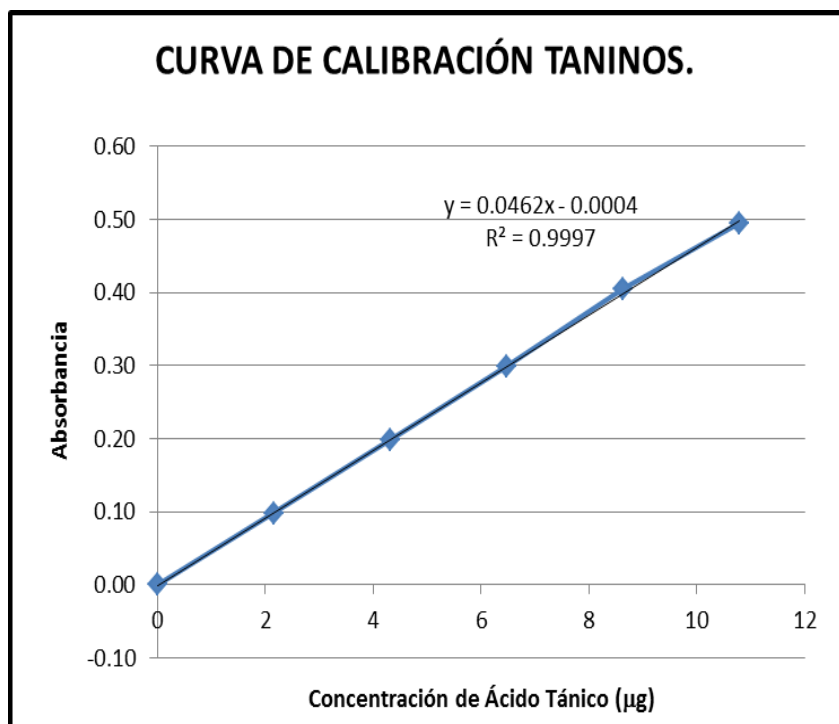


Figura N° 9. Gráfico de la curva de calibración para determinación de contenido de ácido tánico en extracto acetónico.

Del gráfico anterior se deduce:

Ecuación de la recta: $Y = 0.0462X - 0.0004$

$$X = \frac{Y + 0.0004}{0.0462}$$

Dónde:

Y: Absorbancia de la muestra; X: Concentración de la muestra (μg de eq. AT)

5.7.2. Cálculo de cantidad de fenoles totales en extracto acetónico.

Los resultados que se presentan en la Tabla N° 21 corresponden al análisis del extracto acetónico del primer tratamiento de muestras.

Tabla N° 11. Resultados del análisis realizado en alícuota de 100 μ L del extracto acetónico.

Variedades	Repetición	Conc. (mg de eq. AT) en alícuota (100 μ L)	mg de eq. AT/ml en alícuota (100 μ L)	mg de eq. AT/100 mg Mx (alícuota 100 μ L)	% eq. AT en Materia Seca (alícuota 100 μ L)
RCV	1	4.056	40.563	0.203	0.214
	2	4.121	41.212	0.204	0.216
	3	4.056	40.563	0.203	0.214
BMR S-2	1	7.065	70.649	0.353	0.373
	2	7.043	70.433	0.352	0.372
	3	7.087	70.866	0.354	0.374
BMR S-3	1	5.680	56.797	0.284	0.296
	2	5.636	56.364	0.282	0.294
	3	5.723	57.229	0.286	0.298
BMR S-14	1	7.043	70.433	0.352	0.373
	2	7.065	70.649	0.353	0.374
	3	7.043	70.433	0.352	0.373

Mx.: muestra, Abs.: absorbancia, Conc.: concentración, eq.: equivalente, AT.: Acido Tánico, cont.: contenido

Ejemplo de cálculo realizado con datos de la variedad RCV (Ver anexo N° 4, Tabla N° 21 para un mayor detalle de los datos crudos).

$$A. \text{ Conc. (mg de eq. AT.) en alícuota (100}\mu\text{L)} = \frac{\text{Abs.} \cdot 100 \mu\text{L} + 0.0004}{0.0462}$$

$$A. \text{ Conc. (mg de eq. AT.) en alícuota (100}\mu\text{L)} = \frac{0.187 + 0.0004}{0.0462}$$

$$A. \text{ Conc. (mg de eq. AT.) en alícuota (100}\mu\text{L)} = 4.056$$

$$B. \text{ mL de solvente conteniendo 100 mg Mx} = \left(\frac{100 \times 10}{0.200} \right) / 1000$$

$$B. \text{ mL de solvente conteniendo } 100\text{mg Mx} = \left(\frac{100 \times 10}{P_{mx}} \right) / 1000$$

$$B. \text{ mL de solvente conteniendo } 100\text{mg Mx} = 5.00 \text{ mL}$$

$$C. \text{ mg de eq. AT/ml en alícuota (100 } \mu\text{L)} = \frac{A}{0.1}$$

$$C. \text{ mg de eq. AT/ml en alícuota (100 } \mu\text{L)} = \frac{4.056}{0.1}$$

$$C. \text{ mg de eq. AT/ml en alícuota (100 } \mu\text{L)} = 40.563$$

$$D. \text{ mg de eq. AT/100mg Mx (alícuota } 100 \mu\text{L)} = \frac{C}{1000} \times B$$

$$D. \text{ mg de eq. AT/100mg Mx (alícuota } 100 \mu\text{L)} = \frac{40.56}{1000} \times 5.00 \text{ mL}$$

$$D. \text{ mg de eq. AT/100mg Mx (alícuota } 100 \mu\text{L)} = 0.2028 \approx 0.202$$

$$E. \text{ \%eq. AT en materia seca (alícuota } 100 \mu\text{L)} = \frac{D}{\text{Cant. Materia seca}}$$

$$E. \text{ \%eq. AT en materia seca (alícuota } 100 \mu\text{L)} = \frac{0.202}{0.8570}$$

$$E. \text{ \%eq. AT en materia seca (alícuota } 100 \mu\text{L)} = 0.23570595 \approx 0.235$$

5.7.3. Cálculo de cantidad de fenoles totales en extracto de polivinil pirrolidona.

Cálculos para alícuota de 200 μL . (Ver anexo N° 4, Tabla N° 22 para un mayor detalle de los datos crudos).

$$A. \text{ Conc. (mg de eq. AT.) en alícuota (200}\mu\text{L)} = \frac{\text{Abs.}200 \mu\text{L} + 0.0004}{0.0462}$$

$$A. \text{ Conc. (mg de eq. AT.) en alícuota (200}\mu\text{L)} = \frac{0.374 + 0.0004}{0.0462}$$

$$A. \text{ Conc. (mg de eq. AT.) en alícuota (200}\mu\text{L)} = 8.104$$

$$B. \text{ mL de solvente conteniendo 200mg Mx} = \left(\frac{100 \times 20}{P_{\text{mx}}} \right) / 1000$$

$$B. \text{ mL de solvente conteniendo 200mg Mx} = \left(\frac{100 \times 20}{0.200} \right) / 1000$$

$$B. \text{ mL de solvente conteniendo 200mg Mx} = 10.00 \text{ mL}$$

$$C. \text{ mg de eq. AT/ml en alícuota (200 } \mu\text{L)} = \frac{A}{0.08}$$

$$C. \text{ mg de eq. AT/ml en alícuota (200 } \mu\text{L)} = \frac{8.104}{0.08}$$

$$C. \text{ mg de eq. AT/ml en alícuota (200 } \mu\text{L)} = 101.299$$

$$D. \text{ mg de eq. AT/100mg Mx (alícuota 200 } \mu\text{L)} = \frac{C}{1000} \times B$$

$$D. \text{ mg de eq. AT/100mg Mx (alícuota 200 } \mu\text{L)} = \frac{101.299}{1000} \times 10.00$$

$$D. \text{ mg de eq. AT/100mg Mx (alícuota 200 } \mu\text{L)} = 1.013$$

Tabla N° 12. Equivalentes de ácido tánico en alícuota de 200 µL en extracto de polivinilpirrolidona.

Variedades	Repetición	Conc.(mg de eq. AT) en alícuota (200 µL)	mg de eq. AT/ml en alícuota (200 µL)	mg de eq. AT/100 mg Mx (alícuota 200 µL)	% eq. AT en Materia Seca (alícuota 200 µL)
RCV	1	8.104	101.299	1.013	1.182
	2	8.147	101.840	1.008	1.176
	3	8.104	101.299	1.013	1.182
BMR S-2	1	6.697	83.712	0.837	0.978
	2	6.697	83.712	0.837	0.978
	3	6.784	84.794	0.840	0.981
BMR S-3	1	6.632	82.900	0.817	0.947
	2	6.545	81.818	0.818	0.948
	3	6.610	82.630	0.814	0.943
BMR S-4	1	5.333	66.667	0.667	0.778
	2	5.268	65.855	0.659	0.769
	3	5.333	66.667	0.667	0.778

Mx.: muestra, Abs.: absorbancia, Conc.: concentración, eq.: equivalente, AT.: Acido Tánico, cont.: contenido

$$E. \quad \%eq. \text{ AT en materia seca (alícuota } 200 \mu\text{L)} = \frac{D}{\text{Cant. Materia seca}}$$

$$E. \quad \%eq. \text{ AT en materia seca (alícuota } 200 \mu\text{L)} = \frac{1.013}{0.8570}$$

$$E. \quad \%eq. \text{ AT en materia seca (alícuota } 200 \mu\text{L)} = 1.182$$

5.7.4 Cálculo de taninos como equivalentes de ácido tánico.

Tabla N° 13. Cantidad de taninos en equivalentes del ácido tánico.

Variedades		RCV	BMR S-2	BMR S-3	BMR S-4
% Taninos en la resta entre 100 μ L y 200 μ L	Repetición 1	-0.946	-0.566	-0.618	-0.367
	Repetición 2	-0.938	-0.567	-0.621	-0.357
	Repetición 3	-0.946	-0.568	-0.612	-0.367
Promedio		-0.943	-0.567	-0.617	-0.364

Para calcular la cantidad total de fenoles tanínicos presentes en cada variedad se hace una resta; a la cantidad de fenoles totales encontrados con el primer extracto acetónico se le resta la cantidad de fenoles no tanínicos encontrados luego de la extracción con polivinilpirrolidona.

5.8 Resumen de resultados.

A partir de los resultados obtenidos se elaboró una tabla que resume los valores del análisis bromatológico proximal y cuantificación de taninos.

Tabla N° 14. Cuadro de resultados de Análisis Bromatológico y Cuantificación de Taninos de las variedades de sorgo BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV.

Parámetro	Parámetros de referencia (CODEX)	RCV	BMR S-2	BMR S-3	BMR S-4
Humedad (%)	14.5	14.30	14.43 (P=0.045)	13.77 (P=0.0003)	14.36 (P=0.0021)
Ceniza (%)	1.5	3.18	3.87 (P=0.003)	2.21 (P=0.001)	3.90 (P=0.001)
Proteína (%)	Mínimo 7.0	11.83	11.47 (P=0.227)	10.02 (P=0.018)	9.53 (P=0.009)
Grasa cruda (%)	Máximo 4.0	4.64	6.07 (P=0.028)	3.48 (P=0.016)	5.90 (P=0.018)
Fibra cruda (%)	No hay valor establecido	3.38	3.37 (P=0.400)	2.51 (P=0.016)	5.04 (P=0.015)
Carbohidrato (%)	No hay valor establecido	62.67	60.79 (P=0.029)	68.01 (P=0.002)	61.27 (P=0.024)
Taninos (%)	No más de 0.5%	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado

Figura N° .Resultados del análisis bromatológico proximal de las variedades de sorgo BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV con sus parámetros de referencia según CODEX

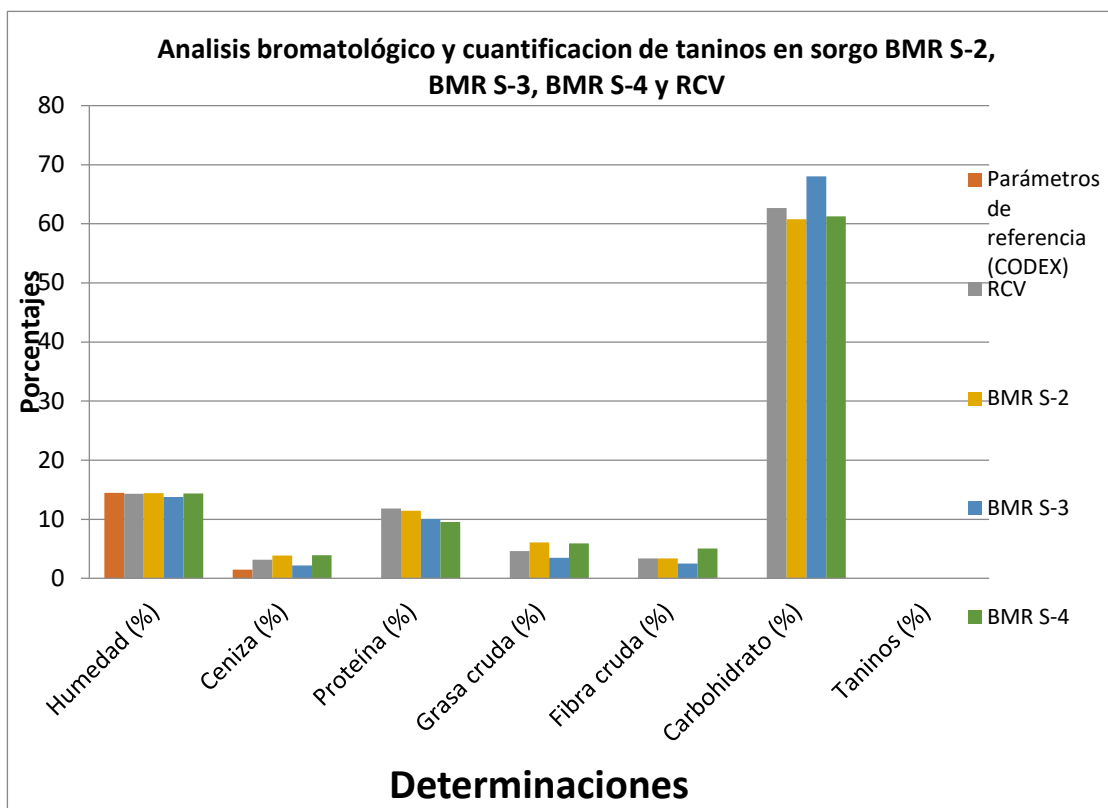


Figura N° 10. Análisis Bromatológico y Cuantificación de Taninos de las variedades de sorgo BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV.

5.9 Informe de resultados y de los posibles usos de las variedades analizadas.

Utilizando los resultados de los análisis realizados se elaboró un informe que se presentó a las autoridades de la Comisión de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad de El Salvador (COSAN-UES).

Dicho informe contiene los aspectos principales de la investigación en formato sencillo que incluye conclusiones y recomendaciones retomadas y/o modificadas de esta investigación. (Ver Anexo N° 5).

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. Las determinaciones correspondientes al análisis bromatológico proximal de las cuatro variedades de sorgo en estudio; presentaron una diferencia significativa entre los resultados de contenido de humedad, ceniza, proteína, grasa cruda y fibra cruda; de las variedades de sorgo BMR (S-2, S-3, S-4) y la variedad RCV.
2. Los resultados obtenidos de la cuantificación de taninos por el método de Folin-Ciocalteu indica que ninguna de las variedades en estudio posee concentraciones superiores al valor máximo establecido por el Codex Alimentarius 172-1989 (0.5%) de taninos. Las variedades BMR analizadas en esta investigación son aptas para su utilización en la elaboración de alimentos para consumo humano ya que ninguna supera el valor máximo establecido por el Codex Alimentarius.
3. Al evaluar los resultados del análisis bromatológico proximal entre las tres variedades de sorgo BMR y la variedad de sorgo RCV por medio del Test T de Student, se evidencia que no hay diferencias significativas entre las variedades BMR S-2 y RCV para las determinaciones de proteína cruda ($P=0.227$) y fibra cruda ($P=0.400$).
4. La variedad BMR S-2 presenta resultados significativamente diferentes para las determinaciones de humedad, cenizas, grasa cruda y carbohidratos; a diferencia del resto de variedades BMR que presentan resultados significativamente diferentes para todas las determinaciones.

5. Según los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius 172-1989, la variedad BMR-S2 es la que presenta el valor más alto en el porcentaje de Proteína (11.47%).
6. El contenido de Fibra Cruda (3.37%) es similar a la variedad RCV (3.38%).
7. La variedad BMR S-3 contiene los valores más bajos de humedad, ceniza, grasa cruda y fibra cruda; en comparación con las variedades (BMR S-2, BMR S-4 y RCV).

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo la determinación de minerales y micronutrientes debido a los valores elevados en el porcentaje de cenizas en las variedades de sorgo estudiadas.
2. Se debe hacer un análisis más amplio sobre los diferentes nutrientes que se puedan encontrar en las variedades en estudio para realizar una comparación completa de la calidad nutricional entre las variedades BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y así tener un parámetro más robusto que ayude a comprender las ventajas del cultivo para la alimentación humana.
3. Realizar pruebas de calidad culinaria y aceptabilidad con las variedades BMR S-2, BMR S-3 y BMR S-4 en preparados a base de sorgo RCV en diferentes proporciones, como por ejemplo:
 - Pan salado y dulce.
 - Bebidas ya sea calientes como atoles o frías como refrescos.
 - Barras energéticas acompañadas de turrón.
 - Salsas para acompañamiento de platos fuertes.
 - Ingrediente extra para la granola.
 - Golosinas como el alboroto.
 - Entre otros.
4. Utilizar el sorgo de las variedades estudiadas (BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4) para la elaboración de alimentos destinados a los celíacos, ya que por ser libre de gluten y así optar por una dieta más económica y a la vez que contendrá las características nutricionales que se requiere,

BIBLIOGRAFIA.

1. Cadahia Fernández, E. (1995). Estudio de la composición tanica de madera, corteza y hojas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. globules* y *E. rudis*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
2. Calaveras, J. (2004). Nuevo tratado de panificación y bollería. Madrid, España: Mundi-Prensa.
3. Cárdenas Medina, J., Solorio Sánchez, F., & Sandoval Castro, C. (2004). Ensilaje de forrajes: alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico. Yucatan, Mexico: Universidad Autónoma de Yucatan.
4. Centro Nacional de Metrología. (CENAM) (2012). Importancia de la metrología en la determinación del contenido de humedad en granos: México: Autor
5. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Cordova"(CENTA). (2012). Ejemplo para un futuro mejor. Cosecha del Cambio.
6. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Cordova"(CENTA). (2014). Tecnologías Agrícolas para el Desarrollo de El Salvador en Granos Básicos.
7. Clará Valencia.,R., Rooney, B., Heinrichs, E., & Portillo, O. (2010). University of Nebraska Lincoln. Obtenido de: <http://digitalcommons.unl.edu/intormilpresent/48.pdf>

8. De León, M. y Giménez, R.A. (2008). Efecto del contenido de grano y del gen BMR en sorgos para silaje. Contenidos y calidad. Revista Argentina de Producción Animal, Vol. 28 Supl. 1: 349-543
9. Dirección de Educación Agraria. (2008). Manual de forrajes. Direccion Provincial de Educacion Tecnico. Buenos Aires. Argentina.
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1995). Norma del Codex para el Sorgo en Grano. Recuperado el 26 de marzo de 2016 de: http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/CXS_172.pdf
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2009). Declaracion de la Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria. Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria. Roma. Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org. Recuperado el 5 de Marzo de 2016, de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/5068/viveropol.pdf>
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014) [online] Disponible en: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/5068/viveropol.pdf>, Fecha de consulta: 5 de Marzo de 2016
13. Funes Coronel, Jorge Alejandro. (2012). Muestreo y análisis de desechos de talla. Un caso de estudio: Capa 2 Peñas de la Cruz 1.1 (Antofagasta de la Sierra, Catamarca). *Intersecciones en antropología*, 13(1), 211-221. Recuperado en 03 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850373X2012000100014&lng=es&tlng=es.

14. Garcia Galindo, D., Nogues, F. S., & Rezcara, A. (2010). Energia de la Biomasa V<1>. Zaragoza: Prensas Universitarias.
15. Gutiérrez Cornejo, D. (2012). Analisis Quimico de Alimentos. México.: Colegio de Bachilleres.
16. Hernández Valle, M. A., & Moreno, W. (2011). Validacion de cuatro variedades de sorgo BMR comparadas con sorgo normal [online]. Disponible en :University of Nebraska Lincoln <http://digitalcommons.unl.edu/intormilpresent/41/>, Fecha de consulta: 10 de marzo de 2016.
17. Makkar, H. (2003). Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage. Vienna, Austria.
18. Minitab, Datos que pueden analizarse con una prueba de hipótesis, <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/hypothesis-tests/basics/data-types-for-hypothesis-tests/> fecha de consulta: Marzo de 2017.
19. Real Academia Española. Diccionario de la Real Academia Española. [online] Disponible en: <http://www.wordreference.com/definición/lignina>, Fecha de consulta: 5 de Marzo de 2016.
20. Restrepo, O. (2011). Fitomejoramiento del sorgo (*Sorghum spp*). Colombia: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A.).
21. Skoog, D., & West, D. (Mayo,2002). Introducción a la Química Analítica. Barcelona, España: Reverté.

22. The Association of Official Analytical Chemists. (AOAC). (1980). Official Methods of Analysis. Washington. DC, USA. Publicado por The Association of Official Analytical Chemists. Thirteen Edition.
23. Universidad de Extremadura. (2012). Edafología. [online]. Disponible en: <http://www.ewb.unex.es/eweb/edafo/FAO/vertilsol.html>. Fecha de consulta: 5 de marzo de 2016.
24. Word Reference. (2014). Word Reference. [online]. Disponible en: <http://www.wordreference.com/definicion/radicula>. fecha de consulta: 5 de marzo de 2016.
25. Zeledon, H. S., Hernández, M. A., Ayala Morán, J. E., Guzman de Serrano, R. F., Borja, C. A., Alvarado de Torres, M., & Calderon, V. R. (2007). GUIA TECNICA DEL SORGO (*Sorghum bicolor*, L. Moench). Guia Técnica del Sorgo, p.40.

GLOSARIO

- Biomasa: Sustancias orgánicas q tienen su origen en los compuestos de carbón formados en la fotosíntesis.⁽¹²⁾
- Crisoles de vidrio sinterizado: Son crisoles filtrantes conformados por vidrio en forma de discos porosos aglutinados y soldados formando directamente el fondo de dicho crisol. Existen varias clases según su tamaño de poro, pueden calentarse a temperaturas de hasta 500°C.⁽²⁰⁾
- Ensilado: Es por definición alimento para animales, resultante de la preservación anaerobia de forrajes o residuos forrajeros por acidificación.⁽³⁾
- Harina: Producto finamente triturado, obtenido de la maduración del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio.⁽²⁾
- Lignina: Sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen: la lignina constituye el 25% de la Madera.⁽¹⁶⁾
- Primordios: Conjunto de células del meristema que mediante sucesivas divisiones generan los órganos de las plantas: los primordios seminales dan lugar a las semillas.⁽¹⁶⁾
- Radícula. Parte del embrión de la planta que origina la raíz.⁽²¹⁾
- Subnutrición: Ingesta de alimentos que es insuficiente para satisfacer las necesidades de energía alimentaria de manera continua.⁽²²⁾

- Vertisol: Deriva del vocablo latino "vertere" que significa verter o revolver, haciendo alusión al efecto de batido y mezcla provocado por la presencia de arcillas hinchables. El material original lo constituyen sedimentos con una elevada proporción de arcillas o productos de alteración de rocas que las generen. Se encuentran en depresiones de áreas llanas o suavemente onduladas.⁽²⁰⁾

ANEXOS

ANEXO N°1
ESQUEMAS DE PROCEDIMIENTOS PARA EL ANALISIS
BROMATOLOGICO PROXIMAL Y DE CUANTIFICACION DE
TANINOS.

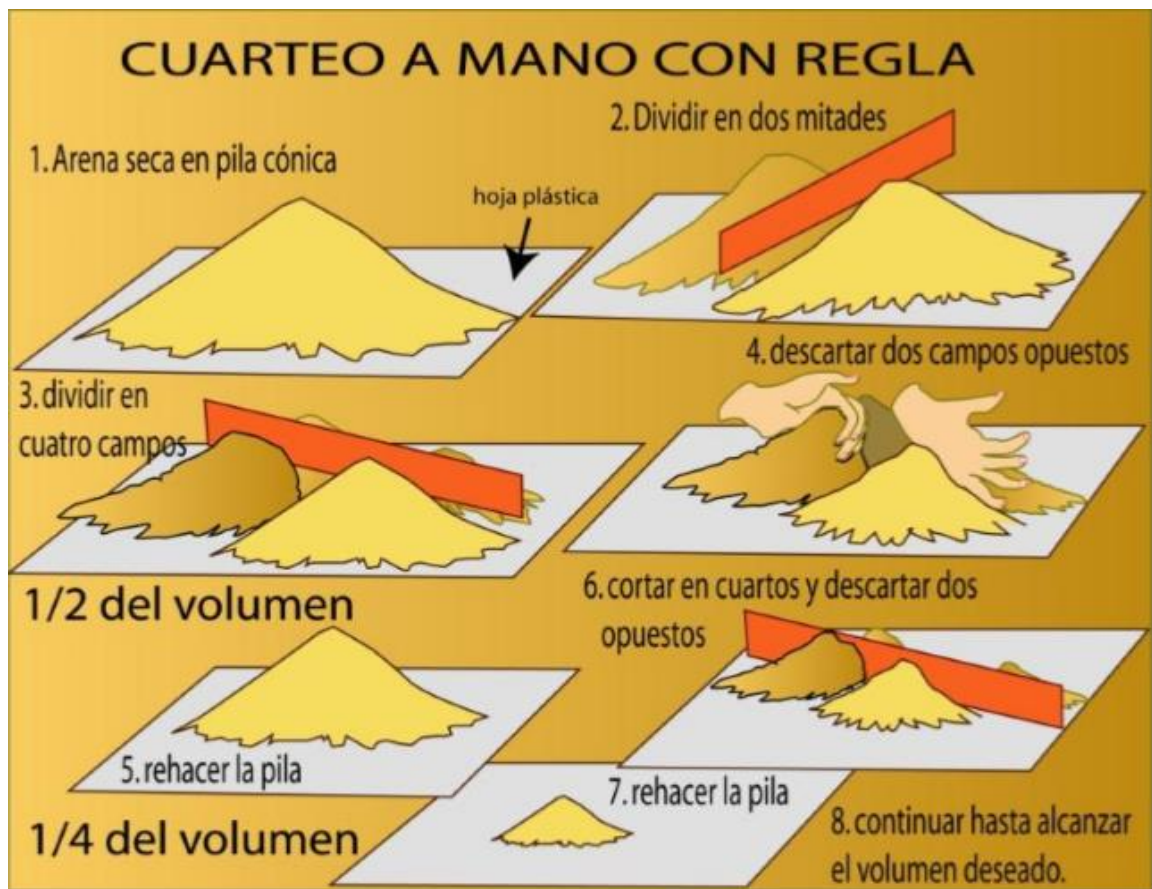


Figura N° 11. Esquema para el cuarteo de muestras. (3)

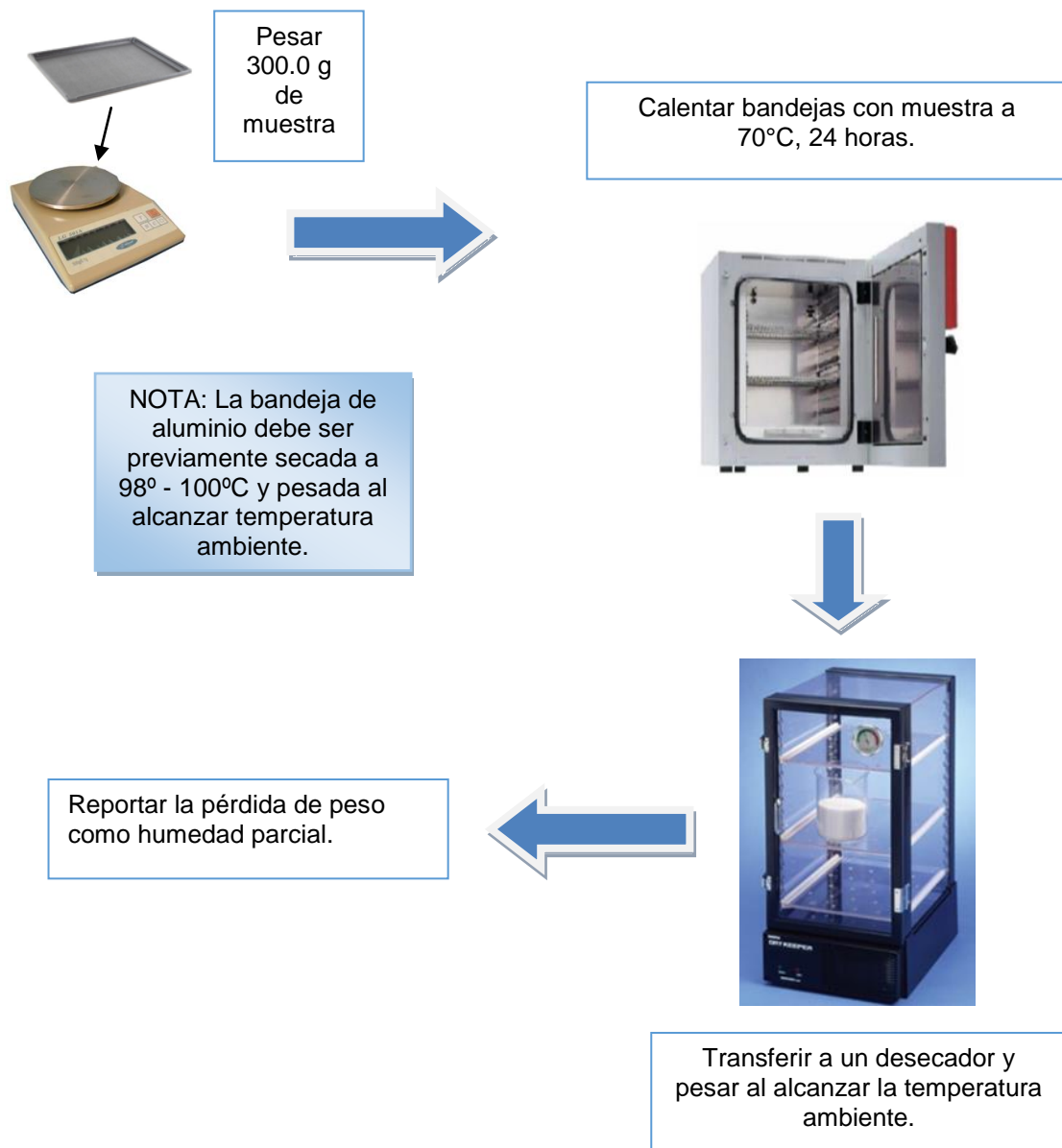


Figura N° 12. Esquema para la determinación de humedad parcial. (17)

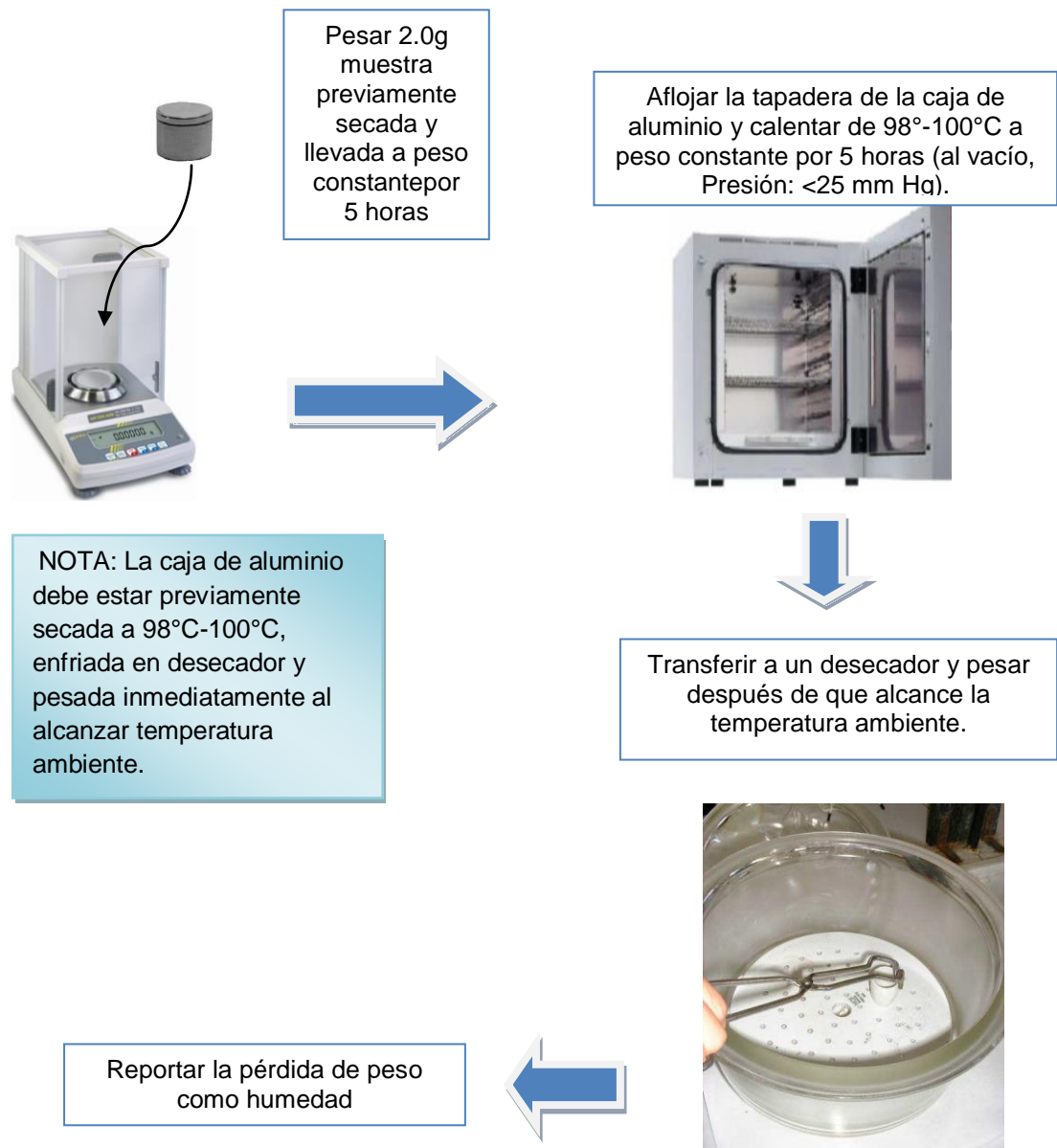


Figura N° 13. Esquema para la determinación de humedad final. (17,22)

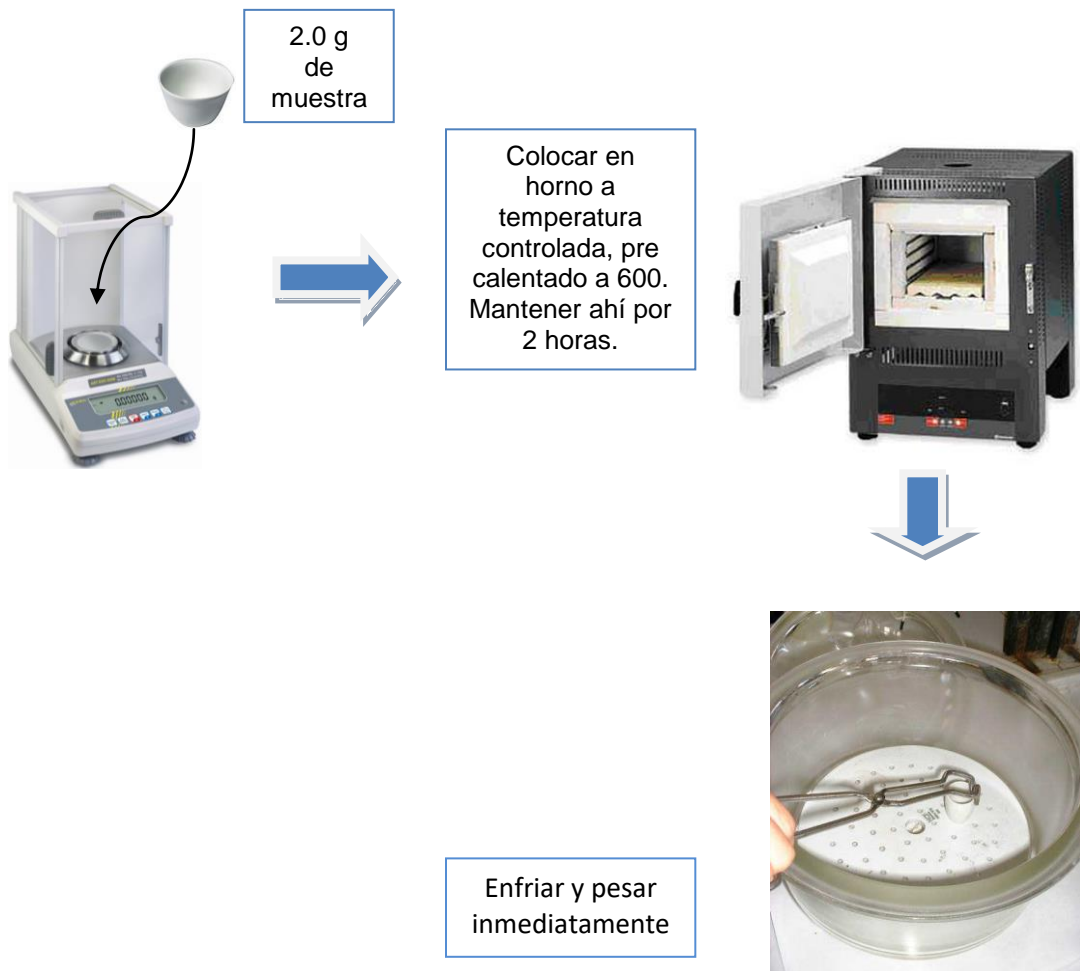


Figura N° 14. Esquema para la determinación de ceniza. (22)

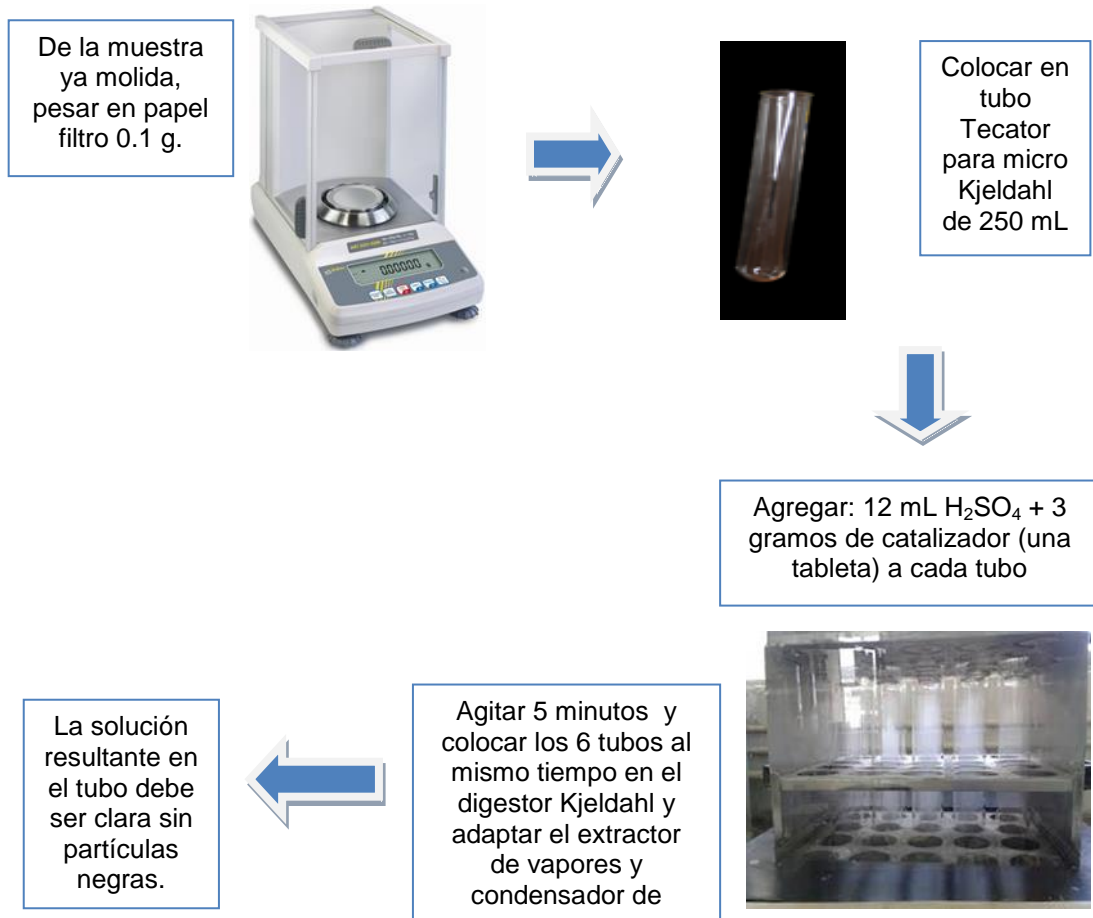


Figura N° 15. Esquema para la determinación de proteína cruda. (Método Micro-Kjeldahl) (22)

Destilación y valoración.

Muestra
+ 80 mL H₂O
+ 60 mL NaOH 40%



En un Erlenmeyer colocar 25 mL ácido bórico más indicadores (la solución quedara color rojo) y colocar en el destilador Kjeldahl, luego de 5 min de destilación



Se observa un cambio de color en la solución de rojo a verde esmeralda.



Enfriar y titular con HCl 0.1N, viraje de color verde a rojo.

Figura N° 15. Continuación (22)

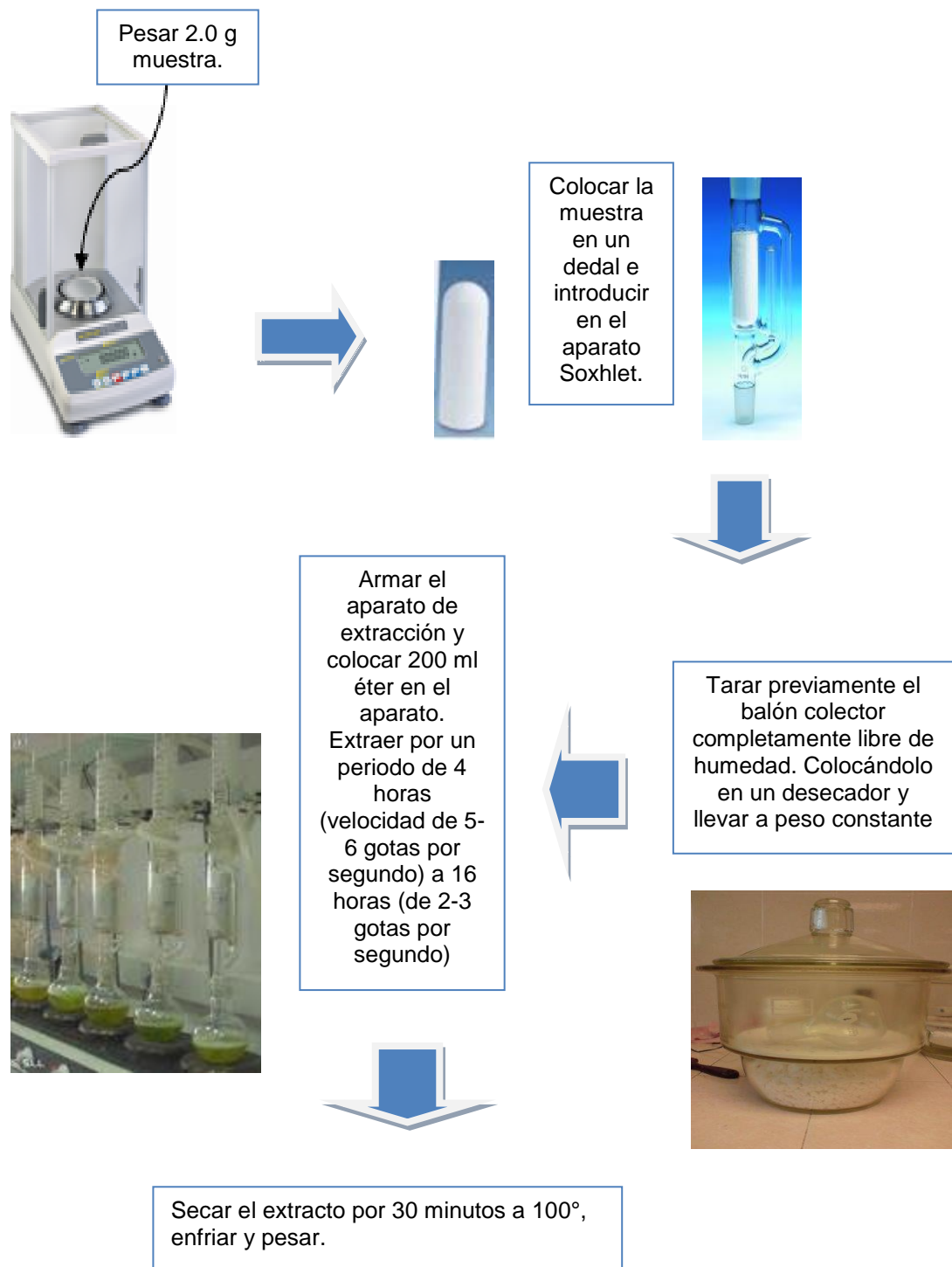


Figura N° 16. Esquema para la determinación de grasa cruda (22)

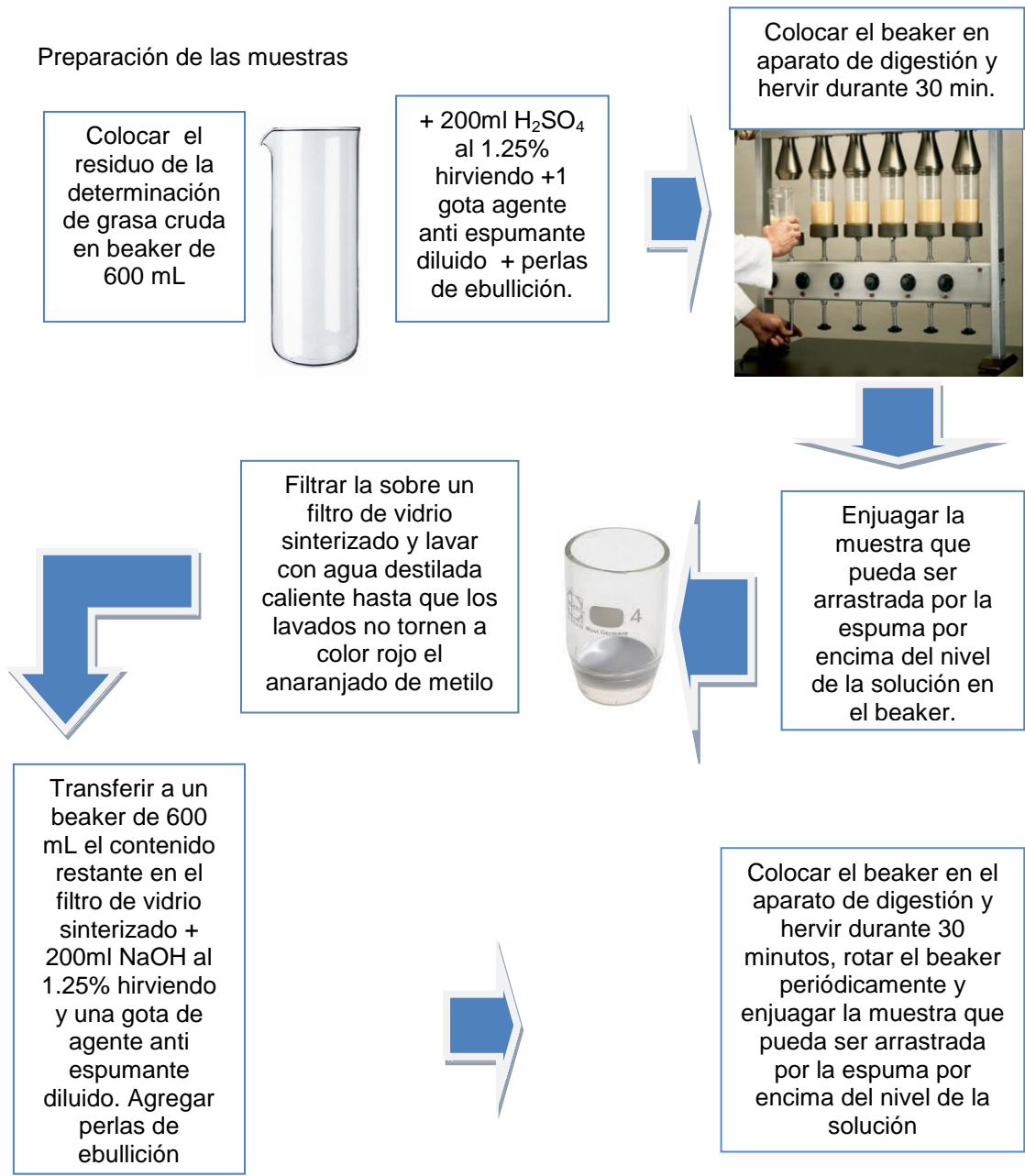


Figura N° 17. Esquema para la determinación de fibra cruda. (22)

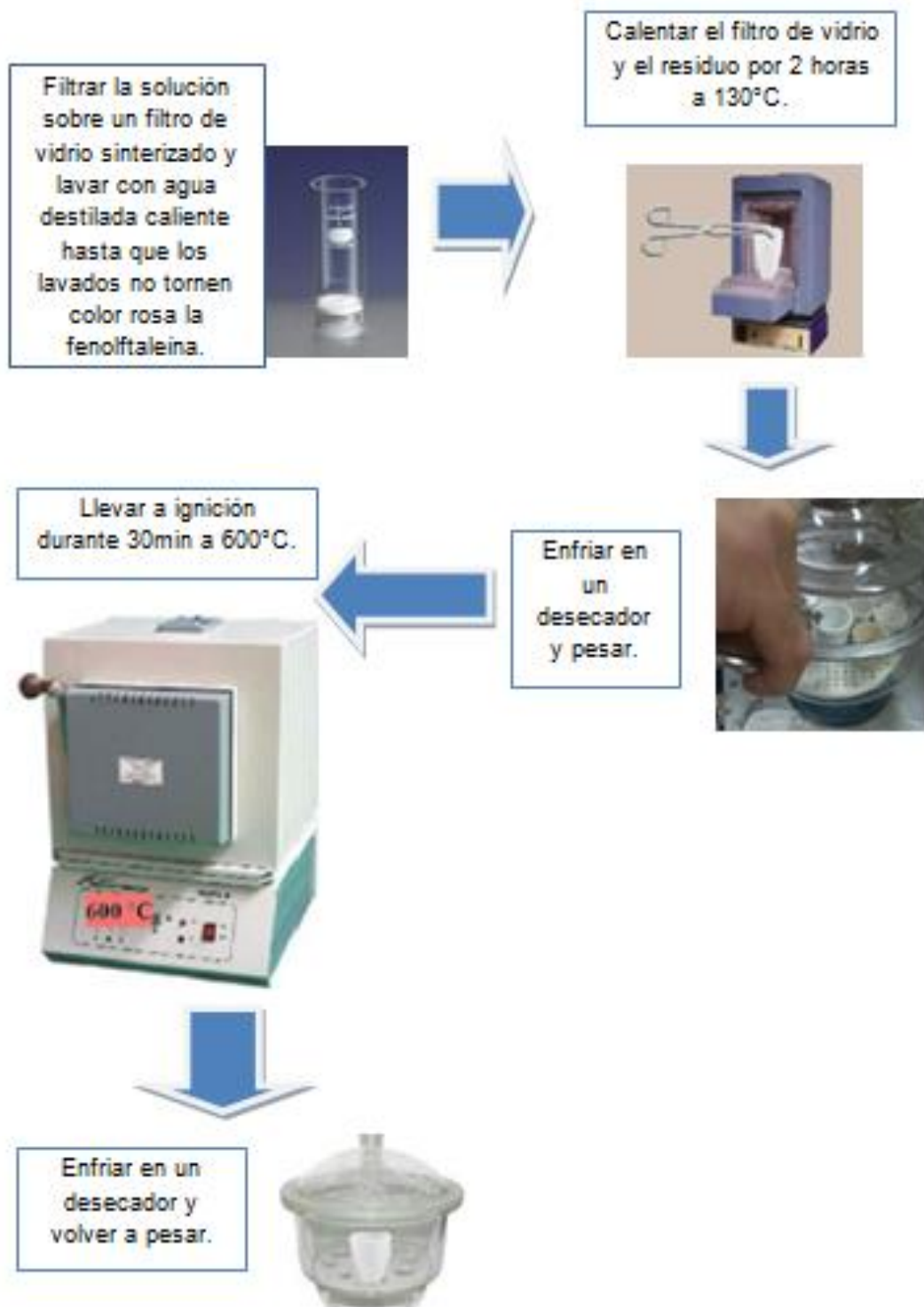


Figura N° 17. Continuación (22).



Figura N° 18. Esquema para el cálculo de carbohidratos totales. (13)

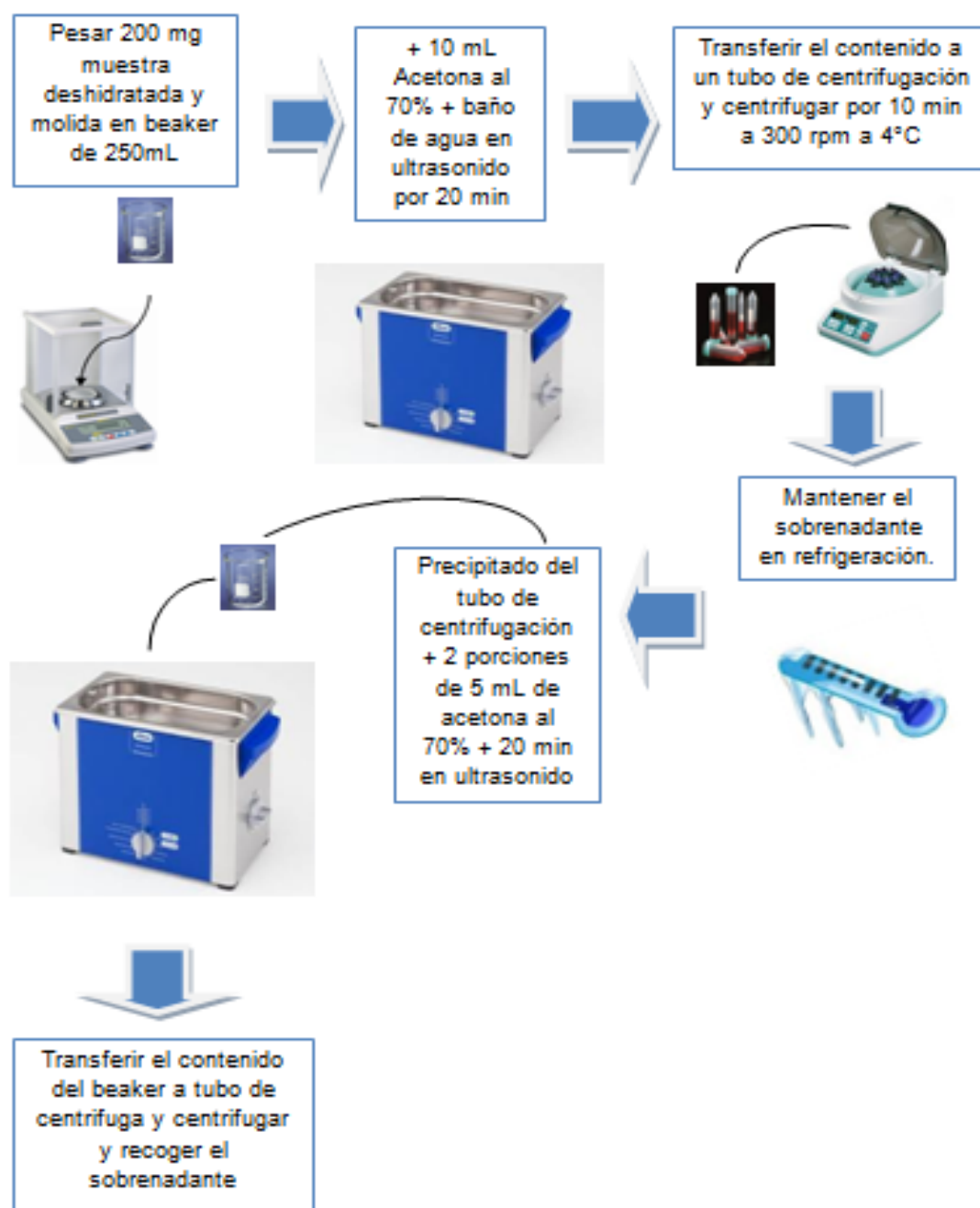


Figura N° 19. Esquema para la cuantificación de taninos. (17)



Figura N° 20. Esquema para la cuantificación de fenoles totales. Preparación del extracto de taninos. Método de Folin-Ciocalteu. (17)

ANEXO N°2
LISTADO DE MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL
ANALISIS BROMATOLOGICO PROXIMAL Y DE CUANTIFICACION
DE TANINOS.

2.1 Determinación de humedad (17,22)

Humedad parcial.

Materiales y cristalería

- Caja de aluminio para humedad
- Pinza tipo tijera de acero inoxidable
- Termómetro graduado 0-150 °C

Equipos.

- Estufa de vacío
- Balanza granataria
- Desecador con desecante químico

Humedad final.

Materiales y cristalería

- Bandeja de aluminio
- Pinza tipo tijera de acero inoxidable
- Termómetro graduado 0-150 °C
- Espátula para pesar

Equipos para ambas humedades

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

2.2 Determinación de ceniza.(22)

Materiales y cristalería

- Crisoles de porcelana.

- Espátula para pesar de acero inoxidable
- Pinzas metálicas para crisol

Equipos

- Desecador de gabinete con desecante químico (Silica gel o perclorato de magnesio)
- Balanza analítica
- Horno de mufla.

2.3 Determinación de proteína cruda. (Método Micro-Kjeldahl.)⁽²²⁾

Materiales y cristalería.

- Tubos Tecator para digestor Kjeldahl de 250 mL
- Micro bureta digital 50 mL
- Bureta de 10 - 25 mL
- Papel filtro o caja de aluminio para pesar la muestra.
- Erlenmeyer de 250 mL
- Probeta de 100 mL

Equipos

- Micro Kjeldahl de digestión y destilación
- Soporte para bureta completa

2.4 Determinación de grasa cruda. ⁽²¹⁾

Materiales.

- Dedal de extracción de alundum o de cartón
- Tubo de vidrio para recoger éter
- Papel filtro y algodón.

- Pinza metálica de acero inoxidable tipo tijera
- Espátula para pesar.

Equipos

- Balanza analítica
- Desecador con desecante químico
- Aparato para extracción de grasas Soxhlet
- Estufa.

2.5 Determinación de fibra cruda, (21)

Materiales y cristalería:

- Beakers Berzelius forma alta sin vertedero con capacidad de 600 mL
- Crisol de Gooch de 25 mL y Soporte Walter para crisol de Gooch
- Lienzo para filtración #40 aproximadamente de 20 cm² o tela
- Frascos kitasato de 5° o 250 mL
- Embudos de vidrio boca ancha y tallo corto
- Espátulas de acero inoxidable
- Soporte de madera para embudos
- Probeta de 250 mL
- Vasos de precipitado de 50 y 250 mL

Equipos

- Extractor de fibra cruda
- Balanza analítica
- Desecador de gabinete con desecante químico
- Estufa eléctrica
- Horno de mufla
- Bomba para vacío.

2.6 Cuantificación de taninos. ⁽¹⁷⁾

Preparación del extracto acetónico

Materiales y cristalería.

- Vasos de precipitado de 25 mL
- Tubo de centrifuga

Equipos

- Balanza analítica
- Baño de agua por ultrasonidos
- Centrifugadora
- Baño de hielo

Cuantificación de fenoles totales

Materiales y cristalería.

- Tubos de ensayo de 100 * 12mm
- Pipetas de 1.0 mL y de 5.0 mL
- Buretas de 10.0 mL
- Vasos de precipitado de 25 mL

Equipos

- Espectrofotómetro ultravioleta-visible
- Agitador Vortex.

Remoción de taninos del extracto acetónico

Materiales y cristalería.

- Tubos de ensayo de 100 x 12 mm
- Pipetas de 1.0 mL y de 5.0 mL

Equipos

- Espectrofotómetro Ultravioleta- Visible
- Balanza analítica
- Centrifugadora
- Agitador Vórtex

ANEXO N° 3
LISTADO DE REACTIVOS UTILIZADOS EN EL ANALISIS
BROMATOLOGICO PROXIMAL Y DE CUANTIFICACION DE
TANINOS.

3.1 Determinación de proteína cruda. (Método Micro-Kjeldahl.)⁽²²⁾

Preparación de reactivos:

- Alcohol etílico al 95%

- Ácido sulfúrico concentrado, libre de nitrógeno densidad 1.84 g/mL. Usar reactivo grado analítico.

- Mezcla de Catalizadores (Sulfato de potasio + Sulfato de Cobre):
 1. Mezclar 7.0 g de Sulfato de potasio pulverizado y agregar 0.8 g de sulfato de cobre pulverizado y libre de Selenio.
 2. La mezcla debe tener una apariencia Homogénea. Nota: Esta mezcla es equivalente a las tabletas KJEL-TAB que se encuentra comercialmente.

- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N o 0.025N.

- Solución de ácido bórico al 4% + solución de indicadores (verde de bromocresol y rojo de metilo en metanol o alcohol etílico):
 1. Pesar 0.1 gramos de verde de bromocresol y diluir en 100 mL de alcohol etílico (debe macerar esta solución para facilitar su disolución).
 2. Pesar 0.07 g de rojo de metilo y diluir en 70 mL de alcohol etílico (debe macerar esta solución para facilitar su disolución).

Nota: La mezcla se prepara diluyendo 70 mL de la solución de rojo de metilo en los 100 mL de la solución de verde de bromocresol y se lleva a un volumen de 1L

3. Pesar 200 g de Ácido Bórico y diluir con agua destilada 4L (la mezcla se debe calentar si es necesario para facilitar la disolución. Dejar enfriar y llevar a volumen).
4. Luego mezclar con la solución de indicadores preparada para obtener un volumen total de 5L.
5. Ajuste de la solución de Ácido bórico 4 %: Transferir 25 mL de ácido bórico al 4 % en un erlenmeyer de 250 mL y adicionar 100 mL de agua destilada. Si la solución en el erlenmeyer es rojo permanente, titular con solución de Hidróxido de Sodio 0.1 M hasta neutralizar y obtener un color gris. Calcular la cantidad de Solución Hidróxido de Sodio necesaria para ajustar la solución de 5 L de ácido bórico con la siguiente fórmula:

$$\text{mL de NaOH } 0.1 \text{ M} = \text{mL de titulante gastado} * 200.$$

6. Adicionar la cantidad calculada de la solución de NaOH a la mezcla de la solución de ácido bórico al 4%; cuando use HCl 0.2 N como ácido titulante, la adición de 30 mL de NaOH a la solución da buenos ajustes a la mezcla; pero cuando use HCl 0.1 N como titulante adicione de 15 mL de NaOH: El uso de ácidos como titulantes de concentraciones bajas son poco utilizados; el ajuste de las soluciones con NaOH puede ser necesario.
7. Para corroborar el procedimiento utilizado, usar 25 mL de la solución de ácido bórico, para correr un blanco y si el valor de este blanco es alto (0.5 mL de HCl a 0.2 M), el ácido bórico se ajustó incorrectamente: Esto puede crear o hacer blancos irregulares, para corregir adicionar directamente ácido clorhídrico en el frasco que contiene la solución de ácido bórico al 4%; mezclar cuidadosamente y repetir el procedimiento hasta que la lectura de titulante obtenida sea entre 0.05 a 0.15 mL de HCl 0.2M). Si se

consigue un blanco positivo, adicionar pequeñas cantidades de NaOH y repetir el procedimiento hasta obtener valores satisfactorios.

NOTA: La adición de álcali es para obtener un valor de blanco positivo. Esto debe oscilar entre 0.05 a 0.15 mL de titulante, para obtener una buena repetitividad cuando se realice el blanco.

- Solución de hidróxido de sodio al 40%.

Para calcular la cantidad de Nitrógeno/proteína, debe ser calculada la concentración de HCL. A través de una titulación previa con Carbonato de Sodio que es descrita de la siguiente manera. Una concentración incorrecta de HCl puede ser otra causa sustancial de error:

- Solución estándar:

1. pesar aproximadamente 10.0 g de Na_2CO_3 anhidro.
2. Usar un mortero para obtener un polvo fino.
3. Secar por una hora a 265°C o 2 horas a 200°C . Enfriar en desecador, transferir el Na_2CO_3 a un beaker con tapadera (papel parafilm).
4. Almacenar en desecador.

- Solución de indicadores:

1. Disolver 0.1 g de rojo de metilo en 100 mL de metanol o etanol al 95%.
2. Disolver 0.1 g de verde de bromocresol en 100 mL de metanol o etanol al 95%.

- Procedimiento para la titulación del ácido:

1. Pesar aprox. 0.4 g de Na_2CO_3 , usando una balanza analítica y anotar el peso (W1).
2. Transferir el Na_2CO_3 a un frasco y adicionar 40 mL de agua destilada.
3. Adicionar 8 gotas de cada uno de las soluciones de indicador.
4. Titular hasta color rosa.

NOTA: Anotar la cantidad de mL usados (A1). Calentar esta solución por algunos minutos. La solución virará a verde. Enfriar rápidamente a temperatura ambiente bajo un baño de agua. Continuar con la titulación hasta que cambie nuevamente a color rosado.

NOTA: Anotar este volumen (A2). Calentar la solución por algunos minutos. Enfriar rápidamente a temperatura ambiente bajo un baño de agua. Continuar con la titulación hasta que cambie nuevamente a color rosado. Anotar este volumen (A3).

NOTA: Los cambios de temperatura pueden influenciar el volumen y la concentración de la solución titulante. La temperatura de trabajo durante la titulación de las muestras debe ser aproximadamente igual a la temperatura de estandarización. Si la corrección de temperatura es necesaria, la precisión suficiente puede ser obtenida por el uso de tablas de corrección ⁽¹⁹⁾

5. Cálculos: $\text{Molaridad} = 18,870 * W1 / (A1 + A2 + A3)$

NOTA. La precisión de la concentración puede estar dada por 4 dígitos (ejemplo 0.2000 Molar).

3.2 Determinación de grasa cruda. ⁽²²⁾

Reactivos

- Éter de petróleo al 34 o 35% o éter dietílico anhidro.

3.3 Determinación de fibra cruda. ⁽²²⁾

Reactivos

- Alcohol metílico, etílico o isopropílico
- Indicador anaranjado de metilo al 1% en alcohol etílico.
- Indicador fenolftaleína al 1% en alcohol etílico
- Fibra de asbesto preparada
- Solución de ácido sulfúrico 0.255 N: Comprobar que la solución contiene 1.25 g de H_2SO_4 por 100 mL por medio de una titulación.
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N: Comprobar que la solución contiene 1.25 g de NaOH por 100 mL por medio de una titulación la solución debe estar libre de Na_2CO_3 .

3.4 Cuantificación de taninos. ⁽¹⁷⁾

3.4.1 Cuantificación de fenoles totales

- Reactivo de Folin-ciocalteu (1 N):
 1. Diluir el reactivo de Folin-ciocalteu (2N) que se encuentra comercialmente con un volumen igual de agua destilada.
 2. Transferir a un frasco de color ámbar y almacenar en refrigeradora a 4°C. no usar si el color se torna verde olivo.

- Carbonato de sodio (20%):

Pesar 40 g de $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, disolverlo con agua destilada para llevar a volumen de 200 ml.

- Agua destilada

- Solución estándar de ácido tánico (0.1 mg/ml):

Disolver 25.0 mg de ácido tánico en 25.0 ml de agua destilada y luego diluir 1:10 en agua destilada (usarse siempre como solución de reciente preparación).

3.4.2 Remoción de taninos del extracto acetónico

Reactivos

- Polivinil pirrolidona insoluble (PVPP): Encontrado comercialmente en Sigma-Aldrich ® (P6755)
- Agua destilada.

ANEXO N°4
TABLAS DE DATOS CRUDOS Y RESULTADOS PARA LA
DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO Y
CUANTIFICACIÓN DE TANINOS.

Tabla N° 15. Datos obtenidos en la determinación de humedad parcial.

Variedad	RCV		BMR-S2		BMR-S3		BMR-S4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Repetición								
Peso bandeja vacía (g)	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	12.90	13.00
Peso bandeja + muestra (g)	315.70	317.71	316.00	317.71	315.30	317.71	316.90	317.71
Peso bandeja + muestra seca (g)	285.20	290.28	286.50	289.98	286.40	289.98	288.30	290.59
Peso muestra húmeda (g)	302.70	304.71	303.00	304.71	302.30	304.71	304.00	304.71
Peso muestra seca (g)	272.20	277.28	273.50	276.98	273.40	276.98	275.40	277.59
Perdida en el secado (g)	30.50	27.42	29.50	27.73	28.90	27.73	28.60	27.12
% Humedad	10.08	9.00	9.74	9.10	9.56	9.10	9.41	8.90
Promedio	9.54		9.42		9.33		9.15	

Tabla N° 16. Datos obtenidos en la determinación de humedad final.

Variedad	RCV		BMR-S2		BMR-S3		BMR-S4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Repetición								
Peso caja vacía (g)	17.970	18.98	15.170	18.420	16.210	17.50	17.970	17.970
Peso caja + muestra húmeda (g)	20.000	20.980	17.183	20.420	18.216	19.501	19.983	19.983
Peso caja + muestra seca (g)	19.890	20.898	17.078	20.324	18.136	19.403	19.870	19.886
Peso muestra húmeda(g)	2.030	2.000	2.013	2.000	2.006	2.001	2.013	2.013
Peso muestra seca (g)	1.920	1.918	1.908	1.904	1.925	1.902	1.902	1.916
Perdida en el secado (g)	0.109	0.082	0.104	0.096	0.080	0.098	0.110	0.096
% Humedad	5.40	4.10	5.20	4.80	4.00	4.90	5.50	4.81
Promedio (%)	4.75		5.00		4.45		5.15	

Tabla N° 17. Datos obtenidos en la determinación de porcentaje de cenizas en las variedades de sorgo en estudio.

Variedad	RCV		BMR-S2		BMR-S3		BMR-S4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Repetición								
Identificación del Crisol	303	20	416	8	285	2	206	51
Peso del crisol vacío	27.355	37.492	25.500	28.626	37.892	25.204	29.040	26.381
Peso crisol + muestra	29.369	39.568	27.630	30.715	39.822	27.402	31.220	28.513
Peso muestra	2.014	2.076	2.125	2.089	1.930	2.198	2.176	2.132
Peso crisol + ceniza	27.419	37.558	25.590	28.706	37.935	25.252	29.130	26.464
Peso ceniza	0.064	0.066	0.083	0.080	0.043	0.048	0.085	0.083
% Ceniza	3.178	3.179	3.906	3.830	2.228	2.184	3.906	3.893
Promedio (%)	3.18		3.87		2.21		3.90	
Desviación estándar	0.001014728		0.053951413		0.03123702		0.009328039	
Desviación estándar relativa	0.032		1.395		1.416		0.239	

Tabla N° 18. Datos obtenidos para determinación de porcentaje de proteína cruda.

Variedad	Repetición	Pesos (g)	Vol. HCl (mL)	Nitrógeno %	Proteína %	Prom. (%)	DS	DSR
RCV	1	0.205	1.38	1.90	11.87	11.83	0.311	2.636
	2	0.206	1.41	1.94	12.12			
	3	0.203	1.32	1.84	11.50			
BMR-S2	1	0.200	1.31	1.85	11.56	11.47	0.075	0.655
	2	0.206	1.33	1.83	11.43			
	3	0.203	1.31	1.83	11.43			
BMR-S3	1	0.200	1.16	1.64	10.25	10.02	0.220	2.202
	2	0.200	1.13	1.60	10.00			
	3	0.200	1.11	1.57	9.81			
BMR-S4	1	0.208	1.11	1.51	9.43	9.53	0.097	1.022
	2	0.204	1.11	1.54	9.62			
	3	0.203	1.10	1.53	9.56			

\bar{x} = Media de porcentajes de proteína. Prom.= Promedios, DS = Desviación estándar. DSR = Desviación estándar relativa.

Tabla N° 19. Datos obtenidos para determinación de porcentaje de grasa cruda.

Variedad	Repetición	Peso de muestra (g)	Peso de grasa (g)	Grasa %	Media	DS	DRS
RCV	1	2.005	0.090	4.48	4.64	0.23	5.03
	2	2.161	0.104	4.81			
BMR-S2	1	2.007	0.118	5.87	6.07	0.28	4.66
	2	2.022	0.127	6.28			
BMR -S3	1	2.005	0.069	3.44	3.48	0.05	1.62
	2	2.068	0.073	3.52			
BMR -S4	1	2.004	0.119	5.93	5.90	0.03	0.61
	2	2.039	0.120	5.88			

Tabla N° 20. Datos obtenidos para determinación de porcentaje de fibra cruda.

Variedad	RCV		BMR S-2		BMR S-3		BMR S-4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Bolsa vacía	0.500	0.498	0.503	0.504	0.497	0.507	0.504	0.496
Muestra	1.117	1.008	1.194	1.024	1.336	1.01	1.250	1.003
Bolsa + muestra	1.617	1.506	1.698	1.528	1.834	1.517	1.7548	1.500
Crisol	67.495	67.711	69.094	67.864	68.307	68.208	27.876	30.099
Crisol+ bolsa + mx seca	68.030	68.237	69.635	68.400	68.833	68.734	28.437	30.638
Crisol + ceniza	67.497	67.712	69.095	67.866	68.308	68.208	27.874	30.099
%Fibra	3.49%	3.27%	3.22%	3.52%	2.54%	2.48%	5.20%	4.88%
Media	3.38%		3.37%		2.51%		5.04%	
DS	0.15		0.21		0.04		0.22	
DSR	4.60		6.29		1.69		6.48	

Tabla N° 21. Equivalentes de ácido tánico en alícuota de 100 µL del extracto acetónico.

Variedad	Repetición	Peso de mx (g)	Abs. (100 µL)	Conc. (mg de eq. AT) en alícuota (100 µL)	ml de solvente cont. 100 mg Mx	mg de eq. AT/ml en alícuota (100 µL)	mg de eq. AT/100 mg Mx (alícuota 100 µL)	% eq. AT en Materia Seca (alícuota 100 µL)
RCV	1	0.200	0.187	4.056	5.000	40.563	0.203	0.236
	2	0.202	0.190	4.121	4.950	41.212	0.204	0.238
	3	0.200	0.187	4.056	5.000	40.563	0.203	0.236
BMR S-2	1	0.200	0.326	7.065	5.000	70.649	0.353	0.412
	2	0.200	0.325	7.043	5.000	70.433	0.352	0.4113
	3	0.202	0.327	7.087	4.950	70.866	0.354	0.413
BMR S-3	1	0.203	0.262	5.680	4.926	56.797	0.284	0.329
	2	0.200	0.260	5.636	5.000	56.364	0.282	0.327
	3	0.203	0.264	5.723	4.926	57.229	0.286	0.331
BMR S-4	1	0.200	0.325	7.043	5.000	70.433	0.352	0.411
	2	0.200	0.326	7.065	5.000	70.649	0.353	0.412
	3	0.200	0.325	7.043	5.000	70.433	0.352	0.411

Mx.: muestra, Abs.: absorbancia, Conc.: concentración, eq.: equivalente, AT.: Acido Tánico, cont.: contenido

Tabla N° 22. Equivalentes de ácido tánico en alícuota 200 µL en extracto de polivinilpirrolidona.

Variedad	Repetición	Peso de mx (g)	Abs (200 µL)	Conc. (mg de eq. AT) en alícuota (200 µL)	ml de solvente conteniendo 100 mg Mx	mg de eq. AT/ml en alícuota (200 µL)	mg de eq. AT/100 mg Mx (alícuota 200 µL)	% eq. AT en Materia Seca (alícuota 200 µL)
RCV	1	0.200	0.374	8.104	10.000	101.299	1.013	1.182
	2	0.202	0.376	8.147	9.901	101.840	1.008	1.176
	3	0.200	0.374	8.104	10.000	101.299	1.013	1.182
BMR S-2	1	0.200	0.309	6.697	10.000	83.712	0.837	0.978
	2	0.200	0.309	6.697	10.000	83.712	0.837	0.978
	3	0.202	0.313	6.784	9.901	84.794	0.840	0.981
BMR S-3	1	0.203	0.306	6.632	9.852	82.900	0.817	0.947
	2	0.200	0.302	6.545	10.000	81.818	0.818	0.948
	3	0.203	0.305	6.610	9.852	82.630	0.814	0.943
BMR S-4	1	0.200	0.246	5.333	10.000	66.667	0.667	0.778
	2	0.200	0.243	5.268	10.000	65.855	0.659	0.769
	3	0.200	0.246	5.333	10.000	66.667	0.667	0.778

Mx.: muestra, Abs.: absorbancia, Conc.: concentración, eq.: equivalente, AT.: Acido Tánico, cont.: contenido Pvpv 200 µL

ANEXO Nº 5
INFORME DE RESULTADOS Y DE LOS POSIBLES USOS DE LAS
VARIEDADES DE SORGO ANALIZADAS

San Salvador, 14 de Noviembre de 2017

MSc. Brenda Gallegos

Coordinadora

Comisión de Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Universidad de El Salvador; COSAN-UES

Presente

Reciba sinceros deseos de éxito en su gestión al frente de tan importante comisión.

Remito a usted la presente, para entregar un informe que contiene los resultados del proyecto de investigación titulado: "Cuantificación de taninos y análisis bromatológico proximal en cuatro variedades de grano de *Sorghum bicolor* L. Moench (sorgo) cultivadas en El Salvador" realizado para optar al grado de licenciada en Química y Farmacia.

Esperando que dicha información sea útil para las funciones que desempeña al frente de tan importante comisión, me despido agradecida por la atención prestada a este documento.

Atte,

F. _____

Karen Lizeth Alvarado Martínez

Recibido por. _____

Firma: _____

**INFORME DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN:
CUANTIFICACION DE TANINOS Y ANALISIS BROMATOLOGICO
PROXIMAL EN CUATRO VARIEDADES DE GRANO DE *Sorghum bicolor*
L. Moench (SORGO) CULTIVADAS EN EL SALVADOR.**

Presentado por: Karen Lizeth Alvarado Martínez

INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la problemática mundial de alimentación se centra en la implementación de tecnologías para mitigar el inminente deterioro de la seguridad alimentaria; debido al difícil acceso a factores que determinan los procesos de producción como el capital, la calidad de los suelos y disponibilidad de los mismos; y condiciones ambientales. ⁽³⁾

En El Salvador la historia no es diferente, hoy en día se buscan nuevas alternativas de alimentación como medidas paliativas para la seguridad alimentaria, surgiendo de esta manera la investigación de las propiedades alimenticias de especies vegetales que normalmente se utilizan en alimentación animal, para verificar si es posible su utilización en alimentación humana con el objetivo de facilitar el acceso a la alimentación nutritiva y económica para la población.

Esta investigación se enfocó en las variedades de sorgo Brown Mid Rib (BMR en español nevadura marrón); que contienen una modificación que les confiere la capacidad de mejorar la resistencia de los cultivos en el campo y así como su aprovechamiento como ensilaje; con el objetivo de determinar a través del análisis bromatológico proximal (Determinación de Humedad, Cenizas, Proteína, Fibra cruda, Extracto etéreo y carbohidratos) y la

cuantificación de taninos, si era posible que estas variedades BMR pudieran considerarse una alternativa para la alimentación humana.

De las variedades de sorgo BMR se seleccionaron la BMR S-2, BMR S-3 y BMR S-4 para su evaluación; pues presentan las mejores características de adaptabilidad a los ambientes climáticos de El Salvador y tienen gran aceptación para su uso como ensilado; y se escogió la variedad de sorgo RCV como comparación pues ya es utilizada para la alimentación humana.

Los análisis desarrollados en el grano de sorgo de las variedades BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV son: el bromatológico proximal y la cuantificación de taninos, para verificar su cumplimiento con parámetros de la Norma del Codex Alimentarius (Codex Stan. 172 – 1989). ⁽²⁾

A los promedios de los resultados se les determinó el grado de significancia a través de la aplicación del programa MiniTab 17.

Las muestras de las cuatro variedades para realizar los análisis fueron proporcionadas por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA).

La investigación se desarrolló durante el periodo de Enero del 2016 a Julio del 2017 en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

METODOLOGÍA

Los análisis realizados para cada una de las determinaciones que comprende el análisis bromatológico proximal de las variedades de sorgo en estudio, se llevaron a cabo conforme a los Métodos Oficiales de la Asociación de Químicos Analíticos (AOAC ,1980). Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Los resultados obtenidos de las muestras de sorgo se procesaron por medio del software MiniTab para realizar el análisis de Test T de Student de una vía. Se seleccionó este programa porque tiene la capacidad de evaluar el comportamiento de datos con diferentes características; para la presente investigación; los datos se catalogan como datos continuos al evaluar media y la desviación estándar para determinar el grado de significancia entre los valores obtenidos experimentalmente y los valores establecidos por normas oficiales.

El software MiniTab realizó un chequeo mediante el test de Kolgomorov-Smirnov y Bartlett de las presunciones de normalidad y homogeneidad de las varianzas, el resultado fue la evidencia de la necesidad de hacer una normalización mediante transformación $\text{Log}_{10}(n+1)$ para ser utilizados en el análisis.⁽⁴⁾

RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se resumen los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros contemplados dentro del análisis bromatológico proximal y el ensayo de taninos por el método Folin Ciocalteu. Estos resultados fueron comparados utilizando la prueba estadística de T de Student para compararlos contra la variedad de referencia RCV que actualmente se utiliza para consumo humano y determinar si las diferencias entre los resultados son significativamente diferentes o no.

Cuadro de resultados de Análisis Bromatológico y Cuantificación de Taninos de las variedades de sorgo BMR S-2, BMR S-3, BMR S-4 y RCV.

Parámetro	Parámetros de referencia (CODEX)	RCV	BMR S-2	BMR S-3	BMR S-4
Humedad (%)	14.5	14.30	14.43 (P=0.045)	13.77 (P=0.0003)	14.36 (P=0.0021)
Ceniza (%)	1.5	3.18	3.87 (P=0.003)	2.21 (P=0.001)	3.90 (P=0.001)
Proteína (%)	Mínimo 7.0	11.83	11.47 (P=0.227)	10.02 (P=0.018)	9.53 (P=0.009)
Grasa cruda (%)	Máximo 4.0	4.64	6.07 (P=0.028)	3.48 (P=0.016)	5.90 (P=0.018)
Fibra cruda (%)	No hay valor establecido	3.38	3.37 (P=0.400)	2.51 (P=0.016)	5.04 (P=0.015)
Carbohidrato (%)	No hay valor establecido	62.67	60.79 (P=0.029)	68.01 (P=0.002)	61.27 (P=0.024)
Taninos (%)	No más de 0.5%	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado

P es el valor obtenido de la prueba t de Student con un valor de insignificancia del 95%, resultado de la comparación entre la variedad BMR y RCV.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis bromatológico indican que las variedades de sorgo BMR presentan resultados significativamente diferentes a los resultados de la variedad de referencia RCV en la mayoría de sus determinaciones; sin embargo muestran resultados dentro de los valores sugeridos por el Codex Alimentarius. Si bien, en la mayoría de las variedades BMR se muestra un comportamiento diferente a la variedad RCV, es la variedad BMR-S2 la que presenta valores de proteína cruda muy similares a los de la variedad de referencia ($P = 0.227$), tal como se muestra en la tabla de resultados; al igual que para el resultado de fibra cruda en comparación con el valor obtenido de la variedad RCV no hay diferencias significativas ($P = 0.400$).

Del análisis de Taninos por medio del método de Folin Ciocalteu los resultados obtenidos están por debajo del límite de detección del método, es decir; se encuentran por debajo del límite establecido por el Codex Alimentarius que es de 0.5%.

CONCLUSIONES

1. Las determinaciones correspondientes al análisis bromatológico proximal de las cuatro variedades de sorgo en estudio; presentaron una diferencia significativa entre los resultados de contenido de humedad, ceniza, proteína, grasa cruda y fibra cruda; de las variedades de sorgo BMR (S-2, S-3, S-4) y la variedad RCV.
2. Los resultados obtenidos de la cuantificación de taninos por el método de Folin-Ciocalteu indica que ninguna de las variedades en estudio posee concentraciones superiores al valor máximo establecido por el Codex Alimentarius 172-1989 (0.5%) de taninos. Las variedades BMR analizadas en esta investigación son aptas para su utilización en la elaboración de alimentos para consumo humano ya que ninguna supera el valor máximo establecido por el Codex Alimentarius.
3. Al evaluar los resultados del análisis bromatológico proximal entre las tres variedades de sorgo BMR y la variedad de sorgo RCV por medio del Test T de Student, se evidencia que no hay diferencias significativas entre las variedades BMR S-2 y RCV para las determinaciones de proteína cruda ($P=0.227$) y fibra cruda ($P=0.400$).
4. La variedad BMR S-2 presenta resultados significativamente diferentes para las determinaciones de humedad, cenizas, grasa cruda y carbohidratos; a diferencia del resto de variedades BMR que presentan resultados significativamente diferentes para todas las determinaciones.

5. Según los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius 172-1989, la variedad BMR-S2 es la que presenta el valor más alto en el porcentaje de Proteína (11.47%).
6. El contenido de Fibra Cruda (3.37%) es similar a la variedad RCV (3.38%).
7. La variedad BMR S-3 contiene los valores más bajos de humedad, ceniza, grasa cruda y fibra cruda; en comparación con las variedades (BMR S-2, BMR S-4 y RCV).

RECOMENDACIONES

Por sus características bromatológicas y su bajo contenido de taninos, las variedades de sorgo (BMR S-2, BMR S-3 y BMR S-4) analizadas en este estudio pueden ser utilizadas para la elaboración de distintos alimentos tal y como se hace con otras variedades que actualmente ya se utilizan para este fin. (1)

Los alimentos para los cuales se puede utilizar esta harina en diferentes proporciones son:

- Pan salado y dulce.
- Bebidas ya sea calientes como atoles o frías como refrescos.
- Barras energéticas acompañadas de turrón.
- Salsas para acompañamiento de platos fuertes.
- Ingrediente extra para la granola.
- Golosinas como el alboroto.
- Entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. Christiansen, Kimberly (2011). Recetario de productos Elaborados a Base de Sorgo (Sorghum bicolor, L. Moench), INTSORMIL, San Andres.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1995). Norma del Codex para el Sorgo en Grano. Recuperado el 26 de marzo de 2016 de: http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/CXS_172.pdf
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2009). Declaracion de la Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria. Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria. Roma. Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org. Recuperado el 5 de Marzo de 2016, de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/5068/viveropol.pdf>
4. Minitab, Datos que pueden analizarse con una prueba de hipótesis, <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/hypothesis-tests/basics/data-types-for-hypothesis-tests/> fecha de consulta: Marzo de 2017.