

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**DETERMINACION DEL ANALISIS BROMATOLOGICO PROXIMAL Y  
CALIDAD CULINARIA DE *Phaseolus vulgaris* L. (FRIJOL COMUN) GRANO  
NEGRO CRIOLLO CULTIVADO EN LA ZONA OCCIDENTAL DE EL  
SALVADOR**

**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:**

**MARIO ANTONIO HERNANDEZ MELGAR**

**EMERSON GUSTAVO MARTINEZ HERNANDEZ**

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

**MARZO, 2016**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR INTERINO**

LIC. JOSE LUIS ARGUETA ANTILLON

**SECRETARIA GENERAL INTERINA**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANO**

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

**SECRETARIO**

MAE. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

## **COMITE DE PROCESOS DE GRADUACION**

### **DIRECTORA GENERAL**

MSc. Ena Edith Herrera Salazar

### **TRIBUNAL EVALUADOR**

### **COORDINADOR DE AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS Y COSMETICOS**

MSc. Eliseo Ernesto Ayala Mejía

### **DOCENTES ASESORES**

MAE. María Elisa Vivar de Figueroa

MSc. Blanca Lorena Bonilla de Torres

Lic. Juan Agustín Cuadra Soto

MSc. Freddy Alexander Carranza Estrada

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a los docentes asesores: MAE. María Elisa Vivar de Figueroa, MSc. Blanca Lorena Bonilla de Torres, Lic. Juan Agustín Cuadra Soto, MSc. Freddy Alexander Carranza Estrada; asimismo a los docentes del tribunal evaluador: MSc. Ena Edith Herrera Salazar y MSc. Eliseo Ernesto Ayala Mejía, quienes han dirigido el presente trabajo de investigación, por sus consejos, sugerencias, apoyo y enseñanzas determinantes para alcanzar los objetivos propuestos, Dios les bendiga.

Expresamos nuestra gratitud al M. Sc. Miguel Rafael Paniagua Cienfuegos por el apoyo y asesoría en el diseño estadístico del trabajo de investigación, así mismo al Ing. Carlos Reyes del Programa de Granos Básicos y al Ing. José Antonio López del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova (CENTA) por facilitarnos los contactos para la obtención de las muestras de granos de frijol común grano negro criollo cultivados en el occidente del país y su guía para la obtención de información valiosa en la investigación.

Agradecemos a los docentes y personal del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por su profesionalismo y su disponibilidad en el momento de consultar al ejecutar la parte experimental en el laboratorio del Departamento, Dios les bendiga.

Agradecemos a los agricultores del cacerío Cuenca Abajo del municipio de Chalchuapa y del municipio de El Porvenir por su amable atención y facilitación de las muestras de las variedades de frijol común grano negro criollo, deseando Dios les bendiga.

Mario Hernández y Emerson Martínez

## DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por darme el don de la perseverancia para alcanzar las metas trazadas, dedicarle al Todopoderoso mi éxito, las victorias que me ha dado y agradecer la sabiduría que me da para tomar las mejores decisiones en mi vida.

A mi familia, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplos de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo, gracias a ellos que han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida.

A los docentes, que aportaron para mi formación, y marcaron huella en mi orientación profesional.

A mi compañero y amigo Mario Hernández, por su amistad, esfuerzo y apoyo para realizar el presente trabajo de graduación.

A mis compañeros, ya que con ellos viví buenos momentos que solo se viven en la Universidad.

A mis amigos, que siempre son un apoyo incondicional y que han creído en mí dándome palabras de ánimo y fortaleza cuando las he necesitado.

A Karen Abigail Amaya, quien ha estado dándome apoyo y palabras de ánimo para esforzarme a alcanzar las metas trazadas.

Sin lugar a dudas, esta meta alcanzada solo es el inicio del crecimiento profesional que me permitirá servir de mejor manera a Dios y a mi país.

Emerson Gustavo Martínez Hernández

## DEDICATORIA

En primer lugar quiero agradecer a Dios para quien es toda la gloria y honra, porque siempre puso en mí la fuerza y voluntad de salir adelante; sin su misericordia jamás hubiera imaginado estar donde estoy y menos culminar esta parte de mi vida, la cual me llena de mucha satisfacción y alegría. Por lo cual dedico este gran triunfo a Él en primer lugar.

En especial quiero agradecer y dedicar esta meta alcanzada a mi madre Reina Isabel Melgar por el enorme ejemplo de coraje y valentía con la que día a día lucho por que este sueño que en lo personal sostengo es de ella, se cumpliera, te amo gorda hermosa sos el regalo de mi vida.

A mi hermana Jhajaira Iveth Hernández Melgar y a mi padre Mario Antonio Hernández Ayala por ser sin duda alguna motores para que pudiera culminar mis estudios superiores, así mismo a mi familia por la enorme paciencia soportando mis ausencias y gran apoyo que me han dado.

A mí siempre esforzado y especial amigo y compañero de tesis Emerson Gustavo Martínez Hernández a quien también agradezco su ayuda y dedicación en este trabajo de grado.

A mi novia Cindi Aida Jiménez Cristales quien llena de amor y felicidad cada instante de mi vida, a su familia por confiar en mí y apoyar mis sueños en todo momento.

A mis docentes asesores, por tanto esfuerzo y dedicación en esta trabajo de investigación, que Dios bendiga sus vidas y familias.

Y finalmente a mis compañeros de estudio, mis compañeros de trabajo y mis amigos de la iglesia a quienes me es difícil nombrarlos a todos, pero han demostrado ser personas especiales. Infinitas gracias a todos.

Mario Antonio Hernández Melgar.

## INDICE

	Pág.
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xxiv
Capítulo II	
2.0 Objetivos	
Capítulo III	
3.0 Marco teórico	29
3.1 Generalidades de la especie vegetal <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	29
3.1.1 Taxonomía	29
3.1.2 Descripción botánica	30
3.1.3 Hábito de crecimiento	32
3.1.4 Condiciones edafoclimáticas	34
3.2 Importancia económica y nutricional del frijol a nivel mundial	35
3.3 Propiedades alimentarias del frijol	36
3.4 El frijol negro y su importancia en la Seguridad Alimentaria y Nutricional	38
3.5 Calidad Culinaria del frijol común grano negro	43

3.5.1 Tamaño de grano	44
3.5.2 Dimensiones del grano	44
3.5.3 Coeficiente de hidratación	46
3.5.4 Tiempo de cocción	47
3.5.5 Densidad del caldo	48
3.6 Análisis bromatológico proximal	49
3.6.1 Determinación de humedad	49
3.6.2 Determinación de nitrógeno Método micro kjeldahl	49
3.6.3 Determinación de fibra cruda	50
3.6.4 Determinación de grasas	50
3.6.5 Determinación de cenizas	51
3.6.6 Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de Nitrógeno (E. L. N)	51
3.7 Tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)	52
Capítulo IV	
4.0 Diseño Metodológico	55
4.1 Tipo de estudio	55
4.1.1 Bibliográfico	55
4.1.2 Estudio retrospectivo	55



4.1.3 Estudio exploratorio	56
4.1.4 Estudio experimental	56
4.2 Investigación bibliográfica	56
4.3 Investigación de campo	57
4.3.1 Universo	57
4.3.2 Muestra	57
4.4 Parte experimental	57
4.4.1 Calidad Culinaria	58
4.4.1.1 Coeficiente de hidratación	58
4.4.1.2 Dimensiones de grano	59
4.4.1.3 Tiempo de cocción	60
4.4.1.4 Densidad del caldo	61
4.4.2 Análisis bromatológico proximal	63
4.4.2.1 Preparación de la muestra	63
4.4.2.2 Determinación de humedad	63
4.4.2.3 Determinación de cenizas	64
4.4.2.4 Preparación de la solución de cenizas para determinación de minerales	65
4.4.2.5 Determinación de nitrógeno proteico	66
4.4.2.6 Determinación de extracto etéreo	68
4.4.2.7 Determinación de fibra cruda	70

4.4.2.8 Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (E. L. N)	72
4.4.3 Análisis del contenido de micronutrientes por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama (Método AOAC 985.35)	72
4.4.3.1 Determinación de Calcio	73
4.4.3.2 Determinación de Magnesio	74
4.4.3.3 Determinación de Hierro	75
4.4.3.4 Determinación de Zinc	76
4.5 Diseño estadístico	77
Capítulo V	
5.0 Resultados y discusión de resultados	80
5.1 Calidad Culinaria	80
5.2 Análisis Bromatológico Proximal	91
5.3 Determinación de minerales	105
5.4 Resumen de resultados	114
5.5 Artículo científico	117
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	133

## Capítulo VII

### 7.0 Recomendaciones

136

#### Bibliografía

#### Anexos

## **INDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO N°**

1. Preparación de reactivos para el análisis bromatológico proximal.
2. Resultados del análisis de la calidad culinaria de las variedades Cuarentin, Tamazulapa y El Porvenir.
3. Resultados del análisis bromatológico proximal de las variedades Cuarentin, Tamazulapa y El Porvenir.
4. Memoria de imágenes de la investigación.

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		Pág.
1.	Gráfico de Porcentajes de Hidratación de las variedades Cuarentín, El Porvenir y Tamazulapa.	82
2.	Representación gráfica (Biplot) de los resultados de análisis	117

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°	Pág.
1. Composición Química de Frijol grano negro seco según INCAP.	38
2. Tamaño del grano en función de su masa.	44
3. Forma del grano en función del índice longitud-anchura.	45
4. Parámetros de referencia para la densidad del caldo del grano de frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L).	49
5. Tamaño del grano en función de su masa.	59
6. Resultados de Coeficientes de Hidratación de la Variedad Cuarentín.	80
7. Resultados de Coeficientes de Hidratación de la Variedad Tamazulapa.	81
8. Resultados de Coeficientes de Hidratación de la Variedad El Porvenir.	81
9. Promedios de los Coeficientes de Hidratación de las variedades Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.	82
10. Análisis de Varianza de un Factor para Coeficiente de Hidratación.	83
11. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para Coeficiente de Hidratación.	84
12. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de Coeficiente de Hidratación para un tiempo de 18 horas.	84
13. Resultados de dimensiones de la variedad Cuarentín.	85
14. Resultados de dimensiones de la variedad Tamazulapa.	85
15. Resultados de dimensiones de la variedad El Porvenir.	85
16. Comparación de las medias de dimensiones de las Variedades Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.	86

17. Análisis de varianza de un factor para Tamaño de grano.	86
18. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para tamaño de grano.	87
19. Valores absolutos de las diferencias entre las media de las variedades en estudio de tamaño del grano.	87
20. Análisis de varianza de un factor para Índice longitud anchura.	88
21. Resultados de tiempo de cocción en muestras de la Variedad Cuarentín.	88
22. Resultados de tiempo de cocción en muestras de la variedad Tamazulapa.	88
23. Resultados de tiempo de cocción en muestras de la variedad El Porvenir.	89
24. Comparación de resultados de tiempo de cocción.	89
25. Densidad del caldo de la variedad Cuarentín.	89
26. Densidad del caldo de la variedad Tamazulapa.	90
27. Densidad del caldo de la variedad El Porvenir.	90
28. Comparación de las medias de densidades del caldo de las variedades Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.	90
29. Análisis de varianza de un factor para densidad del caldo del grano.	91
30. Comparación de Medias de porcentaje de humedad de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	91
31. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de Humedad de las variedades de frijol común grano negro criollo.	92
32. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para humedad.	93

33. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de humedad.	93
34. Comparación de Medias de porcentaje de Proteína Cruda de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	94
35. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de proteína cruda de las variedades de frijol común grano negro criollo.	95
36. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para porcentaje de proteína cruda.	95
37. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de porcentaje de proteína cruda.	95
38. Comparación de Medias de porcentaje de Cenizas de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	96
39. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de ceniza de las variedades de frijol común grano negro criollo.	97
40. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para porcentaje de ceniza.	97
41. Valores absolutos de las diferencias entre las medias las variedades en estudio de porcentaje de Ceniza.	98
42. Comparación de Medias de porcentaje de Extracto Etéreo de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	98
43. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de Extracto Etéreo de las variedades de frijol común grano negro criollo.	99
44. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para porcentaje de Extracto Etéreo.	100
45. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de porcentaje de Extracto Etéreo.	100



46. Comparación de Medias de porcentaje de Fibra Cruda de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	101
47. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de Fibra Cruda de las variedades de frijol común grano negro criollo.	101
48. Comparación de Medias de porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos) de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	102
49. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de extracto libre de nitrógeno (carbohidratos) de las variedades de frijol común grano negro criollo.	103
50. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos).	104
51. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos).	104
52. Comparación de Medias de cantidad de Zinc en mg/100 g de grano seco de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	105
53. Análisis de varianza de un factor para cantidad de Zinc en mg/100 g de grano seco de las variedades de frijol común grano negro criollo.	106
54. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para cantidad de Zinc en mg/100 g de grano seco.	106
55. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de la cantidad de Zinc en mg/100 g de grano seco.	107

56. Comparación de Medias de cantidad de hierro en mg/100 g de grano seco de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	108
57. Análisis de varianza de un factor para cantidad de hierro en mg/100g de grano seco de las variedades de frijol común grano negro criollo.	108
58. Comparación de medias de cantidad de calcio en mg/100g de grano seco de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	109
59. Análisis de varianza de un factor para cantidad de calcio en mg/100g de grano seco de las variedades de frijol común grano negro criollo.	110
60. Análisis de Diferencia significativa Honesta de Tukey (DSH) para cantidad de calcio en mg/100 g de grano seco.	111
61. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de la cantidad de Calcio en mg/100 g de grano seco.	111
62. Comparación de Medias de cantidad de magnesio en mg/100 g de grano seco de tres variedades de frijol común criollo grano negro.	112
63. Análisis de varianza de un factor para cantidad de Magnesio en mg/100 g de grano seco de las variedades de frijol común grano negro criollo.	112
64. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey(DSH) para cantidad de Magnesio en mg/100 g de grano seco.	113
65. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de la cantidad de Magnesio en mg/100 g de grano seco.	113

66. Resumen de los resultados del análisis de Calidad Culinaria de las tres variedades en estudio: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir	114
67. Resumen de los resultados del análisis bromatológico proximal y análisis de micronutrientes de las tres variedades en estudio: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.	116

## ABREVIATURAS

<b>AOAC:</b>	Association of Official Analytical Chemists (Asociación Oficial de Químicos Analíticos).
<b>ANOVA:</b>	Análisis de varianza.
<b>CENTA:</b>	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”
<b>CONASAN:</b>	Comisión Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de El Salvador.
<b>ELN:</b>	Extracto Libre de Nitrógeno
<b>FAO:</b>	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
<b>INCAP:</b>	Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
<b>SAN:</b>	Seguridad Alimentaria y Nutricional

## RESUMEN

La seguridad alimentaria y nutricional es un objetivo clave para El Salvador, ya que es imprescindible que las personas tengan garantizado el acceso a los alimentos seguros, libre de peligros físicos, biológicos o químicos, como también la disponibilidad que debe existir de los mismos con el propósito de suplir las necesidades alimentarias de la población. Así mismo se sabe que desde hace ya mucho tiempo el cultivo del frijol y el maíz son parte esencial para realizar los planes de agricultura sostenible en el país, siendo en este caso el cultivo de las diferentes variedades de *Phaseolus vulgaris* L. fundamentales en la alimentación de las familias de escasos recursos.

Por tanto esta investigación apuesta a la utilización del *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) grano negro criollo como un recurso que aumente el acceso alimenticio de las familias salvadoreñas. Para ello se estudió la calidad culinaria y bromatológica de tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) grano negro criollo que respalde el fomento del consumo de esta leguminosa. Los análisis realizados comprende la calidad culinaria que consiste en la determinación del coeficiente de hidratación, tiempo de cocción, densidad del caldo y las dimensiones del grano; y el análisis bromatológico proximal que consiste en la determinación de cenizas, humedad, proteína cruda, fibra cruda, extracto étere, extracto libre de nitrógeno y minerales de importancia tales como: hierro, calcio, magnesio y zinc. Las muestras son variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) grano negro criollo (Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir) cultivadas en la zona occidental de El Salvador.

Los resultados se compararon con los valores de referencia de frijol grano negro seco presentados en las tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), y se evaluaron

estadísticamente a través del análisis de varianza de un factor, análisis de diferencia significativa honesta de Tukey y representación gráfica Biplot.

La variedad de frijol común grano negro criollo con mejores resultados en cuanto a calidad culinaria fue la variedad Cuarentín, en cambio en calidad bromatológica y cuantificación de micronutrientes los mejores resultados fueron para las variedades Cuarentín y Tamazulapa; sin embargo, la variedad con mayor cantidad proteica fue la variedad El Porvenir; por lo que se recomienda que el cultivo se incluya dentro de los planes de desarrollo en seguridad alimentaria y nutricional del país.

CAPITULO I  
INTRODUCCION

## 1.0 INTRODUCCION

El frijol es una leguminosa muy consumida en América Latina, forma parte básica de la dieta salvadoreña, siendo la variedad de frijol grano rojo la más consumida; esta variedad por diversos factores, ha disminuido su disponibilidad, dificultando su acceso y su consumo a una buena parte de la población, sin embargo, ante esta situación, el frijol común grano negro es una alternativa para cubrir la demanda de este producto agrícola, pudiendo ser también una alternativa en los programas de Estado que se enfocan en la seguridad alimentaria y nutricional. Por lo tanto, es importante establecer las características de calidad culinaria y sus nutrientes, por ser una fuente importante de proteína, carbohidratos, fibra y minerales. (15) (16)

Actualmente se desconoce las cualidades culinarias y bromatológicas del frijol común grano negro criollo cultivado en nuestro país, se cuenta con investigaciones internacionales que señalan que las variedades de frijol común grano negro presentan calidad aceptable (23) (25) pero hay muy poca información nacional acerca de las variedades que se cultivan en especial del grano negro. Ante esta problemática, este estudio investigó tres variedades criollas de frijol común grano negro de los cuales se desconocía la información de calidad culinaria y bromatológica de manera que los resultados obtenidos pueden ayudar a impulsar el consumo de estas variedades de frijol criollo, por medio de la difusión de este estudio como un insumo para la Seguridad Alimentaria y Nutricional.

La parte experimental de la presente investigación comprendió la determinación de la calidad culinaria del grano negro que consiste en: coeficiente de hidratación, tiempo de cocción, densidad del caldo y dimensiones del grano; así como el análisis bromatológico proximal que comprende la determinación de humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasas, y extracto libre de nitrógeno; al



igual que minerales de importancia como hierro, calcio, magnesio y zinc, en tres variedades criollas de frijol común grano negro cultivados en la zona occidental del país cuyos nombres son: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir. La parte experimental fue desarrollada durante el mes de agosto y septiembre del año 2015 en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. La investigación ha sido realizada desde enero de 2015 hasta febrero de 2016.

Los resultados de las tres variedades de frijol común grano negro criollo, se tabularon y compararon entre sí y con las tablas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), la comparación de los resultados se realizó a través del análisis de varianza de un factor (ANOVA) y el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey empleando Excel.

La investigación demuestra que la variedad Cuarentín presenta mejor calidad culinaria y que ésta junto a la variedad Tamazulapa presentan valores superiores con respecto a los de referencia del INCAP, por lo que se recomienda el consumo de las variedades antes mencionadas de frijol común grano negro para suplir las necesidades alimentarias de la población.

## CAPITULO II

### OBJETIVOS

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Determinar el análisis bromatológico proximal y calidad culinaria de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) grano negro criollo cultivado en la zona occidental de El Salvador.

### **2.2 Objetivos específicos**

- 2.2.1 Realizar el análisis bromatológico proximal y evaluación de minerales de las tres variedades de la especie *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común grano negro)
- 2.2.2 Comparar los resultados del análisis bromatológico proximal y calidad culinaria de la especie *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común grano negro) de las tres variedades en estudio entre sí y con las tablas del INCAP.
- 2.2.3 Evaluar la calidad culinaria: coeficiente de hidratación, tiempo de cocción, densidad del caldo y dimensiones del grano, en las tres variedades en estudio.
- 2.2.4 Elaborar un artículo científico sobre este trabajo de investigación, bajo las normas del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), que se entregará al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA).

CAPITULO III  
MARCO TEORICO

### 3.0 MARCO TEORICO

#### 3.1 Generalidades de la especie vegetal *Phaseolus vulgaris* L.<sup>(11)</sup>

La planta es originaria de América y actualmente se encuentra distribuida en los cinco continentes siendo un componente esencial de la dieta, especialmente en Centroamérica y Sudamérica.

El frijol es uno de los alimentos básicos en la dieta del salvadoreño y es la principal fuente de proteína; es rico en lisina pero deficiente en los aminoácidos azufrados metionina, cistina y triptófano; por lo cual una dieta adecuada en aminoácidos esenciales se logra al combinar frijol con cereales (arroz, maíz, otros).

Debido al interés del hombre por esta leguminosa, la selección hecha por las culturas precolombinas generó un gran número de diferentes variedades y en consecuencia también de diferentes nombres comunes. Fue hasta no hace más de medio siglo que se estableció una base sólida de la taxonomía del *Phaseolus*. Su género se ha diferenciado perfectamente de otros tales como *Vigna* y *Macroptilium*, con los cuales se había confundido anteriormente, por lo que ahora se reconoce como de origen Americano.

##### 3.1.1 Taxonomía <sup>(11)</sup>

Nombre científico: *Phaseolus vulgaris* L.

Nombres comunes: Frijol, poroto, haricot, caraota, judía, alubia, habichuela, nuña, vainita, feijao, entre otros.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *vulgaris*

### 3.1.2 Descripción botánica (5) (11) (17)

- **Raíz:** En las primeras etapas de desarrollo el sistema radicular está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. Pocos días después se observan las raíces secundarias que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. Aunque generalmente se distingue la raíz, el sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad. *Phaseolus vulgaris* presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Estos nódulos tienen forma poliédrica, un diámetro aproximado de 2 a 5 milímetros y son colonizados por la bacteria del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico, que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta.
- **Tallo:** El tallo es identificado como el eje central de la planta, está formado por una sucesión de nudos y entrenudos, es herbáceo, con sección cilíndrica o levemente angular; puede ser erecto, semipostrado o postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad.

Dependiendo del hábito de crecimiento, el tallo puede presentar dos tipos de desarrollo en su parte terminal. Uno de estos es que el tallo termine en inflorescencia y por lo tanto cesa su crecimiento longitudinal, y se dice que la planta es de crecimiento determinado. Por otro lado, están los tallos que en su extremo final poseen un meristemo vegetativo el cual les permite continuar su crecimiento y seguir formando nudos y entrenudos, y a estas plantas se les conoce como de crecimiento indeterminado.

- **Hojas:** Son de dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación y emergencia y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis en sus cloroplastos, son de poca duración; el segundo par y primeras hojas verdaderas, se desarrollan en el segundo nudo, son simples, opuestas y cortadas. A partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres folíolos, un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto a tamaño, color y pilosidad, esta diversificación está relacionada, con la variedad y con las condiciones ambientales de luz y humedad.
- **Flor:** Las flores de frijol desarrollan en una inflorescencia de racimo, la cual puede ser terminal como sucede en las variedades de hábito determinado o lateral en las indeterminadas. La inflorescencia consta de pedúnculo, raquis, brácteas y botones florales. Los botones florales desarrollan en las axilas de las brácteas. Pueden ser blancas, rosada o de color púrpura.
- **Fruto y Semillas:** El fruto es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos valvas; Las semillas se unen a las valvas en forma alterna sobre la sutura. Las divergencias laterales están

constituidas por los cotiledones y las dos hojas primarias verdaderas. Los cotiledones forman la parte voluminosa de la semilla, son hojas modificadas para el almacén de carbohidratos y proteínas y constituyen la parte aprovechable de la semilla. El embrión se sitúa dentro de la semilla entre los cotiledones con la radícula orientada hacia el micropico y la plomula hacia el interior del grano.

### **3.1.3 Hábito de crecimiento. (17)**

El hábito de crecimiento de la planta de frijol es el resultado de la interacción de varios caracteres morfoagronómicos que determinan la arquitectura de la planta y que pueden ser influenciados por el ambiente. Los principales caracteres que determinan el tipo de hábito de crecimiento son:

- Tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: ápice floral o vegetativo, dicha característica es controlada genéticamente.
- Número de nudos.
- Longitud de entrenudos, los cuales determinan la altura de la planta.
- Aptitud para trepar, puede ser ausente, débil o fuerte.
- Grado y tipo de ramificación, si sobresalen guías del tallo o ramas por encima del follaje.

En base a estos caracteres se pueden agrupar los hábitos de crecimiento en cuatro tipos principales:

#### **TIPO I: Determinado arbustivo**

- Tallo: generalmente rígido que termina en una inflorescencia desarrollada.



- Ramas: se producen en bajo número y al igual que el tallo terminan en una inflorescencia.
- Nudos: producen un bajo número de nudos y sus entrenudos son cortos. La altura de estas plantas se sitúa entre 30 y 50 cm, aunque las hay enanas.
- Floración: es corta y la maduración de las vainas es casi al unísono.

#### TIPO II: Indeterminado erecto

- Tallo: generalmente erecto sin aptitud trepadora y terminación en una guía corta. Estas plantas no cesan su crecimiento ni en la etapa de floración aunque si a un menor ritmo.
- Ramas: produce pocas ramas y cortas en relación al tallo, pero superior en número al tipo I, las cuales no producen guías.
- Nudos: superior en número al tipo I, normalmente con más de 12.

#### TIPO III: Indeterminado postrado

- Tallo: postrado y terminado en guías. Tanto el tallo como el grado de ramificación pueden presentar variaciones en la arquitectura de la planta. Algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativa, mientras que otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas.
- Ramas: muy desarrolladas, y al igual que el tallo terminan en guías. La altura de las plantas es superior a las de tipo I.
- Nudos: el número es superior al de los tipos I y II, así mismo la longitud de los entrenudos
- Estas plantas también pueden presentar aptitud trepadora.

#### TIPO IV: Indeterminado trepador

- Tallo: a partir de la primera hoja trifoliada se desarrolla la doble capacidad de torsión lo que se traduce en su habilidad trepadora. Puede alcanzar hasta más de 2 m de altura con un soporte adecuado.
- Ramas: muy poco desarrolladas a causa de su dominancia apical.
- Nudos: puede tener hasta 20 o 30 nudos.
- Floración: esta etapa es más larga en relación con los otros hábitos, de tal manera que en la planta se presentan a un mismo tiempo la etapa de floración, la formación de vainas, el llenado de vainas y la maduración.

#### **3.1.4 Condiciones edafoclimáticas.<sup>(5)</sup>**

El agua es indispensable para el desarrollo del cultivo y para su rendimiento. Hay líneas y variedades que muestran buena tolerancia a deficiencias hídricas, dando rendimientos aceptables en esas condiciones, tolerancia que puede estar basada en la mayor capacidad de extracción de agua de capas profundas del suelo.

La planta de frijol se desarrolla bien entre temperaturas promedio de 15 a 27° C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1,200 msnm, pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades.

El papel principal de la luz está en la fotosíntesis, pero la luz también afecta la fenología y morfología de una planta por medio de reacciones de fotoperíodo y elongación. A intensidades altas puede afectar la temperatura de la planta.

El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias o

moderadamente pesadas, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, la poca aireación y acumulación de agua.

El pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5; dentro de este rango la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta. El frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de éste, presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso.

### **3.2 Importancia económica y nutricional del frijol a nivel mundial.**

El frijol común es una de las legumbres más importantes en todo el mundo, especialmente en los países latinoamericanos donde su consumo es un complemento indispensable en la dieta alimenticia de sus habitantes <sup>(17)</sup>. El frijol, según la FAO se produce en 129 países.

La producción mundial entre 1961 y 2007 ha estado en promedio en 15 millones de toneladas. En el 2008 se produjeron 20.935.000, con un rendimiento promedio mundial de 730 kilos por hectárea. Entre los países más productores se destacan en orden de importancia, expresados en porcentaje de producción mundial: India 19%, Brasil 17%, Myanmar 12%, Estados Unidos 6% y México 6.%. Estos países contribuyeron con el 66% del total producido. Colombia solo representa el 0.8% de la producción mundial. En cuanto a rendimientos el de mayor productividad es Canadá con 2.12, Estados Unidos con 2.0 y Chile con 1.85 toneladas por hectárea. El rendimiento de Colombia está en 1.1 toneladas por hectárea.

En general el mayor consumo per cápita se da en países con bajo ingreso per cápita. Los de mayor consumo son: Nicaragua, Cuba, Brasil, Uganda y El Salvador. En Colombia el consumo es de 3 kilos por persona.

En el mundo predomina el cultivo de plantas de tipo arbustivo, cuyos granos son las que más se comercializan a nivel mundial. A nivel mundial se comercializaron 2.8 millones de toneladas. Los mayores exportadores son: China, Birmania, Canadá y estados Unidos.

Los mayores importadores de frijol son: India, que es a la vez el mayor productor, Japón, Estados Unidos, Argelia y Malasia. (7)

### **3.3 Propiedades alimentarias del frijol.**(23) (25)

Los frijoles juegan un papel importante en la dieta no solo por su contenido energético, sino por la gran cantidad de proteína que suministran, el consumo de frijol resulta especialmente valioso como complemento de los cereales en aquellas regiones donde la población tienen limitado el acceso a la proteína de productos animales.

Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos como la lisina (6.4-7.6 g/100 g de proteína) y la Fenilalanina más tirosina (5.3-8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Sin embargo, de acuerdo a evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína del frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70% comparada con una proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100%.

En relación a la aportación de carbohidratos, 100 g de frijol crudo aportan de 52 a 76 g dependiendo de la variedad, cuya fracción más importante la constituye el almidón. El almidón representa la principal fracción de energía en este tipo de alimentos, a pesar de que durante su cocinado, una parte del mismo no queda

disponible dado que se transforma en el denominado almidón resiste a la digestión.

Dentro de los macronutrientes del frijol, la fracción correspondiente a los lípidos es la más pequeña (1.5-6.2 g/100 g), constituida por una mezcla de acilglicéridos cuyos ácidos grasos predominantes son los mono y poliinsaturados.

El frijol también es buena fuente de fibra cuyo valor varía de 14-19 g/100 g del alimento crudo, del cual hasta la mitad puede ser de la forma soluble. Los principales componentes químicos de la fibra en el frijol son las pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. Además, este alimento también es una fuente considerable de calcio, hierro, fósforo, magnesio y zinc y de las vitaminas tiamina, niacina y ácido fólico.

A pesar de sus propiedades alimentarias cabe mencionar que su utilización biológica se ve afectada por la presencia de factores inhibidores de su absorción, tales como taninos y ácidos fítico. Por otro lado, la mayor parte de estos inhibidores son termolábiles, por lo que su capacidad inhibitoria se reduce significativamente con los procesos térmicos culinarios.

El tratamiento térmico tiene un doble efecto sobre las leguminosas, por una parte, disminuye y elimina la actividad de algunos factores antifisiológicos, mientras que por otro lado, aumenta la disponibilidad de aminoácidos azufrados presentes en altas concentraciones en los inhibidores de tripsina.

Tabla N° 1. Composición Química de Frijol grano negro seco según INCAP <sup>(14)</sup>

Composición Frijol Grano Negro Seco		
	Unidad	Valor
Agua	%	10.40
Energía	Kcal	343
Proteína	g	22.70
Grasa total	g	1.60
Carbohidratos	g	61.60
Fibra Dietética total	g	18.37
Ceniza	g	3.70
Calcio	mg	134
Fósforo	mg	415
Hierro	mg	7.10
Tiamina	mg	0.47
Riboflavina	mg	0.15
Niacina	mg	2.09
Vitamina C	mg	1
Vitamina A Equiv. Retinol	mcg	0
Ac. Grasos monosaturados	mg	0.10
Ac. Grasos poliinsaturados	mg	0.27
Ac. Grasos saturados	mg	0.29
Colesterol	mg	0
Potasio	mg	1464
Sodio	mg	8
Zinc	mg	2.55
Magnesio	mg	-
Vit. B6	mg	0.53
Vit. B12	mcg	0.00
Ac. Fólico	mcg	463
Folato	mcg	-
Fracción comestible	%	1.00

### 3.4 El frijol negro y su importancia en la Seguridad Alimentaria y Nutricional.<sup>(6) (15) (16) (19) (21)</sup>

El estudio de la seguridad alimentaria (SAN) inició en la década de los años 70 en El Salvador, como una respuesta a la preocupación internacional de producción y comercialización de alimentos. Sin embargo, en los años 90, fue

más allá de solo asegurar una producción y una importación nacional de alimentos.

En la actualidad, ha pasado a un análisis más aplicado al ámbito de las familias, las personas y de los diversos factores que están afectando su seguridad alimentaria, incluyendo los conceptos de calidad alimentaria, inocuidad, adecuación nutricional, distribución intra hogar y preferencias culturales, y también inicia la consideración de la seguridad alimentaria como un derecho de la humanidad.

Desde la Cumbre Mundial de Alimentación de 1996, la FAO manifiesta que la “Seguridad alimentaria a nivel de individuo, hogar, nación y global se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana”.

La crisis económica y el incremento internacional de precios tienen profundas implicaciones en la seguridad alimentaria en la población salvadoreña, ya que existe una alta dependencia de alimentos del exterior, incluso de los alimentos básicos como el maíz, el arroz y el frijol.

El Gobierno de El Salvador, en el Decreto Ejecutivo N° 63 de creación del CONASAN, ha reconocido el derecho a la alimentación adecuada como un derecho fundamental de la humanidad, y se ha comprometido a desarrollar las acciones necesarias para respetarlo y protegerlo, así como para facilitar y asegurar su cumplimiento.

Así mismo se entiende que el derecho a la alimentación adecuada es: “El derecho de toda persona a tener, en forma oportuna y permanente, acceso físico, económico y social a una alimentación adecuada, en cantidad y calidad, con pertinencia cultural, así como a su adecuado consumo y aprovechamiento biológico que le garantice el disfrute de una vida saludable y productiva”.<sup>(6)</sup> De esta forma, se define la SAN como un elemento estratégico de desarrollo del país y como una herramienta para la operativización del derecho a la alimentación.

Para alcanzar la SAN, se han definido cuatro dimensiones fundamentales, de tal forma que si algunas de ellas no está presente, habrá repercusiones para lograrla:

- Disponibilidad de alimentos.
- Acceso.
- Consumo.
- Aprovechamiento y utilización biológica.

**Disponibilidad de alimentos:** Se refiere a la cantidad de alimentos con que se cuenta a nivel nacional, regional y local. Está relacionada con el suministro suficiente de alimentos frente a los requerimientos de la población y depende fundamentalmente de la producción y la importación. Está determinada por: la estructura productiva (agropecuaria y agroindustrial), los sistemas de comercialización internos y externos, los factores productivos (tierra, crédito, agua, tecnología y recurso humano), las condiciones ecosistémicas (clima, recursos genéticos y biodiversidad) y las políticas de producción y comercio nacional e internacional.

Un elemento importante se refiere a disminuir las brechas de desigualdad entre mujeres y hombres en relación al acceso y control de los recursos productivos



tangibles (tierra, insumos, créditos) como intangibles (acceso a tecnologías, formación, tiempo disponible) y el incremento del poder de decisión de las mujeres dentro de sus hogares y en sus familias.

**Acceso a alimentos:** Es la posibilidad de todas las personas de alcanzar una alimentación adecuada y sostenible. Se refiere a los alimentos que puede obtener o comprar una familia, una comunidad o un país. Sus determinantes básicos son el nivel de ingresos, el empleo, los salarios, la condición de vulnerabilidad, la autonomía personal, las condiciones sociogeográficas, la distribución de ingresos y activos (monetarios y no monetarios) y los precios de los alimentos.

Algunos casos de países que han avanzado en la consecución de la seguridad alimentaria y nutricional muestran que las políticas relacionadas a la producción y al acceso a los alimentos integraron estrategias de desarrollo. Primero, la disponibilidad de alimentos en cantidad suficiente y a precios accesibles genera beneficios directos sobre la alimentación y, al aumentar el poder de compra de los salarios, favorece el acceso y el consumo de otros bienes necesarios para una vida digna, y dinamiza la economía.

**Consumo:** Los hábitos de consumo y el estilo de vida de las familias, de alguna forma, determinan la posibilidad de lograr una alimentación adecuada. Este componente de la SAN es muy importante porque aun si el problema económico se soluciona, la conducta y los hábitos de las personas pueden generar riesgos de inseguridad alimentaria y nutricional.

Sus determinantes son: la cultura, los patrones y los hábitos alimentarios; la educación alimentaria y nutricional; la información comercial y nutricional; el nivel educativo; la publicidad; y el tamaño y la composición de la familia. En

este sentido, un aspecto fundamental en el enfoque de la SAN es el cultural, con el cual se propone recuperar y proteger las prácticas y los saberes frente a los riesgos de la pérdida del patrimonio alimentario de la cultura salvadoreña. Este aspecto cultural, recogido en el principio de soberanía alimentaria, tiene implicaciones desde el momento de la producción de los alimentos.

La promoción de la noción de consumo solidario y sustentable tiene una función de relacionar la producción familiar y el consumo de los alimentos, y de generar una articulación entre el campo y la ciudad, como elementos de modelos de desarrollo más equitativos y sustentables.

Se refiere también a la necesidad de promover una paternidad activa y responsable, donde mujeres y hombres asuman de forma responsable el trabajo doméstico y el cuidado de la familia, como obligación de ambos. Adicionalmente tiene que ver con que la sociedad y el estado asuman que la reproducción de la vida no es sólo competencia de las familias, y en particular de las mujeres, sino también de las empresas y del Estado, asegurando mecanismos de cuidado de personas dependientes que permitan a las familias liberar tiempos y recursos para garantizar la seguridad alimentaria.

**Aprovechamiento o utilización biológica de los alimentos:** Se refiere a cómo y cuánto aprovecha el cuerpo humano los alimentos que consume y cómo los convierte en nutrientes para ser asimilados por el organismo. Sus principales determinantes son: el medio ambiente; el estado de salud de las personas; los entornos y estilos de vida; y la disponibilidad, la calidad y el acceso a los servicios de salud, agua potable, saneamiento básico y fuentes de energía.

Un elemento importante para asegurar el adecuado aprovechamiento de un alimento es su calidad e inocuidad, las cuales exigen el cumplimiento de una serie de condiciones y medidas necesarias durante la cadena agroalimentaria, es decir, desde las prácticas de producción de un alimento hasta el consumo, asegurando que una vez ingeridos no representen un riesgo (biológico, físico o químico) que menoscabe la salud.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por ser un alimento de gran importancia en la dieta de nuestro país, estimándose un consumo de alrededor de 2.4 millones de quintales anualmente en el país, deben asegurarse los cuatro pilares mencionados anteriormente, buscando alternativas viables cuando el acceso de una de las variedades de frijol de mayor consumo en nuestro país es más complicado por el aumento de los costos, entre esas alternativas es la investigación que avale y promueva el consumo de nuevas variedades de frijol que puedan satisfacer los pilares de la SAN a menor costo.

### **3.5 Calidad culinaria del frijol común grano negro.**<sup>(11) (14) (23)</sup>

De antemano se conoce la importancia de los frijoles (*Phaseolus spp.*) en la nutrición de los diferentes grupos humanos, de la misma forma se conocen los factores que condicionan su consumo, aparte de la cantidad disponible y que son fundamentales para el mejor o peor aprovechamiento de este alimento, y son:

- Forma de grano.
- Coeficiente de Hidratación.
- Tiempo de cocción
- Densidad del caldo.

Estos factores o la mayoría de ellos, de alguna manera están relacionados para la evaluación de la calidad del frijol cocido, de lo cual no se ha podido establecer una metodología universal, debido a que se utilizan pruebas sensoriales que son muy subjetivas; como por ejemplo, para determinar la cocción utilizan el método de oprimir un grano entre los dedos (basándose en la textura del grano) o bien entre los dientes, aunque esto no presenta uniformidad. Sin embargo, un frijol se evalúa de acuerdo a su textura suave. Además podemos decir que un frijol de alta calidad culinaria puede definirse como aquel que posee un bajo tiempo de cocción, caldo espeso, es decir alta concentración de sólidos solubles, facilidad de absorción de agua, adecuada concentración de materia inorgánica caracterizado por un bajo contenido de calcio.

### 3.5.1 Tamaño de grano.

El tamaño del grano puede clasificarse como pequeño, mediano y grande, en función de la masa del mismo. Las variedades que tienen una masa muy superior a los 40 mg se les puede considerar con un tamaño extra-grande.

Tabla N° 2. Tamaño del grano en función de su masa <sup>(14)</sup>

Masa del grano	Tamaño del grano
< 0.193 g	Pequeño
0.193 g – 0.217 g	Mediano
> 0.217 g	Grande

### 3.5.2 Dimensiones del grano.

Las dimensiones del grano pueden clasificarse como esférico, elíptico, oblongo (arriñonado corto, arriñonado medio y arriñonado largo) en función del índice longitud-anchura del mismo.

- Longitud del grano

Media de la longitud de diez granos expresada en milímetros. Se considera la longitud como la máxima dimensión del grano.

- Anchura del grano

Media de la anchura de diez granos expresada en milímetros. Se considera la anchura como la dimensión tomada desde el hilum de la semilla hasta su parte opuesta.

- Grosor del grano

Media del grosor de diez granos expresada en milímetros. Se considera el grosor como la dimensión tomada por la parte media de la semilla, con el hilum en posición frontal.

En función de las dimensiones del grano se calcula el índice longitud-anchura que sirven para determinar la forma del grano.

- Longitud-anchura del grano.

Se ha establecido la relación entre el índice longitud/anchura y la forma del grano, para la descripción de las variedades:

Tabla N° 3. Forma del grano en función del índice longitud-anchura <sup>(14)</sup>

Forma del grano	Índice longitud-anchura
Esférico	1.16 – 1.42
Elíptico	1.43 – 1.65
Oblongo o arriñonado corto	1.66 – 1.85
Oblongo o arriñonado medio	1.86 – 2.00
Oblongo o arriñonado largo	> 2.00

### 3.5.3 Coeficiente de Hidratación

El fenómeno de endurecimiento del Frijol se traduce en un aumento en el tiempo requerido para la suavización del grano durante el proceso de cocción y en algunos casos en un deterioro de las características organolépticas del producto, tales como olor y sabor.

En estudios anteriores se han identificado dos problemas como los causantes de la pérdida de la propiedad de ablandamiento:

- Cáscara dura o impermeabilidad de la cáscara de los frijoles al agua: los granos afectados por este problema sufren una rehidratación lenta, lo que afecta las propiedades de cocimiento y de germinación de semillas.
- Esclerema: se considera como la impermeabilidad de los cotiledones al agua; debido a cambios enzimáticos que ocurren durante el almacenamiento, como consecuencia, el frijol pierde su propiedad de ablandamiento, requiriendo más tiempo de cocción.

Las causas que influyen en el endurecimiento del frijol son: humedad del grano, temperatura, humedad relativa del ambiente y el tiempo de almacenamiento. El endurecimiento del grano produce un aumento del tiempo de cocción, debido a la incapacidad de absorción de agua por parte de la semilla.

- Capacidad de absorción de agua

Se refiere a dos aspectos: el primero, a la facilidad de penetración del agua a través de la testa o cáscara y el segundo a la capacidad de penetración y difusión uniforme de la misma a través del cotiledón. Se han mencionado como causas que inciden en la capacidad de absorción de agua:

- La cáscara: debido a que es la primera barrera que debe enfrentar el agua antes de penetrar en el interior de la semilla; un Frijol de “cáscara dura” da una indicación de mayor tiempo de cocción. Una cáscara menos gruesa favorece la absorción de agua. Una cáscara amorfa favorece una rápida absorción de agua, cáscara fina y brillante la reduce.
- El tamaño y forma de hiliun, es el responsable de la absorción de la mayoría del agua durante las primeras 12 horas del período de remojo.
- Otros factores como: contenido de proteína, tamaño de semilla, porcentaje de cáscara y taninos. Mayor contenido proteína y menor cantidad de carbohidratos, más rápida absorción de agua.

La capacidad de absorción de agua por parte de la semilla no siempre está relacionada con el tiempo requerido para suavizar el grano durante el proceso de cocción; este tiempo de cocción está más relacionado a cambios adicionales en la micro estructura del cotiledón, provocado inicialmente por la presencia de agua durante el período de remojo y posteriormente por el efecto del calor el cual es posible que catalice algunas reacciones que influyeran la textura de la semilla.

Una semilla recién cosechada posee una mejor y mayor distribución de agua absorbida durante el remojo, mientras que en una semilla vieja, el agua absorbida se queda entre la cáscara y el cotiledón, por lo que no es posible encontrar la relación absorción de agua y textura y/o tiempo de cocción.

#### **3.5.4 Tiempo de cocción**

El principio del proceso de cocción es mantener los frijoles en agua hirviendo durante el tiempo necesario, para que adquieran consistencia aceptable al

consumidor. El tiempo de cocción varía dependiendo de si los frijoles son recién cosechados o nuevos, que es relativamente corto, o bien prolongarse de acuerdo al manejo o condiciones de almacenamiento.

El método de evaluación de tiempo de cocción por evaluación sensorial se define como la evaluación del tiempo requerido para llevar el grano de frijol a condiciones de textura capaz de ser consumido como alimento. Este método es aplicable a las variedades de frijol y está basado en la metodología que aplica el ama de casa en la evaluación del frijol cocido.

Existen definiciones de tiempo de cocción entre las que se mencionan están:

- El tiempo necesario para que los frijoles estén listos para consumo.
- El momento aquel en el que el grano se rompe solo, o bajo una presión medida con alguna presión determinada en forma subjetiva (entre los dedos).

El aumento en el tiempo de cocción del frijol, trae como consecuencia aspectos negativos, entre los que se encuentran:

- Mayor consumo de energía
- Mayor gasto de tiempo en preparación.
- Menor calidad comercial.
- Pérdida del valor nutritivo.

### **3.5.5 Densidad del caldo**

La densidad del caldo cocido es determinada en el líquido obtenido del tiempo de cocción. La densidad es evaluada por el contenido de sólidos totales o por el uso de un viscosímetro.



Tabla N° 4. Parámetros de referencia para la densidad del caldo del grano de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) (14).

Tipo de Caldo	Densidad del caldo (g/mL)
Claro	< 0.9 g/mL
Medio	0.9 g/mL – 1.2 g/mL
Espeso	>1.2 g/mL

### 3.6 Análisis Bromatológico Proximal. (2) (4) (12) (18)

Este análisis se aplica en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis nos indicarán el contenido de humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasas, ceniza y extracto libre de nitrógeno (Carbohidratos) en la muestra.

#### 3.6.1 Determinación de Humedad

La humedad total se determina en muestras como: Melaza, concentrados, harinas, de origen vegetal, tejidos vegetales, tejidos de animales, miel, entre otros. Esta técnica elimina el agua fuertemente enlazada a la muestra, y sirve el valor para reportar los datos del análisis en base seca.

#### 3.6.2 Determinación de Nitrógeno- Método micro kjeldahl

El método de valoración de nitrógeno proteico de mayor aplicación universal para alimentos es el ideado por kjeldahl en 1883.

En este método se mide la cantidad de nitrógeno que contiene una muestra y se convierte el nitrógeno en proteína multiplicándolo por un factor de acuerdo a la naturaleza de la proteína, ya sea de origen animal o vegetal.

En la determinación química de las proteínas, los datos son expresados como Nitrógeno proteico total. El valor del nitrógeno varía según su composición y está vinculado a su origen, es distinto en general para los vegetales y presenta también diferencias dentro de cada tipo, estableciéndose de acuerdo al contenido de nitrógeno de cada proteína, los factores de conversión del dato de nitrógeno en la proteína correspondiente.

### **3.6.3 Determinación de fibra cruda**

El material que queda después de extraer la grasa se considera como la muestra desengrasada, es la que se utiliza para la determinación de fibra cruda y para efectos de cálculos se toma en cuenta como peso de muestra, la cantidad que se pesó para la determinación de extracto etéreo. Este peso debe usarse el extractor de fibra cruda tipo Berzelius.

### **3.6.4 Determinación de grasas**

Como parte del análisis proximal de alimentos la determinación grasas o de extracto etéreo cumple un rol importante como medida de la proporción de grasa presente en una muestra, sin embargo según la naturaleza de la muestra no solo grasa es la que se extrae mediante el solvente orgánico, pues en el caso de las muestras de origen vegetal algunas vitaminas liposolubles y colorantes también son disueltas y cuantificadas en el Extracto Etéreo.

Desde un punto de vista nutricional la determinación de extracto etéreo sirve no solo para identificar la grasa presente, sino también a partir de ésta, estimar el

contenido calórico del material. El mantenimiento de una dieta bien balanceada que cumpla con los requerimientos nutricionales de un animal es imprescindible para un óptimo funcionamiento del organismo, incluyendo la función inmunológica, y la prevención de trastornos metabólicos.

Por otro lado, el método de Soxhlet se ha constituido en un excelente procedimiento para esta determinación, su principio sencillo basado en gravimetría permite un análisis simple y de resultados confiables.

### **3.6.5 Determinación de Cenizas**

Los alimentos o productos a incluir en la dieta humana, no contienen únicamente compuestos orgánicos, ya que en ellos existe una serie de elementos inorgánicos (metales y no metales). Algunos de estos elementos son indispensables para la vida, otros son tóxicos y también existen otros que se consideran indiferentes. En el caso particular de fósforo y azufre éstos pueden encontrarse en forma orgánica e inorgánica. La fracción inorgánica de los alimentos tiene un gran valor nutritivo, generalmente se le determina con el término “cenizas”.

En las cenizas aparecen la mayoría de los minerales, a excepción de aquellos que se volatilizan fácilmente.

### **3.6.6 Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)**

Los ELN están compuestos principalmente por carbohidratos digestibles como almidones y azúcares principalmente; sin embargo, también incluye cierta proporción de celulosa, hemicelulosa, lignina, sílice y pectina.

### **3.7 Tablas de Composición de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). <sup>(14)</sup>**

El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), a nivel regional, ha promovido la iniciativa de Seguridad Alimentaria y Nutricional, entendiendo que es una de las seguridades humanas más fundamentales, aporta información clave de los alimentos que consume la población centroamericana en términos de aportación de energía y nutrientes. Esta información constituye un insumo para la corrección de las deficiencias, excesos e imbalances alimentarios y nutricionales, así como en acciones preventivas y en la promoción de la salud nutricional de todos los centroamericanos.

En la década de los noventa, el INCAP llevó a cabo una revisión, ampliación e impresión de la base de datos sobre composición de alimentos usada en la región centroamericana, principalmente para la evaluación y la planificación de dietas, el cálculo de las necesidades alimentarias, definición de la canasta básica de alimentos, y otra serie de aplicaciones.

A partir de la base de datos revisada, actualizada y ampliada, se elaboró una tabla que fue publicada en 1996, con el título de “Valor nutritivo de los alimentos de Centroamérica. Primera Sección”. Esta tabla incluye, para 1169 productos, valores del contenido de energía, proteína, grasa total, carbohidratos, ceniza, calcio, fósforo, hierro, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina C, y vitamina A, expresada en equivalentes de retinol. En el 2000, se publicó la segunda sección de la tabla, que incluye para los mismos productos de la primera sección, el contenido de: fibra dietética, ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, colesterol, sodio, potasio, zinc, magnesio, vitamina B12, vitamina B6 y ácido fólico.

La tabla de Composición de Alimentos del INCAP, ha tenido una creciente demanda, como una herramienta imprescindible para los profesionales relacionados con la nutrición, la alimentación y la dietética, como la producción y la industria de alimentos (técnicos, docentes, investigadores, entre otros) y también por la población en general.

En esta investigación se utilizaron los valores de las tablas del INCAP del frijol grano negro como valores de referencia para determinar la calidad culinaria y bromatológica de tres variedades de frijol común criollo grano negro.

CAPITULO IV  
DISEÑO METODOLOGICO

## **4.0 DISEÑO METODOLOGICO**

### **4.1 TIPO DE ESTUDIO**

La presente investigación enmarcó los siguientes tipos de estudio:

- Bibliográfico
- Retrospectivo.
- Exploratorio.
- Experimental.

#### **4.1.1 Bibliográfico**

La investigación se fundamenta en la recolección de información teórica que sustente el análisis de calidad culinaria y bromatológica proximal para las variedades Tamazulapa, Cuarentín y el Porvenir de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo como también su evaluación e importancia dentro del marco de la Seguridad Alimentaria y Nutricional.

#### **4.1.2 Estudio retrospectivo**

Es un estudio retrospectivo ya que se basa en investigaciones internacionales anteriores y que tienen relevancia para los distintos países donde se ha realizado, además se tomó en cuenta las investigaciones propias hechas en el país.

#### **4.1.3 Estudio exploratorio**

Actualmente en el país no hay una investigación realizada con *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo dentro del contexto de la Seguridad Alimentaria y Nutricional, por lo que con esta investigación se proporcionará un insumo dentro de esta temática.

#### **4.1.4 Estudio experimental**

Se realizó el análisis bromatológico proximal y el análisis de la calidad culinaria a las tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo, en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

#### **4.2 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA.**

Se realizó en:

- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA).
- Internet.



## **4.3 INVESTIGACION DE CAMPO**

### **4.3.1 Universo**

El universo referido en este estudio está constituido por granos de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo cultivadas en la zona occidental de El Salvador.

### **4.3.2 Muestra**

Las muestras en estudio corresponden a doce libras de granos, cuatro libras de cada una de las tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo cultivadas en la zona occidental de El Salvador obtenidas a través del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA).

## **4.4 PARTE EXPERIMENTAL**

Se realizaron los análisis para cada variedad de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Primero se realizó la Determinación de la Calidad culinaria, que comprende: Tiempo de cocción, Coeficiente de Hidratación, Densidad del caldo y dimensiones del grano y posteriormente se realizó el Método de Wendee o Análisis Bromatológico Proximal que consiste en la determinación de humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasa, cenizas y carbohidratos en base seca. Así mismo se determinó la concentración de calcio, magnesio, hierro y zinc que son micronutrientes importantes dentro de la dieta humana, estos microelementos se determinaron a partir de las cenizas del análisis bromatológico proximal.

Las dos determinaciones citadas anteriormente se realizaron por duplicado para el caso de la Calidad Culinaria y quintuplicado para el análisis bromatológico proximal en cada variedad, para obtener una mayor precisión y exactitud en los datos y lograr con ello una mayor fiabilidad en los resultados.

#### **4.4.1 Calidad culinaria.** <sup>(9)</sup> <sup>(14)</sup>

##### **4.4.1.1 Coeficiente de Hidratación**

###### **Fundamento**

El porcentaje del coeficiente de hidratación se determinó mediante la diferencia de peso de la muestra al inicio y el peso de la muestra luego de haber permanecido los granos en remojo en agua potable por un período específico de tiempo; dividido entre el peso de muestra inicial y se multiplica por 100.

###### **Procedimiento**

- Pesar 100 g de frijol en una balanza semianalítica. Anotar el peso real de la muestra.
- Colocar la muestra pesada en un beaker que contenga 333 mL de agua a temperatura ambiente (Relación 3:10, masa/volumen de agua)
- Repetir los dos pasos anteriores para obtener ocho beaker con la misma cantidad de muestra y agua los cuales se hidrataran en períodos de 4, 8, 12, 16, 18, 20, 22 y 24 horas.
- Sacar los frijoles, después de cada tiempo correspondiente, y secar con papel toalla teniendo cuidado de no aplastar los granos de frijol y pesar en balanza semianalítica.
- Anotar los pesos correspondientes a cada muestra por cada tiempo especificado y calcular el porcentaje del coeficiente de Hidratación para cada caso mediante la ecuación A.
- Tabular los resultados.

- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por duplicado.

### Ecuación A

$$\% \text{ Coeficiente de H} = \frac{[\text{Peso de muestra hidratada (g)} - (\text{Peso muestra inicial (g)})]}{\text{Peso de muestra inicial (g)}} \times 100$$

#### 4.4.1.2 Dimensiones del grano

##### Fundamento

Se basa en la clasificación del grano de frijol por el peso y por la forma del grano, y midiendo la relación entre la longitud y anchura de grano de frijol, para determinar el índice entre dichas mediciones (Índice longitud-anchura).

##### Procedimiento

##### Determinación de peso de grano

- Tomar una sub-muestra de 25 granos por cada variedad de frijol común grano negro.
- Pesar cada uno de los granos de frijol en una balanza analítica.
- Registrar los pesos obtenidos y determinar el peso promedio usando la ecuación B.
- Clasificar grano según el tamaño usando tablas del INCAP.

Tabla N° 5 Tamaño del grano en función de su masa <sup>(14)</sup>

Masa del grano	Tamaño del grano
< 0.193 g	Pequeño
0.193 g – 0.217 g	Mediano
> 0.217 g	Grande

- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por duplicado.

### **Ecuación B**

$$\text{Peso promedio de grano} = \frac{\Sigma \text{pesos de granos (g)}}{\text{N}^\circ \text{ de granos pesados}}$$

#### **Determinación de tamaño de grano.**

- Tomar una sub-muestra de 25 granos por variedad de frijol común grano negro.
- Medir usando un calibre deslizante (pie de rey) la longitud y anchura (en milímetros) de cada uno de los granos de frijol.
- Registrar los valores de longitud y anchura; determinar el índice longitud-anchura, para cada grano mediante la ecuación C y determinar el promedio total.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por duplicado.

### **Ecuación C**

$$\text{Índice longitud-anchura de granos} = \frac{\text{Longitud de grano (mm)}}{\text{Anchura de grano (mm)}}$$

#### **4.4.1.3 Tiempo de cocción**

##### **Fundamento**

El tiempo de cocción se determina a través de la evaluación sensorial del grano conforme avanza la cocción, en donde el sentido del gusto nos permite establecer el tiempo que el grano de frijol requiere para alcanzar la condición de textura que se considera adecuada para poder ser incluido en la dieta como alimento. De acuerdo al parámetro de tiempo de cocción puede clasificar el grano de frijol como “duro” o “blando”.

### **Procedimiento**

- Colocar 100 g limpios de cada variedad de frijol en 333 mL de agua.
- Dejar los granos en remojo por 18 horas a temperatura ambiente, para que absorban suficiente agua. Pasadas las 18 horas separar los granos del agua de remojo.
- Llevar a ebullición 1.5 L de agua potable en un beaker de 2 L y agregar los granos de frijol preparados anteriormente.
- Establecer marca a 1.5 L para mantener constante el volumen.
- Remover un par de granos de frijol cada 10 minutos para realizar la prueba de cocción mordiendo un grano de frijol con los incisivos y oprimiéndolo entre la lengua y el paladar. \*
- Reportar como tiempo de cocción, el tiempo en el que los cotiledones de los granos de cada variedad presenten una textura granular suave y adecuada para consumir.
- Anotar los resultados y determinar cuál es el tiempo adecuado.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por duplicado.

\* Mantener siempre 1.5 L de agua, agregando siempre agua caliente cuando sea necesario.

#### **4.4.1.4 Densidad del caldo**

##### **Fundamento**

Se determina mediante la relación del peso y el volumen del caldo obtenido en la cocción de cada variedad. Se mide 10.0 mL de caldo en un balón volumétrico previamente tarado. La diferencia de peso del balón volumétrico de 10.0 mL aforado con caldo y el peso del balón volumétrico de 10.0 mL vacío permite conocer la densidad del caldo por variedad.

### Procedimiento

- Llevar a ebullición 1.5 L de agua potable en beaker de 2 L.
- Pesar aproximadamente 100 gramos de frijol común grano negro de cada variedad y dejarlos en remojo durante 18 horas. Pasadas las 18 horas separar los granos del agua de remojo.
- Agregar los granos de frijol común grano negro preparados anteriormente al beaker de 2 L cuando el agua este su punto de ebullición.
- Hervir agua potable en otro recipiente para sustituir el agua evaporada en el beaker con la muestra, de manera que el nivel del líquido se mantenga entre 1.25 – 1.5 litros.
- La prueba se debe suspender cuando se obtenga un aproximado del 90% de cochura \*.
- Tarar un balón volumétrico de 10.0 mL y anotar el peso (Peso inicial).
- Aforar el balón volumétrico de 10.0 mL con el caldo obtenido de la cocción de cada variedad de frijol común grano negro.
- Pesar en balanza analítica y anotamos el peso (Peso final).
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por duplicado.

\*Para la prueba de cochura: tomar al azar 10 granos de frijol común grano negro por cada variedad a partir de los 10 primeros minutos (luego cada 10 minutos) y oprimirlos entre el dedo índice y pulgar. Repetir esta operación 3 veces como mínimo.

### Ecuación D

$$\text{Densidad de caldo} = \frac{(\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)})}{10.0 \text{ mL}}$$

#### **4.4.2 Análisis Bromatológico Proximal.** (1) (3) (6) (7) (10) (12) (14)

##### **4.4.2.1 Preparación de la muestra**

Las tres variedades de frijol común grano negro se limpiaron quitando basura o cualquier otra impureza que contenían, posteriormente se cuartearon individualmente a manera de tomar una cantidad de muestra representativa para el análisis, la cual se hizo pasar por un molino de cuchillas marca Wiley Mill modelo estándar número 3, usando un tamiz de 0.20 – 0.25 mm. Posteriormente se realizó el análisis bromatológico proximal.

##### **4.4.2.2 Determinación de Humedad**

###### **Fundamento**

La cantidad de agua se elimina por calentamiento de la muestra en una estufa de vacío a temperatura de 105 °C durante cinco horas y presión de 100 mm de Hg.

###### **Procedimiento**

- Calentar a 105 °C en una estufa de vacío una caja de aluminio durante un período de 2 horas. Enfriar en desecador durante 30 minutos y pesar en balanza analítica (anotar el peso).
- En la caja de aluminio tarada pesar 2 gramos de muestra previamente homogeneizada (anotar el peso).
- Colocar destapada la caja de aluminio con la muestra en la estufa de vacío (previamente calentada a 105° C) durante 5 horas. Ajustar la presión del vacío a 100 mm de Hg.
- Retirar la caja de la estufa, tapar y poner en desecador para que enfríe durante 30 minutos.

- Pesar y registrar los pesos. Determinar el porcentaje de humedad mediante la ecuación E.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

### **Ecuación E**

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

Pérdida de peso = (Peso de caja más muestra antes de secar – Peso de caja más muestra después de secar).

Peso de muestra = (Peso de caja con muestra – Peso de caja vacía).

#### **4.4.2.3 Determinación de cenizas**

### **Fundamento**

La destrucción de la materia orgánica por incineración de cada muestra se lleva a cabo en un horno de mufla a temperatura de 550°C por un período de 2 horas, quedando sólo el material inorgánico llamado ceniza que no se destruye a esta temperatura.

### **Procedimiento**

- Colocar el crisol limpio bien identificado en un horno de mufla, calentar a 550 °C por una hora.
- Sacar el crisol del horno mufla, colocar en un desecador y enfriar durante 30 minutos.
- Pesar el crisol vacío en una balanza analítica digital, anotar el peso.



- Pesar en una balanza analítica digital aproximadamente 2 gramos de muestra, a la que ya se le ha determinado la humedad, en el crisol de porcelana tarado.
- Colocar el crisol en el horno de mufla y mantener a temperatura de 550 °C durante 2 horas; controlar la temperatura.
- Retirar el crisol del horno de mufla, colocar en el desecador durante 30 minutos y pesar (anotar este peso).
- Guardar la muestra de ceniza para la solubilización y determinación de minerales.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

#### **Ecuación F**

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

Peso de la ceniza = (Peso de crisol con cenizas) - (Peso de crisol vacío).

Peso de muestra = (Peso de crisol más muestra - Peso de crisol vacío).

#### **4.4.2.4 Preparación de la solución de cenizas para determinación de minerales**

##### **Fundamento**

La ceniza se trata con ácido clorhídrico concentrado y agua destilada, se agita y calienta cerca del punto de ebullición. Después se filtra a través de un papel filtro whatman 42 libre de cenizas quedando en el filtrado los minerales y en el papel filtro sílice.

### **Procedimiento**

- Agregar al crisol que contiene las cenizas 5 mL de HCl concentrado medidos con probeta.
- Añadir con probeta 20 mL de agua destilada, poner el crisol en Hotplate más o menos a 100 °C y evaporar el líquido hasta aproximadamente 10 mL. (Realizar en cámara de extracción de gases).
- Enfriar la solución a temperatura ambiente.
- Filtrar, utilizando papel whatman 42 y continuar lavando el crisol con porciones de agua destilada hasta que esté libre de residuo. Recibir en balón volumétrico de 100 mL limpio y seco.
- Aforar el balón con agua destilada, rotular y conservar la solución para la determinación de minerales.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

#### **4.4.2.5 Determinación de nitrógeno proteico**

##### **Método micro kjeldahl (Ver anexo N°1)**

##### **Fundamento**

Este método se divide en tres etapas:

- a) Digestión: destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico concentrado y caliente. Este actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco en presencia de reactivos específicos que actúan como catalizadores. El amoníaco desprendido queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio, que es estable en las condiciones de trabajo.
- b) Destilación: liberación del amoníaco formado, recogiéndolo en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio.

- c) El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico empleando como indicador una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo.

## Procedimiento

### Digestión

- Pesar en papel filtro más o menos 0.1 g de muestra y colocarla en un tubo tecator para micro kjeldahl de 250 mL.
- Agregar al tubo, que contiene la muestra pesada:
  - 6.0 mL de ácido sulfúrico.
  - 3 g de la mezcla de catalizador (sulfato de potasio y sulfato de cobre).
- Agitar durante 5 minutos ésta mezcla y colocar los tubos en el equipo de digestión Kjeldhal, al mismo tiempo conectar el sistema de extracción de vapores y condensación de gases. Retirar los tubos cuando la solución de color azul o verde se torne transparente.

### Destilación

- Dejar enfriar los tubos y agregar aproximadamente 80 mL agua destilada, esperar a que enfríen nuevamente.
- Colocar el tubo en el equipo de destilación.
- En un erlenmeyer de 250 mL colocar 25 mL de la solución de ácido bórico más indicadores y colocarlo en el aparato de destilación (solución de color rojo).
- Agregar 60 mL de solución de hidróxido de sodio al 40%.
- Recibir el destilado en el erlenmeyer de 250 mL el que debe estar en el aparato después de 5 minutos de trabajo del mismo (hasta que complete la destilación se observará un cambio del indicador de rojo a verde. Deje enfriar el tubo por 10 a 15 minutos y luego retirarlo).

### Titulación

- Titular el destilado obtenido con solución de ácido clorhídrico 0.1N hasta cambio de color del indicador que va de verde a rojo. Y determinar la cantidad de proteína en la muestra mediante la ecuación G.
- Realizar los mismos procedimientos para las tres variedades por quintuplicado.

### Ecuación G

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{mL HCl muestra}) \times \text{N de HCl} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

0.014= Miliequivalente del nitrógeno.

% de proteína cruda = % Nitrógeno x 6.25.

El factor de 6.25 se aplica a la mayoría de proteínas animales y vegetales ya que se asume que en su composición poseen entre 16% a 19% de N, cuando se trate de otro tipo de muestra, se debe buscar el factor correspondiente.

#### 4.4.2.6 Determinación de extracto etéreo

##### Fundamento

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

## Preparación de material de vidrio y dedales

### Procedimiento

- Pesar en papel filtro más o menos 2 gramos de muestra a la que se le ha determinado la humedad a 105 °C y colocarlos en un dedal de extracción limpio y seco. Anotar el peso como “peso seco”.
- Cubrir la muestra con un papel filtro de casi igual diámetro al interior del dedal o utilice algodón. Esto permite que el éter se distribuya de forma uniforme.
- Colocar el dedal con la muestra en el recipiente para muestras y fijelo bajo el condensador del equipo de extracción.
- Pesar el balón limpio y seco.
- Agregar 150 mL de éter al balón de fondo plano y colóquelo sobre el condensador.
- Abrir la llave del agua que enfría el condensador.
- Observar si hay escapes de éter después de que este comienza a ebulir y condensarse. Cuando el nivel del éter en el balón de grasa baje y suba constantemente (debido a que una porción siempre está volatilizándose y otra condensándose), el aparato puede dejarse solo y realizar observaciones periódicas. El periodo de extracción es de 8 horas.
- Después de que la extracción se complete, baje los condensadores y permita que el dedal drene completamente.
- Remover las muestras y colocar en beaker para recoger el éter.
- Colocar nuevamente los balones con grasa y destile el éter.
- Poco antes de que el éter en los balones de grasa se evapore hasta sequedad, remover los balones de grasa.
- Vaciar el éter destilado en un recipiente especial para conservar el éter usado.

- Completar la evaporación del éter que queda en los balones de grasa, dejándole sobre la mesa de trabajo por un tiempo.
- Secar los balones con grasa en una estufa a 100 °C, después enfriarlos en el desecador a temperatura ambiente y pesarlos (anote el peso). Determinar el porcentaje de extracto etéreo mediante la ecuación H.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

### **Ecuación H**

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{\text{Peso de E.E}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

Peso de muestra = (Peso papel filtro más muestra) - (Peso papel filtro vacío)

Peso de E.E. = (Peso de balón más extracto etéreo) - (peso de balón vacío)

#### **4.4.2.7 Determinación de fibra cruda**

##### **Fundamento**

Consiste en digerir la muestra desengrasada primero con ácido sulfúrico 1.25% y luego con hidróxido de sodio 1.25%, lavando el material después de cada digestión con suficiente agua destilada caliente hasta eliminación de ácido o álcali del material.

La muestra se lava después con etanol, se seca y calcina, calculándose el porcentaje de fibra obtenido después de la calcinación.

##### **Procedimiento**

- Colocar la muestra desengrasada en un beaker de 600 mL que contenga 200 mL de solución ácido sulfúrico al 1.25%.

- Colocar el beaker en el aparato de digestión, dejar ebullición exactamente 30 minutos girando el beaker cada 5 minutos para evitar que las partículas sólidas se adhieran a las paredes del recipiente.
- Retirar el beaker del aparato de digestión al terminar los 30 minutos; filtrar a través de la tela especial puesta en el embudo y recibir las aguas del lavado en un beaker limpio.
- Lavar el residuo que queda sobre el filtro con agua destilada hirviendo, hasta que el agua de lavado no presente reacción ácida, lo que se comprueba con el indicador anaranjado de metilo.
- Al beaker original se le agregan 200 mL de solución de NaOH 1.25% se lleva a ebullición.
- Ebullición durante 30 minutos, lavar siempre con agua destilada hirviendo como en el paso anterior y comprobar ausencia de reacción alcalina agregando gotas de fenolftaleína, hasta que no de coloración rosa.
- Pasar el residuo cuantitativamente a un Crisol FOSS con malla sinterizada, y colocarlo en el frasco kitasato.
- Agregar 15 mL de etanol y filtrar aplicando vacío.
- Secar el Crisol y su contenido en una estufa a una temperatura de 130 °C durante 2 horas, poner en un desecador y pesar en balanza analítica digital. Calcinar a 600 °C durante 30 minutos, poner en desecador, enfriar y pesar. La pérdida de peso es considerada como Fibra cruda y se determina mediante la ecuación I
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

### **Ecuación I**

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{Pérdida de peso después de calcinada a } 600 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

#### 4.4.2.8 Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)

Esta fracción es calculada con base en las otras determinaciones:

$$\% \text{ E.L.N o carbohidratos} = 100 - (\% \text{CZ} + \% \text{PC} + \% \text{EE} + \% \text{FC})$$

Donde:

CZ: Cenizas

PC: Proteína Cruda

EE: Extracto Étereo.

FC: Fibra Cruda

- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado, para obtener el porcentaje de carbohidratos solubles.

#### 4.4.3 Análisis del contenido de micronutrientes por el Método Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama, (Método AOAC 985.35)<sup>(2)</sup>

##### Fundamento

Al suministrar una determinada cantidad de energía a un átomo cualquiera en estado fundamental ( $E_0$ ). Esta es absorbida por el átomo de tal forma que se incrementara el radio de giro de sus electrones de la capa externa llevando al átomo a un nuevo estado energético ( $E_1$ ) que llamamos excitado.

Cuando este vuelve a su estado fundamental cede una cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinada.



Cuando los átomos en estado fundamental se encuentran con las radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de las mismas, pasando los átomos del estado fundamental al excitado. El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda en el caso particular en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental, se conoce como espectroscopia de absorción atómica.

#### **4.4.3.1 Determinación de Calcio.**

##### **Procedimiento**

###### Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico diluido y 6.0 mL de solución de lantano (50g/L), llevar a volumen con agua destilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

###### Preparación de soluciones Estándar (Ver Anexo N° 1)

- A partir de la solución madre de calcio [1000 ppm Ca] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.3, 2.0 y 6.0 ppm Ca.

###### Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, adicionar 6.0 mL de solución de Lantano (50 g/L). Llevar a volumen con agua destilada.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.

- En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

Medición.

Longitud de onda: 422.7 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 0.3 ~ 6µg/mL

#### **4.4.3.2 Determinación de Magnesio.**

##### **Procedimiento**

Preparación del blanco

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico diluido y 6.0 mL de solución de lantano (50g/L), llevar a volumen con agua destilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Preparación de soluciones Estándar (Ver Anexo N° 1)

- A partir de la solución madre de calcio [1000 ppm Mg] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.05, 0.1, 0.25 y 0.5 ppm de Mg.

Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, adicionar 6.0 mL de solución de Lantano (50 g/L). Llevar a volumen con agua destilada.

- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.
- En caso de ser necesario, realizar diluciones adecuadas de la muestra tratada.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

Medición.

Longitud de onda: 485.2 nm.

Rango de concentración de curva de calibración: 0.05 ~ 5 µg/mL.

#### **4.4.3.3 Determinación de Hierro.**

##### **Procedimiento**

Preparación del Blanco.

- Agregar en un balón volumétrico de 100.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico, llevar a volumen con agua destilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Preparación Soluciones Estándar (Ver Anexo N°1).

- A partir de la solución madre de hierro [1000 ppm Fe] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar 0.3, 2.0 y 6.0 ppm de Fe, llevar a volumen utilizando ácido clorhídrico (1:50).

Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, llevar a volumen con

agua destilada. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Fe en la muestra sea pequeña.

- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

Medición.

Longitud de onda: 248.3 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 0.3 ~ 6 µg/mL.

#### **4.4.3.4 Determinación de Zinc**

##### **Procedimiento**

Preparación del Blanco:

- Agregar en un balón volumétrico de 10.0 mL, 5.0 mL de ácido clorhídrico diluido llevar a volumen con agua destilada y homogenizar.
- Colocar esta solución en el equipo de Absorción Atómica y leer. El valor obtenido será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.

Preparación Soluciones Estándar (Ver Anexo N° 1).

- A partir de la solución madre de zinc [1000 ppm Zn] preparar una solución stock de 20.0 ppm.
- A partir de la solución stock, hacer las diluciones necesarias para obtener soluciones estándar de 0.05, 0.1, 0.5 y 1.0 ppm, llevar a volumen utilizando ácido clorhídrico (1:50).

### Muestra

- Pipetear 25.0 mL del filtrado obtenido en la solubilización de cenizas de la muestra a un balón volumétrico de 100.0 mL, llevar a volumen con agua destilada. La muestra tratada puede ser utilizada directamente en caso de que la concentración de Zn en la muestra sea pequeña.
- Colocar la muestra en equipo de Absorción Atómica y leer.
- Realizar el mismo procedimiento para las tres variedades por quintuplicado.

### Medición

Longitud de onda = 213.86 nm

Rango de concentración de curva de calibración: 0.05 ~ 1.0 µg/mL

## 4.5 DISEÑO ESTADÍSTICO <sup>(24)</sup>

A cada uno de los resultados obtenidos para cada determinación del análisis de calidad culinaria y el análisis bromatológico proximal de las tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo, se les realizó el análisis de varianza de un factor (ANOVA), basándose en la comparación de tres estimados de varianza común en las muestras de las tres variedades en estudio. Se estableció como hipótesis nula la igualdad de las medias en los resultados obtenidos en las tres variedades en estudio, el criterio de rechazo es tener un valor de  $P$  pequeño (0.05 o menos), con un valor  $P$  grande (mayor a 0.05) no se rechazará, donde los términos vagos “pequeño” y “grande” se vuelven objetivos por medio del valor de  $P$  correspondiente con un límite de confianza del 95%.

En el caso de rechazar la hipótesis que indica la igualdad de las medias en los resultados obtenidos, se evaluará por medio de la prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey, El criterio para establecer diferencia

significativa entre dos pares de medias en la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey (DSH) se basa en el hecho que el resultado como valor absoluto de la diferencia de las medias comparadas sea mayor al valor de DSH, si la diferencia de las medias comparadas es inferior al valor de DSH se establece que no hay diferencia significativa en las medias comparadas. Para la prueba del análisis de varianza de un factor (ANOVA) como para la diferencia significativa honesta de Tukey se utilizó una plantilla de Excel.

Al final se hará una representación de datos multivariantes con un gráfico Biplot, que muestra la dispersión de la distribución de las tres variables en estudio, contra los valores de referencia para el análisis bromatológico proximal.

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1 Calidad Culinaria

Luego de llevar a cabo la determinación de la calidad culinaria en las variedades Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo, se tabularon y compararon los resultados de las mismas de manera individual para interpretar los resultados.

#### - Coeficiente de hidratación

Después de pesar 100 g de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo de las tres variedades e hidratarlos a diferentes tiempos (4, 8, 12, 16, 18, 20, 22, 24 h), y pesarlos de nuevo para encontrar la diferencia, se obtuvieron los resultados siguientes. (Ver anexo N° 2a)

Tabla N° 6. Resultados de Coeficientes de Hidratación de la Variedad Cuarentín.

Tiempo de remojo (horas)	Porcentaje de Coeficiente de hidratación		
	Repetición 1 (%)	Repetición 2 (%)	Promedio (%)
4	68.46	67.40	67.93
8	92.61	93.10	92.86
12	94.31	94.40	94.36
16	98.60	98.40	98.50
18	105.30	104.60	104.95
20	98.40	99.00	98.70
22	98.70	98.60	98.65
24	99.50	99.80	99.65



Tabla N° 7. Resultados de Coeficientes de Hidratación de la Variedad Tamazulapa.

Tiempo de remojo (horas)	Porcentaje de Coeficiente de Hidratación		
	Repetición 1 (%)	Repetición 2 (%)	Promedio (%)
4	85.40	84.61	85.01
8	90.62	90.20	90.41
12	94.81	94.00	94.41
16	98.60	97.50	98.05
18	100.20	100.04	100.12
20	99.00	99.12	99.10
22	100.00	100.21	100.11
24	100.30	99.40	99.85

Tabla N° 8. Resultados de Coeficientes de Hidratación de la Variedad El Porvenir.

Tiempo de remojo (horas)	Porcentaje de Coeficiente de Hidratación		
	Repetición 1 (%)	Repetición 2 (%)	Promedio (%)
4	80.74	79.95	80.35
8	95.81	94.40	95.11
12	97.60	97.60	97.60
16	99.20	99.20	99.20
18	100.50	100.40	100.45
20	100.60	100.90	100.75
22	99.90	100.20	100.05
24	102.00	100.30	101.15

Tabla N° 9. Promedios de los Coeficientes de Hidratación de las variedades Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.

Tiempo de remojo (horas)	Porcentaje de Coeficiente de Hidratación		
	Variedad Cuarentín (%)	Variedad Tamazulapa (%)	Variedad El Porvenir (%)
4	67.93	85.01	80.35
8	92.86	90.41	95.11
12	94.36	94.41	97.60
16	98.50	98.05	99.20
18	104.95	100.12	100.45
20	98.70	99.10	100.75
22	98.65	100.11	100.05
24	99.65	99.85	101.15

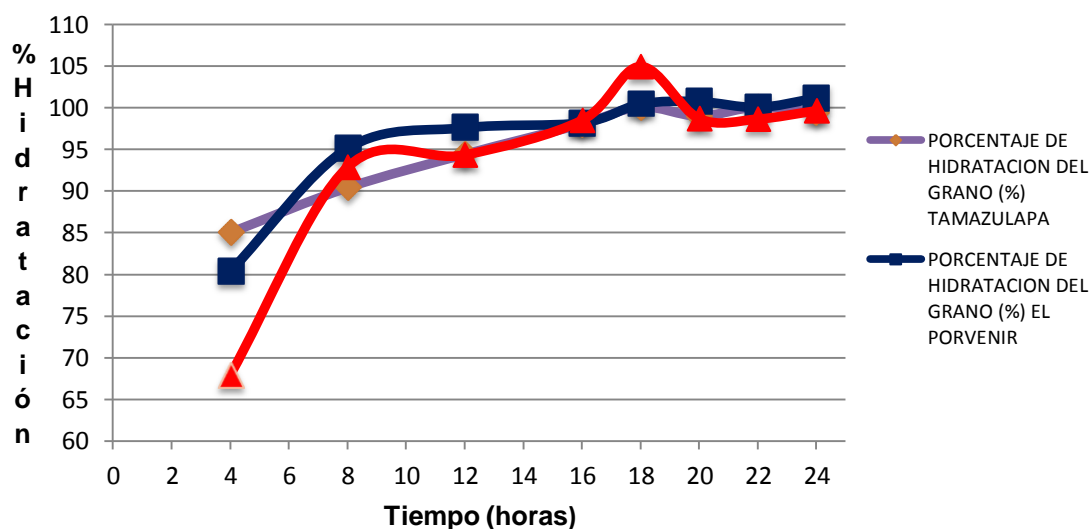


Figura N° 1. Gráfico de Porcentajes de Hidratación de las variedades Cuarentín, El Porvenir y Tamazulapa.

Se observa en la Tabla N° 9 y Figura N° 1, de las tres variedades de frijol común grano negro criollo en estudio, el que presenta mayor capacidad de absorción de agua a las 18 horas es la variedad Cuarentín, y luego, El Porvenir y Tamazulapa. Cabe mencionar que a las 18 horas se obtiene la mayor capacidad de absorción de agua de las variedades en estudio, excepto para la variedad El Porvenir que tiene su máxima absorción a las 20 horas. La diferencia entre los resultados del porcentaje de coeficiente de hidratación se debe a que entre las variedades hay distintos tipos de dureza de la cascara y eso produce que no absorban la misma cantidad de agua, así mismo se puede ver afectado el peso al final de procedimiento cuando se secan los granos para poder ser pesados, ya que al momento de secarlos pueden perder segmentos de cascara y dar pesos menores.

#### **Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) <sup>(24)</sup>**

- Hipótesis Nula: Las medias de Coeficiente de Hidratación de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias de Coeficiente de Hidratación de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%)

Tabla N° 10. Análisis de Varianza de un Factor para Coeficiente de Hidratación.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2946.916	23	128.127	529.974	3.059E-27	1.993
Dentro de los grupos	5.802	24	0.242			
Total	2952.718	47				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, aceptando entonces la existencia de diferencia significativa en el porcentaje del coeficiente de hidratación entre las variedades de frijol común grano negro criollo.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 11. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para Coeficiente de Hidratación.

DSH	1.2273
Valor crítico Tukey (q alfa)	3.53
Cuadrado del error medio (2CMerror)	0.2418
Tamaño de grupo (n)	2

Tabla N° 12. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de Coeficiente de Hidratación par un tiempo de 18 horas.

	Cuarentin	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentin	-	4.50	4.83
El Porvenir	4.50	-	0.33
Tamazulapa	4.83	0.33	-

Los valores de la Tabla N° 12 reflejaron que entre las variedades El Porvenir y Tamazulapa no existe diferencia significativa, en cambio, las variedades antes mencionadas al ser comparadas con la variedad Cuarentín, si mostraron diferencia en cuanto a su capacidad de absorción de agua porque la diferencia entre los pares de medias como valor absoluto de las variedades Cuarentín – El

Porvenir, y, Cuarentín – Tamazulapa, es mayor a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (1.2273).

#### - Dimensiones

Después de pesar la cantidad adecuada de granos según la metodología, y realizar las mediciones de longitud y anchura, se obtuvieron los resultados siguientes (ver anexo N°2b).

Tabla N° 13. Resultados de dimensiones de la variedad Cuarentín.

Repetición	Peso (g)	Peso promedio (g)	Índice Longitud-Anchura	Índice Longitud-Anchura promedio
1	0.234	0.236	1.5255	1.5238
2	0.237		1.5252	

Tabla N° 14. Resultados de dimensiones de la variedad Tamazulapa.

Repetición	Peso (g)	Peso promedio (g)	Índice Longitud-Anchura	Índice Longitud-Anchura promedio
1	0.179	0.184	1.6308	1.6235
2	0.188		1.6162	

Tabla N° 15. Resultados de dimensiones de la variedad El Porvenir.

Repetición	Peso (g)	Peso promedio (g)	Índice Longitud-Anchura	Índice Longitud-Anchura promedio
1	0.291	0.283	1.6603	1.6624
2	0.274		1.6644	

Tabla N° 16. Comparación de las medias de dimensiones de las variedades Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.

Variedad	Peso (g)	Índice longitud-anchura
Cuarentín	0.236	1.5238
Tamazulapa	0.184	1.6235
El Porvenir	0.283	1.6624

**Tamaño del grano:** Las variedades Cuarentín y El Porvenir según la media de peso de granos se clasifica como grano tamaño grande y la variedad Tamazulapa se clasifica como grano tamaño pequeño; según tablas del INCAP.<sup>(14)</sup>

**Forma del grano:** Las variedades Cuarentín y Tamazulapa según la media de índice longitud – anchura se clasifican como grano de forma elíptica; la variedad El Porvenir se clasifica como Oblongo o arriñonado corto, según INCAP.<sup>(14)</sup>

**Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) <sup>(24)</sup>**

- Hipótesis Nula: Las medias de las dimensiones de grano de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias de las dimensiones de grano de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%)

Tabla N° 17. Análisis de Varianza de un factor para Tamaño del grano.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad (P)	Valor crítico para F
Entre grupos	0.0098	2	0.0049	72.3826	0.0029	9.5521
Dentro de los grupos	0.0002	3	6.7649E-05			
Total	0.0010	5				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, aceptando entonces la existencia de diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a tamaño de grano.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 18. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para Tamaño del grano.

DSH	0.0344
Valor crítico Tukey ( $q$ alfa)	5.91
Cuadrado del error medio ( $2CM_{error}$ )	6.7649E-05
Tamaño de grupo (n)	2

Tabla N° 19. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de tamaño del grano.

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	0.047	0.052
El Porvenir	0.047	-	0.099
Tamazulapa	0.052	0.099	-

Los valores de la tabla N° 19 reflejaron que entre las variedades en estudio existe diferencia significativa en cuanto a las medias de la masa del grano, pero se observó que la mayor diferencia se encuentra entre las variedades El Porvenir y Tamazulapa. Todas mostraron valores mayores a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH=0.0344).

Tabla N° 20. Análisis de varianza de un factor para Índice longitud-anchura.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.0204	4	0.0051	43.0671	0.1137	224.5832
Dentro de los grupos	0.0001	1	0.0001			
Total	0.0205	5				

El valor de  $P$  es superior a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, no existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a forma de grano.

#### - **Tiempo de cocción**

Después de haber procedido con el tiempo de hidratación, y la posterior cocción de la muestra en remojo de 18 horas, se obtuvieron los siguientes resultados, la prueba se efectuó por duplicado para cada variedad en estudio (ver anexo N°2).

Tabla N° 21. Resultados de tiempo de cocción en muestras de la variedad Cuarentín.

Repetición	Tiempo de cocción
1	40 min
2	40 min
Promedio	40 min

Tabla N° 22. Resultados de tiempo de cocción en muestras de la variedad Tamazulapa.

Repetición	Tiempo de cocción
1	70 min
2	70 min
Promedio	70 min



Tabla N° 23. Resultados de tiempo de cocción en muestras de la variedad El Porvenir.

Repetición	Tiempo de cocción
1	50 min
2	50 min
Promedio	50 min

Tabla N° 24. Comparación de resultados de tiempo de cocción.

Variedad	Tiempo de cocción
Cuarentín	40 min
Tamazulapa	50 min
El Porvenir	70 min

El INCAP considera un tiempo de cocción óptimo a los 40 minutos, y además, granos con un tiempo de cocción mayor a 150 minutos son granos duros; las tres variedades en estudio presentaron un tiempo de cocción menor a 150 minutos, por lo que son considerados como granos blandos, y de ellos la variedad Cuarentín presentó un tiempo de cocción óptimo.

#### - Densidad del Caldo

Luego de la cocción del grano de 18 horas de remojo, se determinó la densidad del caldo, obteniéndose los siguientes resultados (ver anexo N° 2).

Tabla N° 25. Densidad del caldo de la variedad Cuarentín.

Repetición	Densidad del caldo (g/mL)	Promedio de densidad del caldo (g/mL)
1	1.0002	0.9997
2	0.9991	

Tabla N° 26. Densidad del caldo de la variedad Tamazulapa.

Repetición	Densidad del caldo (g/mL)	Promedio de densidad del caldo (g/mL)
1	1.0003	1.0008
2	1.0013	

Tabla N° 27. Densidad del caldo de la variedad El Porvenir.

Repetición	Densidad del caldo (g/mL)	Promedio de densidad del caldo (g/mL)
1	1.0017	1.0016
2	1.0015	

Tabla N° 28. Comparación de las medias de densidades del caldo de las variedades Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.

Media de Densidad del caldo (g/mL) Variedad Cuarentín	Media de Densidad del caldo (g/mL) Variedad Tamazulapa	Media de Densidad del caldo (g/mL) Variedad El Porvenir
0.9997	1.0008	1.0016

Los resultados indicaron que las tres variedades en estudio tienen un tipo de caldo medio según las tablas del INCAP. <sup>(14)</sup>

#### **Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) <sup>(24)</sup>**

- Hipótesis Nula: Las medias de la densidad del caldo del grano de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias de la densidad del caldo del grano de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 29. Análisis de varianza de un factor para densidad del caldo del grano.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3.843E-06	2	1.922E-06	5.1244	0.1077	9.5521
Dentro de los grupos	1.125E-06	3	3.750E-07			
Total	4.968E-06	5				

El valor de  $P$  es superior a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, no existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a densidad del caldo del grano.

## 5.2 Análisis Bromatológico Proximal

### - Determinación de Humedad

Luego de realizar la determinación de humedad conforme a la metodología descrita, se obtuvieron los resultados siguientes para cada una de las variedades (ver anexo N° 3).

Tabla N° 30. Comparación de Medias de porcentaje de humedad de tres variedades de frijol común criollo grano negro.

Repetición	Porcentaje de Humedad		
	Variedad Cuarentin (%)	Variedad El Porvenir (%)	Variedad Tamazulapa (%)
1	8.12	9.71	11.19
2	8.09	9.82	11.33
3	8.26	9.53	11.11
4	8.15	9.92	10.84
5	8.57	9.67	11.47
<b>Promedio</b>	8.24	9.75	11.19

Las medias de las variedades Cuarentín y El Porvenir son inferiores con respecto al valor dado en las tablas del INCAP (10.40 %), en cambio la variedad Tamazulapa presenta un valor superior con respecto al valor del INCAP.

### **Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) <sup>(24)</sup>**

- Hipótesis Nula: Las medias del porcentaje de humedad de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del porcentaje de humedad de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 31. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de humedad de las variedades de frijol común grano negro criollo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	21.7608	2	10.8804	280.5675	8.4245E-11	3.8853
Dentro de los grupos	0.4654	12	0.0388			
Total	22.2262	14				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a porcentaje de humedad.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 32. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para humedad.

DSH	0.3320
Valor crítico Tukey (q alfa)	3.77
Cuadrado del error medio (2CMerror)	0.0388
Tamaño de grupo (n)	5

Tabla N° 33. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de humedad.

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	1.512	2.950
El Porvenir	1.512	-	1.438
Tamazulapa	2.959	1.438	-

Los valores de la Tabla N° 33 mostraron que entre las variedades en estudio existe diferencia significativa en cuanto a porcentaje de humedad, pero se observó que la mayor diferencia se encuentra entre las variedades Cuarentín y Tamazulapa. Todas mostraron valores mayores a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH= 0.3320).

#### - **Determinación de Proteína Cruda**

Se realizaron cinco determinaciones de proteína cruda para cada variedad de frijol común criollo grano negro, obteniéndose los resultados siguientes (ver anexo N° 3).

Tabla N° 34. Comparación de Medias de porcentaje de Proteína Cruda de tres variedades de frijol común criollo grano negro.

Repetición	Porcentaje de Proteína Cruda		
	Variedad Cuarentin (%)	Variedad El Porvenir (%)	Variedad Tamazulapa (%)
1	23.83	25.74	21.71
2	25.74	25.79	21.32
3	26.20	26.41	22.15
4	26.00	26.70	21.57
5	25.76	25.78	21.75
<b>Promedio</b>	25.51	26.08	21.70

Las tablas del INCAP muestran un valor del 22.70 % de proteína para frijol común grano negro, las variedades criollas Cuarentín y El Porvenir presentan medias mayores a este valor, mientras la variedad Tamazulapa un valor inferior a las tablas del INCAP, indicándose de esta manera, que las primeras variedades mencionadas contienen un mayor porcentaje de proteína cruda.

#### **Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) <sup>(24)</sup>**

- Hipótesis Nula: Las medias del porcentaje de proteína cruda de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del porcentaje de proteína cruda de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 35. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de proteína cruda de las variedades de frijol común grano negro criollo.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad (P)	Valor crítico para F
Entre grupos	56.7320	2	28.3660	70.8672	2.2619E-07	3.8853
Dentro de los grupos	4.8032	12	0.4003			
Total	61.5352	14				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a porcentaje de proteína cruda.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 36. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para porcentaje de proteína cruda.

DSH	1.0667
Valor crítico Tukey (q alfa)	3.77
Cuadrado del error medio (2CMerror)	0.4003
Tamaño de grupo (n)	5

Tabla N° 37. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de porcentaje de proteína cruda.

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	0.578	3.806
El Porvenir	0.578	-	4.384
Tamazulapa	3.806	4.384	-

Los valores de la tabla N° 37 mostraron que entre las variedades El Porvenir y Cuarentín no existe diferencia significativa en cuanto a porcentaje de proteína cruda, pero se observó que si existe diferencia significativa entre los pares de medias de las variedades Cuarentín-Tamazulapa y Tamazulapa-El Porvenir siendo estos dos últimos, los que presentan un valor mayor de diferencia, los cuales fueron mayores a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH= 1,067).

- **Determinación de Cenizas**

Luego de incinerar la materia orgánica, se obtuvieron los siguientes resultados para determinación de cenizas en las variedades en estudio. (Ver anexo N° 3)

Tabla N° 38. Comparación de Medias de porcentaje de Cenizas de tres variedades de frijol común criollo grano negro

Repetición	Porcentaje de Cenizas		
	Variedad Cuarentín (%)	Variedad El Porvenir (%)	Variedad Tamazulapa (%)
1	6.94	6.99	7.53
2	5.94	7.08	7.55
3	6.97	7.16	7.49
4	6.91	6.49	7.40
5	6.95	6.99	7.46
<b>Promedio</b>	6.74	6.94	7.49

Las tablas del INCAP muestran un valor de cenizas de 3.70 %, y las tres variedades en estudio presentaron valores superiores a este, siendo la variedad Tamazulapa con mayor porcentaje, luego El Porvenir y Cuarentín con menor porcentaje de cenizas.



### Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) (24)

- Hipótesis Nula: Las medias del porcentaje de cenizas de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del porcentaje de ceniza de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 39. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de cenizas de las variedades de frijol común grano negro criollo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1.4825	2	0.7412	8.1195	0.0059	3.8853
Dentro de los grupos	1.0955	12	0.0913			
Total	2.5779	14				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a porcentaje de ceniza.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 40. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para porcentaje de ceniza.

DSH	0.5094
Valor crítico Tukey (q alfa)	3.77
Cuadrado del error medio (2CMerror)	0.0913
Tamaño de grupo (n)	5

Tabla N° 41. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de porcentaje de Ceniza.

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	0.200	0.750
El Porvenir	0.200	-	0.550
Tamazulapa	0.750	0.550	-

Los valores de la tabla N° 41 muestran que entre las variedades El Porvenir y Cuarentín no existe diferencia significativa en cuanto a porcentaje de ceniza, pero se observó que si existe diferencia significativa entre los pares de medias de las variedades Cuarentín-Tamazulapa y El Porvenir-Tamazulapa. Ambos valores fueron mayores a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH= 0,5094).

- **Determinación de Extracto Etéreo**

Después de realizar la extracción mediante Soxhlet, y seguir la metodología para la determinación de extracto etéreo, se obtuvieron los resultados siguientes (ver anexo N° 3).

Tabla N° 42. Comparación de Medias de porcentaje de Extracto Etéreo de tres variedades de frijol común criollo grano negro

Repetición	Porcentaje de Extracto etéreo		
	Variedad Cuarentin (%)	Variedad El Porvenir (%)	Variedad Tamazulapa (%)
1	2.39	2.20	1.30
2	2.39	1.95	1.19
3	2.10	1.85	1.10
4	2.05	1.70	1.18
5	2.15	1.60	1.25
<b>Promedio</b>	2.22	1.86	1.20

Las tablas del INCAP presentan un valor del 1.60 % de grasa total; la variedad Tamazulapa presenta un valor inferior a este con un 1.20%, mientras que las variedades Cuarentín y El Porvenir presentaron valores superiores con 2.22% y 1.86% respectivamente.

#### **Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) <sup>(24)</sup>**

- Hipótesis Nula: Las medias del porcentaje de Extracto Etéreo de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del porcentaje de Extracto Etéreo de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 43. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de Extracto Etéreo de las variedades de frijol común grano negro criollo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2.5604	2	1.2802	18.9460	0.0002	3.8853
Dentro de los grupos	0.8108	12	0.0676			
Total	3.3712	14				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a porcentaje de Extracto Etéreo.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 44. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para porcentaje de Extracto Etéreo.

DSH	0.4383
Valor crítico Tukey (q alfa)	3.77
Cuadrado del error medio (2CMerror)	0.0676
Tamaño de grupo (n)	5

Tabla N° 45. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de porcentaje de Extracto Etéreo.

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	0.506	1.012
El Porvenir	0.506	-	0.506
Tamazulapa	1.012	0.506	-

Los valores de la tabla N° 45 todas las variedades mostraron diferencia significativa en cuanto a porcentaje de Extracto Etéreo, pero se observó que el mayor valor de diferencia que existe es entre las variedades Cuarentín y Tamazolapa. Todos los valores fueron mayores a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH= 0.4383).

#### - **Determinación de Fibra Cruda**

Al finalizar la determinación de fibra cruda en cada una de las variedades en estudio se obtuvieron los siguientes resultados (ver anexo N° 3).

Las tablas del INCAP presentan un valor de 18.37% de fibra cruda total; las tres variedades en estudio presentaron valores inferiores al INCAP, la variedad criolla de frijol común grano negro Tamazolapa contiene mayor porcentaje de

fibra cruda con respecto a las medias de las otras variedades en estudio como se muestra en la tabla N° 46.

Tabla N° 46. Comparación de Medias de porcentaje de Fibra Cruda de tres variedades de frijol común criollo grano negro.

Repetición	Porcentaje de fibra cruda		
	Variedad Cuarentín (%)	Variedad El Porvenir (%)	Variedad Tamazulapa (%)
1	3.89	3.88	3.86
2	4.01	3.69	3.31
3	3.94	3.48	4.40
4	3.98	3.31	4.50
5	3.79	3.64	3.88
<b>Promedio</b>	3.92	3.60	3.99

#### **Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) (24)**

- Hipótesis Nula: Las medias del porcentaje de Fibra Cruda de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del porcentaje de Fibra Cruda de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 47. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de Fibra Cruda de las variedades de frijol común grano negro criollo.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad (P)	Valor crítico para F
Entre grupos	0.4162	2	0.2081	2.1628	0.1577	3.8853
Dentro de los grupos	1.1546	12	0.0962			
Total	1.5707	14				

El valor de  $P$  es superior a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir que no existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a porcentaje de Fibra Cruda.

- **Determinación de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos)**

Luego de calcular mediante diferencia el Extracto libre de Nitrógeno para cada una de las variedades en estudio se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla N° 48. Comparación de Medias de porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos) de tres variedades de frijol común criollo grano negro.

Repetición	Porcentaje de extracto libre de Nitrógeno		
	Variedad Cuarentín (%)	Variedad El Porvenir (%)	Variedad Tamazulapa (%)
1	61.57	59.22	64.99
2	60.89	60.46	65.52
3	59.23	60.23	63.82
4	59.88	59.92	64.38
5	60.25	60.22	64.55
<b>Promedio</b>	60.36	60.01	64.65

Las tablas del INCAP indican un valor de carbohidratos de 61.60%, la variedad Tamazulapa es la que mayor porcentaje presenta conforme a los resultados obtenidos, las variedades Cuarentín y El porvenir presentaron valores inferiores al que se indica en las tablas del INCAP, con 60.36% y 60.01% respectivamente.

**Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) (24)**

- Hipótesis Nula: Las medias del porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos) de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos) de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 49. Análisis de varianza de un factor para el porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos) de las variedades de frijol común grano negro criollo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	66.7674	2	33.3837	68.6460	2.6969E-07	3.8853
Dentro de los grupos	5.8358	12	0.4863			
Total	72.6032	14				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos).

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 50. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos).

DSH	1.1758
Valor crítico Tukey (q alfa)	3.77
Cuadrado del error medio (2CMerror)	0.4863
Tamaño de grupo (n)	5

Tabla N° 51. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno (carbohidratos).

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	0.354	4.288
El Porvenir	0.354	-	4.642
Tamazulapa	4.288	4.642	-

Los valores de la Tabla N° 51 muestran que entre las variedades Cuarentín y El Porvenir no existe diferencia significativa en cuanto a porcentaje de Extracto libre de Nitrógeno, pero se observó que entre los pares de medias de resultados de las variedades Cuarentín-Tamazulapa y El Porvenir-Tamazulapa existe diferencia significativa donde la mayor de ellas es entre las variedades El Porvenir y Tamazulapa. Dos de los valores fueron mayores a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH= 1.1758).



### 5.3 Determinación de minerales

#### - Determinación de Zinc

Luego del tratamiento de la muestra y realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica los resultados de Zinc obtenidos mediante Absorción Atómica expresados como mg/100 g de grano seco de las tres variedades en estudio de frijol grano negro criollo son los siguientes.

Tabla N° 52. Comparación de Medias de cantidad de Zinc en mg/100 g de grano seco de tres variedades de frijol común criollo grano negro

Repetición	Cantidad de Zinc mg/100 g de grano seco		
	Variedad Cuarentin	Variedad El Porvenir	Variedad Tamazulapa
1	3.36	3.97	3.47
2	2.81	4.12	3.40
3	3.30	3,89	3.36
4	3.36	3.61	3.31
5	3.20	3.28	3.38
<b>Promedio</b>	3.21	3,77	3.38

El INCAP indica una valor de 2.55 mg/100 g; los resultados obtenidos presentan un mayor contenido de Zinc en las tres variedades en estudio, donde la variedad El Porvenir es la que presenta el mayor valor.

#### **Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) (24)**

- Hipótesis Nula: Las medias del contenido de Zinc de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del contenido de Zinc de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 53. Análisis de varianza de un factor para cantidad de Zinc en mg/100g de grano seco de las variedades de frijol común grano negro criollo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.8440	2	0.4220	7.5656	0.0075	3.8853
Dentro de los grupos	0.6694	12	0.0558			
Total	1.5134	14				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a cantidad de Zinc expresada como mg/100 g de grano seco.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 54. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para cantidad de Zinc en mg/100 g de grano seco.

DSH	0.3982
Valor crítico Tukey (q alfa)	3.77
Cuadrado del error medio (2CMerror)	0.0558
Tamaño de grupo (n)	5

Tabla N° 55. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de la cantidad de Zinc en mg/100 g de grano seco.

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	0.568	0.178
El Porvenir	0.568	-	0.390
Tamazulapa	0.178	0.390	-

Los valores de la Tabla N° 55 muestran que entre las variedades Cuarentín y El Porvenir existe diferencia significativa en cuanto a cantidad de Zinc en mg/100 g de grano seco, pero se observó además que entre los pares de medias de resultados de las variedades Cuarentín-Tamazulapa y El Porvenir-Tamazulapa no existe diferencia significativa. Solo las variedades que mostraron diferencia obtuvieron un valor mayor a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH= 0.3982).

#### - **Determinación de Hierro**

Luego del tratamiento de la muestra y realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica los resultados de hierro obtenidos mediante Absorción Atómica expresados como mg/100 g de grano seco de las tres variedades en estudio de frijol grano negro criollo son los mostrados en la Tabla N° 56.

Las tablas del INCAP muestran un valor de 7.10 mg/100 g de hierro; las variedades en estudio presentaron valores superiores de hierro. Dentro de las tres variedades, Cuarentín presentó el mayor valor.

Tabla N° 56. Comparación de Medias de cantidad de hierro en mg/100 g de grano seco de tres variedades de frijol común criollo grano negro.

Repetición	Cantidad de Hierro en mg/100 g de granos secos		
	Variedad Cuarentín	Variedad El Porvenir	Variedad Tamazulapa
1	8.46	7.75	8.83
2	6.96	7.81	7.35
3	10.27	7.51	7.59
4	8.04	7.15	7.85
5	6.74	7.57	7.90
<b>Promedio</b>	8.09	7.56	7.90

**Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) (24)**

- Hipótesis Nula: Las medias del contenido de hierro de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del contenido de hierro de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 57. Análisis de varianza de un factor para cantidad de hierro en mg/100 g de grano seco de las variedades de frijol común grano negro criollo.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad (P)	Valor crítico para F
Entre grupos	0.7385	2	0.3693	0.4651	0.6389	3.8853
Dentro de los grupos	9.5263	12	0.7939			
Total	10.2648	14				

El valor de  $P$  es superior a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir que no existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a cantidad de Hierro expresada como mg/100 g de grano seco.

- **Determinación de Calcio**

Los resultados de Calcio obtenidos mediante Absorción Atómica son los siguientes.

Tabla N° 58. Comparación de Medias de cantidad de calcio en mg/100 g de grano seco de tres variedades de frijol común criollo grano negro

Repetición	Cantidad de calcio en mg/100 g de grano seco		
	Variedad Cuarentin	Variedad El Porvenir	Variedad Tamazulapa
1	185.19	142.74	209.59
2	266.36	106.68	211.77
3	231.85	107.57	217.10
4	180.86	109.32	207.06
5	215.50	112.08	211.31
<b>Promedio</b>	215.95	115.68	211.37

Las tablas del INCAP muestran un valor de 134 mg/100 g; la variedad El Porvenir presentó un valor inferior a este; mientras que los valores de las variedades Cuarentín y Tamazulapa son superiores.

**Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) <sup>(24)</sup>**

- Hipótesis Nula: Las medias del contenido de Calcio de las tres variedades no presentan diferencia significativa.

- Hipótesis alterna: Las medias del contenido de Calcio de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 59. Análisis de varianza de un factor para cantidad de Calcio en mg/100 g de grano seco de las variedades de frijol común grano negro criollo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	32053.4997	2	16026.7498	32.2750	0.00001	3.8853
Dentro de los grupos	5958.8325	12	496.5694			
Total	38012.3322	14				

El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a cantidad de Calcio expresada como mg/100 g de grano seco.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 60. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para cantidad de Calcio en mg/100 g de grano seco.

DSH	37.5704
Valor crítico Tukey (q alfa)	3.77
Cuadrado del error medio (2CMerror)	496.5694
Tamaño de grupo (n)	5

Tabla N° 61. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de la cantidad de Calcio en mg/100 g de grano seco.

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	100.274	4.586
El Porvenir	100.274	-	95.688
Tamazulapa	4.586	95.688	-

Los valores de la Tabla N° 61 muestran que entre las variedades Cuarentín y Tamazulapa no existe diferencia significativa en cuanto a cantidad de Calcio en mg/100 g de grano seco, pero se observó además que entre los pares de medias de resultados de las variedades Cuarentín-El Porvenir y El Porvenir-Tamazulapa existe diferencia significativa y estas últimas obtuvieron un valor mayor a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH= 37.5704).

#### - **Determinación de Magnesio**

Los resultados de magnesio obtenidos mediante Absorción Atómica son los que se muestran en la Tabla N° 62.

Las tablas del INCAP no muestran un valor determinado para magnesio como frijol negro grano seco, pero sí un valor de 182 mg/100 g dentro de la categoría frijol toda variedad harina que se ha tomado como valor de referencia; dentro del cual las variedades en estudio presentaron valores inferiores a éste.

Tabla N° 62. Comparación de Medias de cantidad de magnesio en mg/100 g de grano seco de tres variedades de frijol común criollo grano negro

Repetición	Cantidad de Magnesio enmg/100 g de grano seco		
	Variedad Cuarentín	Variedad El Porvenir	Variedad Tamazulapa
1	180.95	163.58	187.41
2	173.79	160.16	185.70
3	185.14	161.57	171.51
4	184.58	141.41	180.75
5	181.06	131.01	181.24
<b>Promedio</b>	181.10	151.55	181.32

**Análisis estadístico: Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA)** <sup>(24)</sup>

- Hipótesis Nula: Las medias del contenido de Calcio de las tres variedades no presentan diferencia significativa.
- Hipótesis alterna: Las medias del contenido de Calcio de las tres variedades presentan diferencia significativa.
- Nivel de confianza: 95%
- Alfa: 0.05 (5%).

Tabla N° 63. Análisis de varianza de un factor para cantidad de Magnesio en mg/100 g de grano seco de las variedades de frijol común grano negro criollo.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad (P)</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2933.8884	2	1466.9442	16.3191	0.0004	3.8853
Dentro de los grupos	1078.6965	12	89.8914			
Total	4012.5850	14				



El valor de  $P$  es inferior a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, existe diferencia significativa entre las variedades de frijol común grano negro criollo en cuanto a cantidad de Magnesio expresada como mg/100 g de grano seco.

Por tanto, se realizó el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey, para determinar cuáles medias presentan mayor diferencia entre sí.

Tabla N° 64. Análisis de Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH) para cantidad de Magnesio en mg/100 g de grano seco.

DSH	15.9851
Valor crítico Tukey ( $q$ alfa)	3.77
Cuadrado del error medio (2CMerror)	89.8914
Tamaño de grupo (n)	5

Tabla N° 65. Valores absolutos de las diferencias entre las medias de las variedades en estudio de la cantidad de Magnesio en mg/100g de grano seco.

Variedad	Cuarentín	El Porvenir	Tamazulapa
Cuarentín	-	29.558	0.218
El Porvenir	29.558	-	29.776
Tamazulapa	0.218	29.776	-

Los valores de la tabla N° 65 muestran que entre las variedades Cuarentín y Tamazulapa no existe diferencia significativa en cuanto a cantidad de Magnesio en mg/100 g de grano seco, pero se observó además que entre los pares de medias de resultados de las variedades Cuarentín-El Porvenir y El Porvenir-Tamazulapa existe diferencia significativa y estas últimas obtuvieron un valor mayor a la Diferencia Significativa Honesta de Tukey (DSH= 15.9851).

#### 5.4 Resumen de Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos de cada una de las determinaciones realizadas a las muestras de las tres variedades de frijol común criollo grano negro: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir; tanto el análisis de calidad culinaria como el análisis bromatológico proximal; incorporando los valores de referencia establecidos por el INCAP en sus tablas de composición de alimentos.

Tabla N° 66. Resumen de los resultados del análisis de Calidad Culinaria de las tres variedades en estudio: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir

Determinación	Variedad Cuarentín	Variedad Tamazulapa	Variedad El Porvenir	INCAP
Coeficiente de Hidratación	18 h	18 h	20 h	16 – 22 h
Tiempo de cocción	40 min	70 min	50 min	40 min
Densidad del caldo (g/mL)	0.9997 Medio	1.0008 medio	1.0016 medio	<0.9 g/mL claro 0.9 – 1.2 g/mL medio >1.2 g/mL espeso
Dimensiones del grano	0.236 g Grande	0.184 g pequeño	0.283 g grande	Peso del grano < 0.193 pequeño 0.193 g – 0.217 mediano >0.217 g grande
	1.5238 mm Elíptico	1.6235 mm elíptico	1.6624 mm Oblongo o Arriñonado corto	Índice longitud-anchura 1.16 – 1.42 mm esférico 1.43 – 1.65 mm elíptico 1.66 – 1.85 mm oblongo o arriñonado corto 1.86 – 2.00 mm oblongo o arriñonado medio >2.00 mm oblongo o arriñonado largo

Los resultados de la Tabla N° 66 demuestran que para el análisis de la calidad culinaria, en la determinación del coeficiente de hidratación la variedad que más tiempo necesita para estar hidratada es la variedad El Porvenir (20 h), y

aun así no está fuera de lo que dice la tabla de valores de referencia del INCAP(16-22 h), no así en el tiempo de cocción dado a que la variedad Tamazulapa, es la variedad que necesita mayor consumo de energía para poder tener una cochura adecuada, presentando un valor de 70 minutos que lo hace estar fuera de lo que las tablas del INCAP muestran (40min). Por otra parte las tres variedades (Cuarentin, Tamazulapa y El Porvenir) presentan un tipo de caldo medio, de acuerdo a la densidad las tres variedades que oscila entre 0.9 y 1.2 g/mL. Al final los tres tipos de grano pueden clasificarse como grano grande para las variedades Cuarentin y El Porvenir de acuerdo al peso de grano de estas variedades que es mayor a 0.217 g, en tanto la variedad tamazulapa posee un grano pequeño de acuerdo al peso del mismo que es menor a 0.193 g. De acuerdo al índice longitud anchura la variedad Cuarentin y Tamazulapa poseen un grano del tipo elíptico, ya que el valor del índice longitud-anchura de ambas está entre 1.43-1.65 según las tablas de referencia del INCAP, al final se puede caracterizar al grano de la variedad El Porvenir como grano Oblongo o arriñonado corto ya que el valor de su índice longitud-anchura está entre 1.66-1.85.

Por otra parte la tabla N° 67 muestra que de las tres variedades de frijol común grano negro criollo, la variedad El Porvenir es la que presenta la mayor cantidad de determinaciones con resultados menores a los valores de referencia del INCAP entre ellos están el porcentaje de humedad, fibra cruda, carbohidratos y los minerales.

A pesar que la variedad El Porvenir presenta valores inferiores a los de referencia en algunos parámetros de calidad bromatológica no supone que debe restársele importancia como una alternativa de consumo para nuestra población.

Tabla N° 67. Resumen de los resultados del análisis bromatológico proximal y análisis de micronutrientes de las tres variedades en estudio: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.

Determinación	INCAP	Variedad Cuarentín	Variedad Tamazulapa	Variedad El Porvenir
Humedad (%)	10.40	8.24	11.19	9.75
Proteína Cruda (%)	22.70	25.51	21.70	26.08
Extracto Etéreo (%)	1.60	2.22	1.20	1.86
Fibra Cruda (%)	18.37	3.92	3.99	3.60
Ceniza (%)	3.70	6.74	7.49	6.94
Extracto Libre de Nitrógeno (%)	61.60	60.36	64.65	60.01
Fe (mg/100g)	7.10	8.09	7.90	7.56
Ca (mg/100g)	134.00	215.95	211.37	115.68
Mg (mg/100g)	182.00	181.10	181,32	151.55
Zn (mg/100g)	2.55	3.21	3.38	3.77

Se observa que la variedad Cuarentín presentó valores superiores a los de referencia en las determinaciones siguientes: proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, y minerales como hierro, calcio y zinc; en cambio la variedad Tamazulapa presentó valores superiores a los de referencia en las determinaciones de humedad, ceniza, extracto libre de nitrógeno, y minerales como hierro, calcio y zinc por tanto ante el hecho que la población de menor poder adquisitivo no pueda tener acceso a frijol grano rojo tras el aumento de sus costos, puede considerarse viable el consumo de estas variedades de frijol común grano negro por presentar valores superiores a los de referencia que satisfacen las necesidades nutricionales de la población.

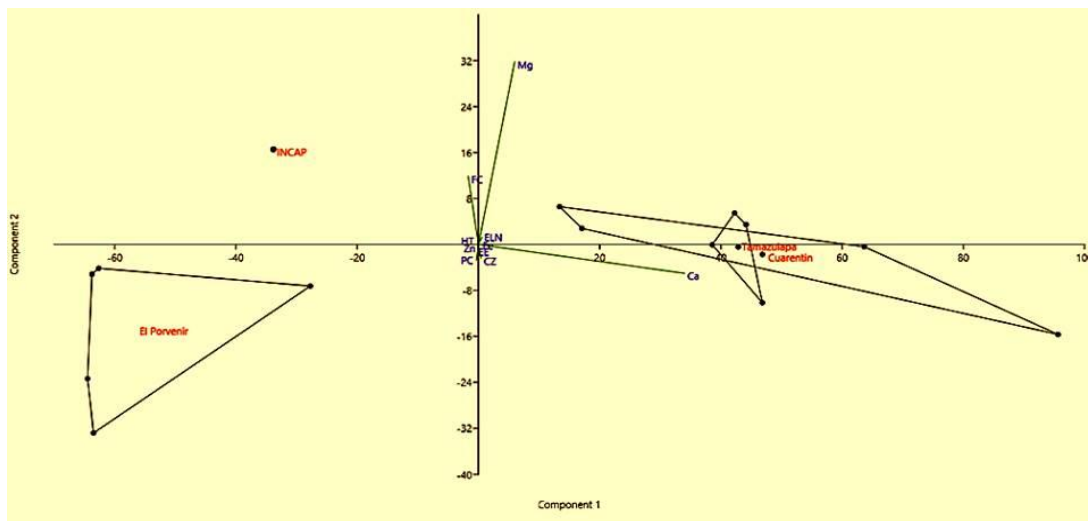


Figura N° 2. Representación gráfica (Biplot) de los resultados de análisis.

La figura N° 2 representa gráficamente la distribución de las medias de los valores del análisis bromatológico proximal y determinación de minerales de las variedades estudio de la Tabla N° 67, donde se observa que la variedad El Porvenir es la que más dispersa esta con respecto a los valores que presenta el INCAP y así mismo con respecto a las otras variedades, rescatándose además de lo anterior, que las variedad Cuarentín y Tamazulapa son las que presentan una mayor similitud entre ellas y no solo ello sino que también obtuvieron valores promedio mayores a los proporcionados por el INCAP, indicando que las tres variedades el Porvenir es la que posee menor calidad ya que está bajo los parámetros de análisis bromatológico proximal y determinación de minerales que presenta el INCAP y por ende es la variedad que presenta mayor diferencia de las tres variedades estudiadas. (Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir).

### 5.5 Artículo Científico

A continuación se presenta el artículo científico de la investigación realizada en las variedades de frijol común grano negro criollo (Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir) según formato del IICA. (13)

## **Determinación del análisis bromatológico proximal y calidad culinaria de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) grano negro criollo cultivado en la zona occidental de El Salvador.**

Hernández-Melgar, MA<sup>1\*</sup>, Martínez-Hernández, EG<sup>2\*</sup>, Carranza-Estrada, FA<sup>3\*</sup>, Bonilla-deTorres, BL<sup>4\*</sup>, Cuadra-Soto, JA<sup>5\*</sup>, Vivar-deFiguroa, ME<sup>6\*</sup>.

### **Resumen**

Esta investigación plantea una alternativa para paliar la problemática de no tener acceso a alimentos de buena calidad en cuanto a seguridad alimentaria y nutricional respecta, apostando a la utilización del *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) grano negro criollo como un recurso que aumente la calidad y seguridad alimenticia de las familias salvadoreñas. Para poder tener información del *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) grano negro criollo, se decidió llevar a cabo en tres variedades de frijol común grano negro criollo (Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir) cultivadas en la zona occidental de El Salvador la determinación de la calidad culinaria y el análisis bromatológico proximal, además el análisis de micronutrientes importantes como calcio, magnesio, hierro y zinc con el objeto de poder comparar los resultados y concluir cuál de estas variedades es la que mejor calidad posee tomando como parámetro comparativo los valores de las tablas de composición de alimentos del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá acerca del *Phaseolus vulgaris* L., con el desarrollo y finalización de las determinaciones analíticas realizadas y por medio del análisis de varianza de un factor y el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey y demostrando a través de una representación de datos multivariantes con un gráfico Biplot, que dos de las tres variedades (Cuarentín y Tamazulapa) en estudio de *Phaseolus vulgaris* L. presentan parámetros mayores en cuanto a calidad en análisis bromatológico, análisis de micronutrientes y calidad culinaria con respecto a los valores que se tienen como referencia y que por ende pueden incluirse como alternativa dentro de planes de desarrollo en cuanto a seguridad alimentaria y nutricional del país se refiere, recomendando de esta manera a instituciones y comisiones competentes que incluyan en sus programas la producción y el fomento en el consumo de granos de variedades criollas de frijol común grano negro, y en especial, las variedades mencionadas en este estudio.

**Palabras clave:** Seguridad alimentaria y nutricional, análisis bromatológico proximal, calidad culinaria, frijol común grano negro criollo, micronutrientes.

### **Abstract**

This research presents an alternative to shovel the problem of not having access to good quality food in terms of food and nutrition security is concerned, betting on the use of *Phaseolus vulgaris* L. (common bean) black beans creole as a resource to increase the quality and food safety of salvadorian families. In order to provide the *Phaseolus vulgaris* L. (common bean) black beans creole alternatively, it decided to take place at

1\*Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. El Salvador. (503) 6164-9704. [mariohdz10@hotmail.es](mailto:mariohdz10@hotmail.es)

2\*Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. El Salvador. (503) 6151-3447. [emersonhdz\\_5@hotmail.com](mailto:emersonhdz_5@hotmail.com)

3\*Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. El Salvador. (503) 7860-3568. [freddy.carranza@ues.edu.sv](mailto:freddy.carranza@ues.edu.sv)

4\*Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. El Salvador. (503) 7749-6582. [blanca.bonilla@ues.edu.sv](mailto:blanca.bonilla@ues.edu.sv)

5\*Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. El Salvador. (503) 6169-2016. [Juan.cuadra@ues.edu.sv](mailto:Juan.cuadra@ues.edu.sv)

6\*Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. El Salvador. (503) 7874-2037. [maria.vivar2@ues.edu.sv](mailto:maria.vivar2@ues.edu.sv)

three varieties of bean common creole black beans (Cuarentín, Tamazulapa and El Porvenir) grown in western El Salvador determining cooking quality and proximal compositional analysis also analysis of important micronutrients such as calcium, magnesium, iron and zinc in order to be able to compare the results and conclude which of these varieties is the best quality has

taken as a comparative parameter values tables of food composition of the Institute of Nutrition of Central America and Panama for *Phaseolus vulgaris* L., to the development and completion of the analyzes carried out and by analysis of variance and factor analysis Tukey honestly significant difference and demonstrating through a representation of multivariate data with graphic Biplot that two of the three varieties (Cuarentín and Tamazulapa) in *Phaseolus vulgaris* L. study have higher parameters in terms of quality compositional analysis, analysis of micronutrients and culinary quality with respect to securities held by reference and thus can be included as an alternative in development plans in terms of food and nutritional security of the country is concerned, thus recommending institutions and relevant committees to include in their programs promoting production and consumption of grains of native varieties of common bean black beans, and especially the varieties mentioned in this study.

**Keywords:** Food and nutrition security, proximal chemical composition analysis, cooking quality, common creole bean black grain, micronutrients.

## Introducción

El frijol es una leguminosa muy consumida en América Latina, forma parte básica de la dieta salvadoreña, siendo la variedad de frijol grano rojo la más consumida; esta variedad por diversos factores, ha disminuido su disponibilidad, dificultando su acceso y su consumo a una buena parte de la población, sin embargo, ante esta situación, el frijol común grano negro es una alternativa para cubrir la demanda de esta leguminosa, siendo también una alternativa a los programas de Estado que se enfocan en la seguridad alimentaria, en este caso a consumo y utilización biológica. Por lo tanto, es importante, establecer las características de calidad culinaria y sus nutrientes, por ser esta una fuente importante de proteína, carbohidratos, fibra y minerales.

Actualmente se desconoce las cualidades culinarias y bromatológicas del frijol común grano negro criollo cultivado en nuestro país, se cuenta con investigaciones internacionales que señalan que las variedades de frijol común presentan calidad aceptable (Serrano 2004) (Ulloa 2011), pero hay muy poca información nacional acerca de las variedades que se cultivan en especial los granos negros. Ante esta problemática, este estudio pretende investigar tres variedades criollas de frijol común grano negro de los cuales no se cuenta con la información de calidad culinaria y bromatológica de manera que los resultados sustenten la iniciativa de impulsar el consumo de estas variedades de frijol criollo, por medio de la difusión de este estudio como un insumo para la Seguridad Alimentaria y Nutricional, a través de los resultados obtenidos que han sido comparados con los valores nutricionales dados en tablas del Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP), y evaluar las diferencias significativas entre las tres variedades criollas de frijol común grano negro proporcionadas por el Centro

Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdoba (CENTA) en cuanto a nutrición y alimentación se refiere y de esta forma impulsar la utilización efectiva de dichas variedades promoviendo su consumo; y así mismo ser un recurso en el cual se puede apoyar el cumplimiento de la seguridad alimentaria y nutricional en nuestro país.

La parte experimental de la presente investigación comprende la determinación de la calidad culinaria del grano negro que consiste en: coeficiente de hidratación, tiempo de cocción, densidad del caldo y dimensiones del grano; así como el análisis bromatológico proximal que comprende la determinación de humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasas, y extracto libre de nitrógeno; al igual que minerales de importancia como hierro, calcio, magnesio y zinc, en tres variedades criollas de frijol común grano negro cultivados en la zona occidental del país cuyos nombres son: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir. La parte experimental fue llevada a cabo durante el mes de agosto y septiembre del año 2015 en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. La extensión de toda la investigación ha sido desde el mes de enero del año 2015 hasta el mes de febrero del año 2016.

Los resultados que se han obtenido en la investigación de las tres variedades de frijol común grano negro criollos, se tabularon y compararon entre sí y con las tablas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), la comparación de los resultados ha sido a través del análisis de varianza de un factor (ANOVA) y el análisis de diferencia significativa honesta de Tukey empleando excel, de manera que esta investigación presenta conclusiones y recomendaciones que son un insumo en el marco de la temática de la Seguridad Alimentaria y Nutricional para la inclusión de estas variedades dentro de las instituciones competentes, para su producción y fomento de su consumo.

### **Metodología**

Se realizaron los análisis para cada variedad de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo en el laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Primero se realizó la Determinación de la Calidad culinaria, que comprende: Tiempo de cocción, Coeficiente de Hidratación, Densidad del caldo y dimensiones del grano y posteriormente se realizó el Método de Wendee o Análisis Bromatológico Proximal que consiste en la determinación de humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasa, cenizas y carbohidratos en base seca. Así mismo se determinó la concentración de calcio, magnesio, hierro y zinc que son micronutrientes importantes dentro de la dieta humana, estos microelementos se determinaron a partir de las cenizas del análisis bromatológico proximal.

Las dos determinaciones citadas anteriormente se realizaron por duplicado para el caso de la Calidad Culinaria y quintuplicado para el análisis bromatológico proximal en cada variedad, para obtener una mayor precisión y exactitud en los datos y lograr con ello una mayor fiabilidad en los resultados.



### **Calidad culinaria.**

Según Guardado en 2014, se conoce la importancia de los frijoles (*Phaseolus spp.*) en la nutrición de los diferentes grupos humanos, de la misma forma se conocen los factores que condicionan su consumo, aparte de la cantidad disponible y que son fundamentales para el mejor o peor aprovechamiento de este alimento, y son:

- Forma de grano.
- Coeficiente de Hidratación.
- Tiempo de cocción
- Densidad del caldo.

Estos factores o la mayoría de ellos, de alguna manera están relacionados para la evaluación de la calidad del frijol cocido, de lo cual no se ha podido establecer una metodología universal, debido a que se utilizan pruebas sensoriales que son muy subjetivas; como, por ejemplo, para determinar la cocción utilizan el método de oprimir un grano entre los dedos (basándose en la textura del grano) o bien entre los dientes. Sin embargo, un frijol se evalúa de acuerdo a su textura suave.

### **Coeficiente de Hidratación**

Fundamento

El porcentaje del coeficiente de hidratación se determinó mediante la diferencia de peso de la muestra al inicio y el peso de la muestra luego de haber permanecido los granos en remojo en agua potable por un período específico de tiempo; dividido entre el peso de muestra inicial y se multiplica por 100.

Ecuación para determinar el coeficiente de hidratación.

$$\% \text{ Coeficiente de H} = \frac{[\text{Peso de muestra hidratada (g)} - (\text{Peso muestra inicial (g)})]}{\text{Peso de muestra inicial (g)}} \times 100$$

Se basa en la clasificación del grano de frijol por el peso y por la forma del grano, y midiendo la relación entre la longitud y anchura de grano de frijol, para determinar el índice entre dichas mediciones (Índice longitud-anchura).

Ecuación para determinar peso promedio de granos.

$$\text{Peso promedio de grano} = \frac{\Sigma \text{pesos de granos (g)}}{\text{N}^\circ \text{ de granos pesados}}$$

Ecuación para determinar índice longitud-anchura.

$$\text{Índice longitud-anchura de granos} = \frac{\text{Longitud de grano (mm)}}{\text{Anchura de grano (mm)}}$$

### **Tiempo de cocción**

#### Fundamento

El tiempo de cocción se determina a través de la evaluación sensorial del grano conforme avanza la cocción, en donde el sentido del gusto nos permite establecer el tiempo que el grano de frijol requiere para alcanzar la condición de textura adecuada para poder ser incluido en la dieta como alimento. De acuerdo al parámetro de tiempo de cocción puede clasificar el grano de frijol como “duro” o “blando”.

### **Densidad del caldo**

#### Fundamento

Se determina mediante la relación del peso y el volumen del caldo obtenido en la cocción de cada variedad. Se mide 10.0 mL de caldo en un balón volumétrico previamente tarado. La diferencia de peso del balón volumétrico de 10.0 mL aforado con caldo y el peso del balón volumétrico de 10.0 mL vacío permite conocer la densidad del caldo por variedad.

Ecuación para determinar la densidad del caldo.

$$\text{Densidad de caldo} = \frac{(\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)})}{10.0 \text{ mL}}$$

### **Análisis Bromatológico Proximal.**

Según la AOAC en 1980, el análisis se aplica en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos. Estos análisis nos indicarán el contenido de humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasas, ceniza y extracto libre de nitrógeno (Carbohidratos) en la muestra.

### **Preparación de la muestra**

Las tres variedades de frijol común grano negro se limpiaron quitando basura o cualquier otra impureza que contenían, posteriormente se cuartearon individualmente a manera de tomar una cantidad de muestra representativa para el análisis, la cual se hizo pasar por un molino de cuchillas marca Wiley Mill modelo estándar número 3, usando un tamiz de 0.20 – 0.25 mm. Posteriormente se realizó el análisis bromatológico proximal.

### **Determinación de Humedad**

#### Fundamento

La cantidad de agua se elimina por calentamiento de la muestra en una estufa de vacío a temperatura de 105 °C durante cinco horas y presión de 100 mm de Hg.

Ecuación para determinar la humedad.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

### **Determinación de cenizas**

#### Fundamento

La destrucción de la materia orgánica por incineración de cada muestra se lleva a cabo en un horno de mufla a temperatura de 550°C por un período de 2 horas, quedando sólo el material inorgánico llamado ceniza que no se destruye a esta temperatura.

Ecuación para determinar cenizas.

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

### **Determinación de nitrógeno proteico**

#### **Método micro kjeldahl**

#### Fundamento

Este método se divide en tres etapas:

- d) Digestión: destrucción de la materia orgánica por acción del ácido sulfúrico concentrado y caliente. Este actúa sobre la materia orgánica deshidratándola y carbonizándola. El carbón es oxidado y el nitrógeno reducido a amoníaco en presencia de reactivos específicos que actúan como catalizadores. El amoníaco desprendido queda fijado en el ácido sulfúrico como sulfato de amonio, que es estable en las condiciones de trabajo.
- e) Destilación: liberación del amoníaco formado, recogiendo en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio.
- f) El borato de amonio se titula con ácido clorhídrico empleando como indicador una mezcla de verde de bromocresol y rojo de metilo.

Ecuación para determinar proteína.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{mL HCl muestra}) \times N \text{ de HCl} \times 0.014 \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

0.014= Miliequivalente del nitrógeno.

% de proteína cruda = % Nitrógeno x 6.25.

### **Determinación de extracto etéreo**

#### Fundamento

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

Ecuación para determinar extracto etéreo.

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{\text{Peso de E.E}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

### **Determinación de fibra cruda**

Fundamento

Consiste en digerir la muestra desengrasada primero con ácido sulfúrico 1.25% y luego con hidróxido de sodio 1.25%, lavando el material después de cada digestión con suficiente agua destilada caliente hasta eliminación de ácido o álcali del material.

La muestra se lava después con etanol, se seca y calcina, calculándose el porcentaje de fibra obtenido después de la calcinación.

Ecuación para determinar fibra cruda.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{\text{Perdida de peso después de calcinada a } 600 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

### **Determinación de carbohidratos solubles o extracto libre de nitrógeno (E.L.N.)**

Esta fracción es calculada con base en las otras determinaciones:

Ecuación para determinar carbohidratos.

$$\% \text{ Extracto libre de nitrógeno o carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Cenizas} + \% \text{ Nitrógeno} + \% \text{ Extracto etéreo} + \% \text{ Fibra cruda}).$$

### **Análisis del contenido de micronutrientes por el Método Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama, (Método AOAC 985.35)**

Fundamento

Al suministrar una determinada cantidad de energía a un átomo cualquiera en estado fundamental ( $E_0$ ). Esta es absorbida por el átomo de tal forma que se incrementara el radio de giro de sus electrones de la capa externa llevando al átomo a un nuevo estado energético ( $E_1$ ) que llamamos excitado.

Cuando este vuelve a su estado fundamental cede una cantidad de energía cuantitativamente idéntica a su energía de excitación, emitiendo radiaciones a longitudes de onda determinada.

Cuando los átomos en estado fundamental se encuentran con las radiaciones que ellos mismos son capaces de emitir, se produce una absorción de las mismas, pasando los átomos del estado fundamental al excitado. El fenómeno de absorción de radiaciones a determinadas longitudes de onda en el caso particular en que el medio absorbente sean los átomos en estado fundamental, se conoce como espectroscopia de absorción atómica.

### **Diseño estadístico**

A cada uno de los resultados obtenidos para cada determinación del análisis de calidad culinaria y el análisis bromatológico proximal de las tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol común) grano negro criollo, se les realizó el análisis de varianza de un factor (ANOVA), basándose en la comparación de tres estimados de varianza común en las muestras de las tres variedades en estudio. Se estableció como hipótesis nula la igualdad de las medias en los resultados obtenidos en las tres variedades en estudio, el criterio de rechazo es tener un valor de  $P$  pequeño (0.05 o menos), con un valor  $P$  grande (mayor a 0.05) no se rechazaría, donde los términos vagos “pequeño” y “grande” se vuelven objetivos por medio del valor de  $P$  correspondiente con un límite de confianza del 95%. (Triola 2004).

En el caso de rechazo de la hipótesis que indica la igualdad de las medias en los resultados obtenidos, se evaluó por medio de la prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey. El criterio para establecer diferencia significativa entre dos pares de medias en la prueba de diferencia significativa honesta de Tukey (DSH) se basa en el hecho que el resultado como valor absoluto de la diferencia de las medias comparadas sea mayor al valor de DSH, si la diferencia de las medias comparadas es inferior al valor de DSH se establece que no hay diferencia significativa en las medias comparadas. Para la prueba del análisis de varianza de un factor (ANOVA) como para la diferencia significativa honesta de Tukey se utilizó una plantilla de Excel. Al final se hizo una representación de datos multivariantes con un gráfico Biplot, que demostro la dispersión de la distribución de las tres variables en estudio, contra los valores de referencia para el análisis bromatológico proximal.

### **Análisis de resultados**

Los resultados del cuadro N° 1 demuestran que para el análisis de la calidad culinaria, en la determinación del coeficiente de hidratación la variedad que más tiempo necesita para estar hidratada es la variedad El Porvenir (20 h), y aun así no está fuera de lo que dice la tabla de valores de referencia del INCAP (16-22 h), no así en el tiempo de cocción dado a que la variedad Tamazulapa, es la variedad que necesita mayor consumo de energía para poder tener una cochura adecuada, presentando un valor de 70 minutos que lo hace estar fuera de lo que las tablas del INCAP muestran (40min).

Por otra parte las tres variedades (Cuarentin, Tamazulapa y El Porvenir) presentan un tipo de caldo medio, de acuerdo a la densidad las tres variedades que oscila entre 0.9 y 1.2 g/mL. Al final los tres tipos de grano pueden clasificarse como grano grande para las variedades Cuarentin y El Porvenir de acuerdo al peso de grano de estas variedades que es mayor a 0.217 g, en tanto la variedad tamazulapa posee un grano pequeño de acuerdo al peso del mismo que es menor a 0.193 g.

**Cuadro N° 1.** Resumen de los resultados del análisis de Calidad Culinaria de las tres variedades en estudio frijol común grano negro criollo: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.

Determinación	Variedad Cuarentín	Variedad Tamazulapa	Variedad El Porvenir	INCAP
Coefficiente de Hidratación	18 h	18 h	20 h	16 – 22 h
Tiempo de cocción	40 min	70 min	50 min	40 min
Densidad del caldo (g/mL)	0.9997 Medio	1.0008 medio	1.0016 Medio	<0.9 g/mL claro 0.9 – 1.2 g/mL medio >1.2 g/mL espeso
	0.236 g Grande	0.184 g pequeño	0.283 g Grande	Peso del grano < 0.193 pequeño 0.193 g – 0.217 mediano >0.217 g grande
Dimensiones del grano	1.5238 mm Elíptico	1.6235 mm elíptico	1.6624 mm Oblongo o Arriñonado corto	Índice longitud-anchura 1.16 – 1.42 mm esférico 1.43 – 1.65 mm elíptico 1.66 – 1.85 mm oblongo o arriñonado corto 1.86 – 2.00 mm oblongo o arriñonado medio >2.00 mm oblongo o arriñonado largo

De acuerdo al índice longitud anchura la variedad Cuarentin y Tamazulapa poseen un grano del tipo elíptico, ya que el valor del índice longitud-anchura de ambas está entre 1.43-1.65 según las tablas de referencia del INCAP, al final se puede caracterizar al grano de la variedad El Porvenir como grano Oblongo o arriñonado corto ya que el valor de su índice longitud-anchura está entre 1.66-1.85.

**Cuadro N° 2.** Resumen de los resultados del análisis bromatológico proximal y análisis de micronutrientes de las tres variedades en estudio: Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir.

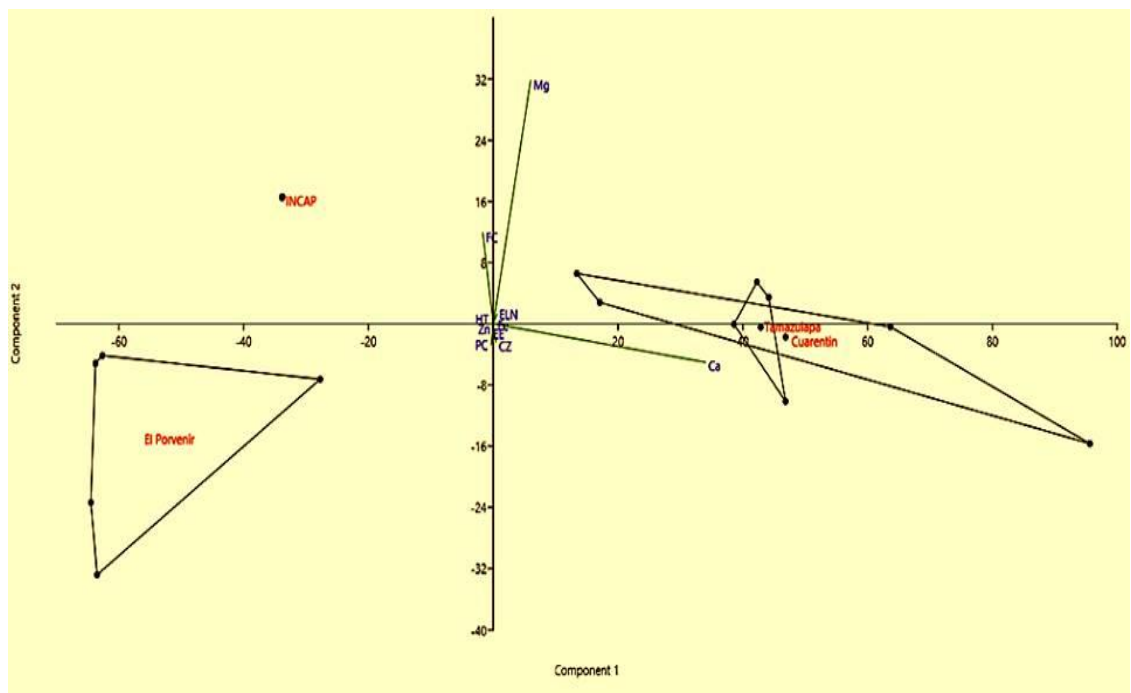
Determinación	INCAP	Variedad Cuarentín	Variedad Tamazulapa	Variedad El Porvenir
Humedad (%)	10.40	8.24	11.19	9.75
Proteína Cruda (%)	22.70	25.51	21.70	26.08
Extracto Etéreo (%)	1.60	2.22	1.20	1.86
Fibra Cruda (%)	18.37	3.92	3.99	3.60
Ceniza (%)	3.70	6.74	7.49	6.94
Extracto Libre de Nitrógeno (%)	61.60	60.36	64.65	60.01
Fe (mg/100g)	7.10	8.09	7.90	7.56
Ca (mg/100g)	134.00	215.95	211.37	115.68
Mg (mg/100g)	182.00	181.10	181,32	151.55
Zn (mg/100g)	2.55	3.21	3.38	3.77

Por otra parte el cuadro N° 2 muestra que de las tres variedades de frijol común grano negro criollo, la variedad El Porvenir es la que presenta la mayor cantidad de determinaciones con resultados menores a los valores de referencia del INCAP entre ellos están el porcentaje de humedad, fibra cruda, carbohidratos y los valores de referencia del INCAP entre ellos están el porcentaje de humedad, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno y los minerales.

Para interpretar los resultados de una mejor forma se elaboró una gráfica biplot.

Con la representación gráfica de la figura 1 podemos ver la distribución de las medias de las valores del análisis bromatológico proximal y determinación de minerales de las variedades estudio, donde se observa que la variedad El Porvenir es la que más dispersa esta con respecto a los valores que presenta el INCAP y así mismo con respecto a las otras variedades, rescatándose además de lo anterior, que las variedad Cuarentín y Tamazulapa son las que presentan una mayor similitud entre ellas y no solo ello sino que también obtuvieron valores promedio mayores a los proporcionados por el INCAP, indicando que las tres variedades el Porvenir es la que posee menor calidad ya que está bajo los parámetros de análisis bromatológico proximal y determinación de minerales que presenta el INCAP y por ende es la variedad que presenta mayor diferencia de las tres variedades estudiadas. (Cuarentin, Tamazulapa y El Porvenir).

**Figura N° 1.** Representación gráfica (Biplot) de los datos del análisis bromatológico proximal y determinación de minerales.



### Conclusiones

- Los resultados obtenidos del análisis de calidad culinaria (determinación de coeficiente de hidratación, dimensiones de grano, tiempo de cocción y densidad del caldo) de las variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) criollo grano negro, indica que hay diferencia significativas entre las tres variedades analizadas (Cuarentín, Tamazulapa y El Porvenir).
- En cuanto a la determinación y evaluación de la calidad culinaria, la variedad Cuarentín presentó mejores resultados en la determinación de coeficiente de hidratación y tiempo de cocción con respecto a las variedades Tamazulapa y El Porvenir, mostrando valores similares a los dados por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), siendo la variedad Cuarentín la que presenta mejor calidad culinaria.
- Los resultados obtenidos del análisis bromatológico proximal (Determinación de humedad, cenizas, proteína cruda, extracto étereo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno) y de minerales (determinación de calcio, magnesio, hierro y zinc) de las tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) criollo grano negro, indican



que si hay diferencia significativas entre las tres variedades, por lo que las tres variedades poseen distinta calidad bromatológica.

- De las variedades Cuarentin, Tamazulapa y El Porvenir de frijol común criollo grano negro, la variedad El Porvenir fue la que presentó mayor diferencia significativa con valores inferiores a los de referencia del INCAP, y también con respecto a las otras dos variedades en estudio, resultando que es la variedad que posee menor calidad desde el punto de vista del análisis bromatológico proximal.
- Las variedades Cuarentín y Tamazulapa presentaron resultados (en su mayoría) dentro de los valores de referencia del INCAP para el análisis bromatológico proximal y micronutrientes, por lo tanto, ambas variedades poseen buena calidad, en especial la variedad Cuarentin que posee un 25.51 % de proteína, y en cuanto a micronutrientes los valores obtenidos de hierro (8.09 mg / cada 100 g), calcio (215.95 mg / cada 100 g) y zinc (3.21 mg / cada 100 g), son superiores a los valores de referencia del INCAP.
- Las variedades criollas de frijol común grano negro criollo evaluadas en esta investigación tienen resultados cercanos a los valores de referencia del INCAP, demostrando así que pueden ser consumidas indistintamente, así mismo pueden ser consideradas dentro de la seguridad alimenticia y nutricional como un recurso importante dentro de la dieta de las familias salvadoreñas.

### **Recomendaciones**

- A futuros investigadores, realizar este tipo de trabajo a nivel nacional y no solamente por zonas para evaluar la calidad de las distintas variedades de frijol común criollo grano negro existente en nuestro país.
- Proponer a la Comisión Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CONASAN) la difusión de información del aporte nutricional de las variedades criollas de frijol común grano negro como un aliciente para solventar las necesidades de acceso a alimentos de buena calidad para la población salvadoreña, dando a conocer que no existe diferencia en la utilización de variedades criollas de frijol común grano negro, con respecto a otro tipo de variedades frijol común.
- Proponer a los estudiantes de la Universidad de El Salvador realizar investigaciones dentro del ámbito alimenticio y nutricional, en especial las que involucren las variedades criollas de frijol común grano negro para poder obtener mayor información de este tipo de granos.
- A futuros investigadores, ampliar el enfoque de análisis de la variedad criolla de frijol común grano negro para no limitarse a tener información solo del aporte nutricional o

alimenticio; sino también tener acceso a resultados de análisis microbiológicos, agronómicos y técnicos que ayuden a poder tomar una mejor decisión en la utilización de este tipo de variedades criollas.

### **Agradecimientos**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a los docentes asesores: MAE. María Elisa Vivar de Figueroa, MSc. Blanca Lorena Bonilla de Torres, Lic. Juan Agustín Cuadra Soto, MSc. Freddy Alexander Carranza Estrada; asimismo a los docentes del tribunal evaluador: MSc. Ena Edith Herrera Salazar y MSc. Eliseo Ernesto Ayala Mejía, quienes han dirigido el presente trabajo de investigación, por sus consejos, sugerencias, apoyo y enseñanzas determinantes para alcanzar los objetivos propuestos, Dios les bendiga.

Expresamos nuestra gratitud al M. Sc. Miguel Rafael Paniagua Cienfuegos por el apoyo y asesoría en el diseño estadístico del trabajo de investigación, así mismo al Ing. Carlos Reyes del Programa de Granos Básicos y al Ing. José Antonio López del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova (CENTA) por facilitarnos los contactos para la obtención de las muestras de granos de frijol común grano negro criollo cultivados en el occidente del país y su guía para la obtención de información valiosa en la investigación.

Agradecemos a los docentes y personal del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por su profesionalismo y su disponibilidad en el momento de consultar al ejecutar la parte experimental en el laboratorio del Departamento, Dios les bendiga.

Agradecemos a los agricultores del cacerío Cuenca Abajo del municipio de Chalchuapa y del municipio de El Porvenir por su amable atención y facilitación de las muestras de las variedades de frijol común grano negro criollo, deseando Dios les bendiga.

### **Bibliografía**

- AOAC (Asociación Oficial de Químicos y Analistas, US). 1980. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Sampling of Dairy Products. 30ª edición. BOX 540, Benjamin Franklin Station. Washinton DC. p. 238.
- Guardado, FA. 2014. Comparación de la Calidad culinaria y del análisis bromatológico proximal de la especie *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) variedad Chaparrastique y la importada de China (Tesis). San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. P. 148.
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, GT). 2012. Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Guatemala. Pp. 30, 35. P. 137.

- Serrano, J. GT 2004. Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (en línea), consultado el 23 de abril de 2015. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000100006](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100006)
- Triolla, M. 2004. Estadística (9 ed). México: Pearson Educación. p. 874.
- Ulloa, JA. 2011. El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Centro de Tecnología de alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit, México. p. 5.

CAPITULO VI  
CONCLUSIONES

## 6.0 CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos del análisis de calidad culinaria (Determinación de coeficiente de hidratación, dimensiones de grano, tiempo de cocción y densidad del caldo) de las variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) criollo grano negro, indica que hay diferencia significativas entre las tres variedades analizadas (Cuarentin, Tamazulapa y El Porvenir).
2. En cuanto a la determinación y evaluación de la calidad culinaria, la variedad Cuarentín presentó mejores resultados en la determinación de coeficiente de hidratación y tiempo de cocción con respecto a las variedades Tamazulapa y El Porvenir, mostrando valores similares a los dados por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), siendo la variedad Cuarentín la que presenta mejor calidad culinaria.
3. Los resultados obtenidos del análisis bromatológico proximal (Determinación de humedad, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno) y de minerales (determinación de calcio, magnesio, hierro y zinc) de las tres variedades de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) criollo grano negro, indican que hay diferencia significativas entre las tres variedades, por lo que las tres poseen distinta calidad bromatológica.
4. La variedad El Porvenir fue la que presentó mayor diferencia significativa con valores inferiores a los de referencia del INCAP, y también con respecto a las variedades Tamazulapa y Cuarentín, resultando que es la variedad que posee menor calidad desde el punto de vista del análisis bromatológico proximal.

5. Las variedades Cuarentín y Tamazulapa presentaron resultados (en su mayoría) dentro o superiores a los valores de referencia del INCAP para el análisis bromatológico proximal y micronutrientes, por lo tanto, las variedades antes mencionadas poseen buena calidad, en especial la variedad Cuarentin que posee un 25.51 % de proteína, y en cuanto a micronutrientes los valores obtenidos de hierro (8.09 mg / cada 100 g), calcio (215.95 mg / cada 100 g) y zinc (3.21 mg / cada 100 g).
  
6. Las variedades Cuarentín y Tamazulapa pueden ser consideradas dentro de los planes de Seguridad Alimentaria y Nutricional por presentar valores superiores a los de referencia de las tablas del INCAP para el análisis bromatológico proximal y micronutrientes y así promover su consumo como parte de la dieta de las familias salvadoreñas.

CAPITULO VII  
RECOMENDACIONES

## 7.0 RECOMENDACIONES

1. Que futuros investigadores, realicen este tipo de trabajo a nivel nacional y no solamente por zonas para evaluar la calidad de las distintas variedades de frijol común grano negro criollo existente en nuestro país.
2. Que se proponga a la Comisión Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CONASAN) la difusión de información del aporte nutricional de las variedades de frijol común grano negro criollo como un aliciente para solventar las necesidades de acceso a alimentos de buena calidad para la población salvadoreña, dando a conocer que no existe diferencia en la utilización de variedades criollas de frijol común grano negro, con respecto a variedades de frijol común grano rojo.
3. A los estudiantes de la Universidad de El Salvador que realicen investigaciones dentro del ámbito alimenticio y nutricional, en especial las que involucren las variedades criollas de frijol común grano negro para poder obtener mayor información de este tipo de granos.
4. Que futuros investigadores, amplien el enfoque de análisis de la variedad criolla de frijol común grano negro para no limitarse a tener información solo del aporte nutricional o alimenticio; sino también tener acceso a resultados de análisis microbiológicos, agronómicos y técnicos que ayuden a poder tomar una mejor decisión en la utilización de este tipo de variedades criollas.



## BIBLIOGRAFIA

1. Aguirre Santos, E. A., & Gómez Aldapa, C. A. (2010). Evaluación de las características fisicoquímicas en la especie de frijol *Phaseolus Vulgaris* de las variedades: Pinto Saltillo, Bayo Victoria y Negro San Luis. Facultad de Ciencias Biológicas, FH1101-FH1106.
2. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) . (1980). Oficial Methods of Analysis (13 ed). Washington.
3. Avelar, L. M. (3 de Septiembre de 2014). La Prensa Gráfica. Disponible: <http://www.laprensagrafica.com/2014/09/03/aumenta-venta-de-frijol-negro-en-los-mercados>
4. Bateman, J. (1970). Nutrición Animal, Manual de Métodos Análíticos. Herrero, México.
5. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Alvarez Córdova (CENTA). (2011). Guía Técnica para el Manejo de Variedades de Frijol. San Salvador: Autor.
6. Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CONASAN). (2011). Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional. San Salvador, El Salvador: Autor.
7. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales. (28 de marzo de 2015). [www.fenalce.org](http://www.fenalce.org). Disponible: [http://www.fenalce.org/arch\\_public/frijol93.pdf](http://www.fenalce.org/arch_public/frijol93.pdf)
8. Gary, D. (1990). Química Analítica. México: Ed. Limusa.
9. Gilchrist, S. (1967). A practical course in Agricultural Chemistry. Londres: Pergamen Press.
10. Granito, M., Guinand, J., & Pérez, D. (2006). Composición Química y Nutricional de Variedades de *Phaseolus Vulgaris* cultivadas en Venezuela. Maracay, Venezuela: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP).

11. Guardado, F. A. (2014). Comparación de la Calidad culinaria y del análisis bromatológico proximal de la especie *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común) variedad Chaparrastique y la importada de China (Tesis). San Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia.
12. Harris, L. (1970). Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Florida: Universidad de Florida, Center for Tropical Agriculture.
13. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (2000). Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas del IICA y CATIE. Costa Rica. [www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr). Disponible: [biblioteca.catie.ac.cr/descargas/Normas\\_de\\_redaccion.pdf](http://biblioteca.catie.ac.cr/descargas/Normas_de_redaccion.pdf).
14. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). (2012). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Guatemala: Autor.
15. La Prensa Gráfica. (19 de Octubre de 2010). [www.laprensagrafica.com](http://www.laprensagrafica.com). Disponible: <http://www.laprensagrafica.com/elsalvador/departamentos/147430-importancia-del-frijol-en-la-dieta-de-los-salvadorenos>
16. La Prensa Gráfica. (8 de Agosto de 2014). [www.laprensagrafica.com](http://www.laprensagrafica.com). Disponible: <http://www.laprensagrafica.com/2014/08/08/quintal-de-frijol-llego-a-los-120-en-san-salvador>
17. López, L. F. (2010). Explotación de la nueva variación genética y mejora genética del complejo de *Phaseolus vulgaris* L. Pontevedra, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
18. M. de Rodríguez, B. (1980). Análisis de Alimentos. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
19. Maluf, R. S. (2009). Seguridad Alimentaria y Nutricional: un enfoque de derecho y soberanía. Ecuador: CAFOLIS.
20. Marencos, A. (1989). Análisis químico de los alimentos del ganado como base para la estimación de su valor nutritivo. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

21. Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica. (Febrero de 2011). [www.fao.org](http://www.fao.org). Disponible: <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
22. Rosales, M. R. (2004). Evaluación de nueve materiales de frijol de vara (*Phaseolus vulgaris* L.) en calidad de cocción y aceptabilidad, provenientes de la región suroccidental de Guatemala. Mazatenango: Universidad de San Carlos: Dirección General de Investigación.
23. Serrano, J. (2004). Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
24. Triolla, M. (2004). Estadística (9 ed). México: Pearson Educación.
25. Ulloa, J. A. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Centro de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Nayarit, México, 5-9.

## **ANEXOS**

**ANEXO Nº 1**

**PREPARACIÓN DE REACTIVOS PARA EL ANALISIS  
BROMATOLOGICO PROXIMAL**

**Preparación de reactivos para el Análisis Bromatológico Proximal. (1) (3) (6)  
(7) (10) (12) (14)**

**Determinación de nitrógeno proteico (N)**

**Procedimiento de preparación de reactivos**

**Mezcla de catalizador**

- Pesar en balanza semianalítica o granataria 15.6 g de sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ ).
- Pesar en una balanza analítica 0.06 g de sulfato de cobre pentahidratado ( $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$ ).
- Mezclar ambos reactivos y almacenar en contenedor cerrado.

**Solución de ácido sulfúrico sulfúrico 0.025 N**

- Medir 55 mL de ácido sulfúrico sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ).
- Colocar en un balón de 500 mL.
- Aforar con agua destilada hasta la marca.

**Solución de ácido bórico al 4%**

- Pesar 4g de ácido bórico ( $H_3BO_4$ ) en una balanza semianalítica.
- Colocar en balón volumétrico de 100 mL y aforar con agua destilada a la marca.

**Solución de hidróxido de sodio al 40%**

- Pesar 40 g de hidróxido de sodio (NaOH) en un beaker de 100 mL, sobre una balanza granataria.
- Disolver con agua destilada.
- Arrastrar a un balón volumétrico de 100 mL y aforar con agua destilada.

## **Determinación de fibra cruda**

### **Procedimiento de preparación de reactivos**

- Solución ácido sulfúrico. 0.255 más o menos 0.005 N.
- Disolver 1.25 g. de ácido sulfúrico concentrado en 800 mL de agua destilada y aforar a 1000 mL con agua destilada.
- Solución hidróxido de sodio 0.313 más o menos 0.005 N. destilada y completar a 1000mL
- Alcohol metílico, etílico o isopropílico. Calidad Reactivo analítico.
- Indicador anaranjado metílico al 1% en alcohol etílico.
- Indicador fenolftaleína al 1% en alcohol etílico.
- Fibra de asbesto preparada. Calentar en una cápsula de porcelana fibra de asbesto ácida a una temperatura de 600°C durante 16 horas. Enfriar y digerir media hora con solución de ácido sulfúrico 1.25%, lavar con agua caliente, digerir nuevamente media hora con solución de hidróxido de sodio 1.25%, lavar con agua, secar y calcinar durante dos horas a 600°C en horno o mufla.

## **Determinación de Calcio**

### **Procedimiento de preparación de soluciones estándares.**

Solución madre de 20.0 ppm a partir de solución de 1000 ppm de Calcio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (20.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(1000 \text{ ppm})$$

$$V_1= 2.0 \text{ mL de solución de 1000 ppm de Calcio.}$$

Solución estándar de 0.3 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Calcio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (0.3 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1= 1.5 \text{ mL}$  de solución madre de 20.0 ppm de Calcio

Solución estándar de 2.0 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Calcio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (2.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1= 10.0 \text{ mL}$  de solución madre de 20.0 ppm de Calcio

Solución estándar de 6.0 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Calcio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (6.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1= 30.0 \text{ mL}$  de solución madre de 20.0 ppm de Calcio

## **Determinación de Hierro**

### **Procedimiento de preparación de soluciones estándares**

Solución madre de 20.0 ppm a partir de solución de 1000 ppm de Hierro (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (20.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(1000 \text{ ppm})$$

$V_1= 2.0 \text{ mL}$  de solución de 1000 ppm de Hierro

Solución estándar de 0.3 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Hierro (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$



$$V_1 = (0.3 \text{ ppm}) (100 \text{ mL}) / (20.0 \text{ ppm})$$

$V_1 = 1.5 \text{ mL}$  de solución madre de 20.0 ppm de Hierro

Solución estándar de 2.0 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Hierro (100 mL).

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \qquad V_1 = C_2 V_2 / C_1$$

$$V_1 = (2.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL}) / (20.0 \text{ ppm})$$

$V_1 = 10.0 \text{ mL}$  de solución madre de 20.0 ppm de Hierro

Solución estándar de 6.0 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Hierro (100 mL).

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \qquad V_1 = C_2 V_2 / C_1$$

$$V_1 = (6.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL}) / (20.0 \text{ ppm})$$

$V_1 = 30.0 \text{ mL}$  de solución madre de 20.0 ppm de Hierro

## **Determinación de Zinc**

### **Procedimiento de preparación de soluciones estándares**

Solución madre de 20.0 ppm a partir de solución de 1000 ppm de Zinc (100 mL).

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \qquad V_1 = C_2 V_2 / C_1$$

$$V_1 = (20.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL}) / (1000 \text{ ppm})$$

$V_1 = 2.0 \text{ mL}$  de solución de 1000 ppm de Zinc

Solución estándar de 0.05 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Zinc (100 mL).

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \qquad V_1 = C_2 V_2 / C_1$$

$$V_1 = (0.05 \text{ ppm}) (100 \text{ mL}) / (20.0 \text{ ppm})$$

$V_1 = 0.25$  mL de solución madre de 20.0 ppm de Zinc

Solución estándar de 0.1 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Zinc (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (0.1 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1 = 0.5$  mL de solución madre de 20.0 ppm de Zinc

Solución estándar de 0.5 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Zinc (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (0.5 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1 = 2.5$  mL de solución madre de 20.0 ppm de Zinc

Solución estándar de 1.0 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Zinc (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (1.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1 = 5.0$  mL de solución madre de 20.0 ppm de Zinc

## **Determinación de Magnesio**

### **Procedimiento de preparación de soluciones estándares**

Solución madre de 20.0 ppm a partir de solución de 1000 ppm de Magnesio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (20.0 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(1000 \text{ ppm})$$

$V_1 = 2.0$  mL de solución de 1000 ppm de Magnesio.

Solución estándar de 0.05 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Magnesio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (0.05 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1= 0.25$  mL de solución madre de 20.0 ppm de Magnesio

Solución estándar de 0.1 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Magnesio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (0.1 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1= 0.5$  mL de solución madre de 20.0 ppm de Magnesio

Solución estándar de 0.25 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Magnesio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (0.25 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1= 1.25$  mL de solución madre de 20.0 ppm de Magnesio

Solución estándar de 0.50 ppm a partir de solución madre de 20.0 ppm de Magnesio (100 mL).

$$C_1V_1=C_2V_2 \qquad V_1= C_2V_2/C_1$$

$$V_1= (0.50 \text{ ppm}) (100 \text{ mL})/(20.0 \text{ ppm})$$

$V_1= 2.50$  mL de solución madre de 20.0 ppm de Magnesio

**ANEXO N° 2.**

**RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA CALIDAD CULINARIA DE LAS  
VARIEDADES CUARENTIN, TAMAZULAPA Y EL PORVENIR**

**a) Análisis de Coeficiente de Hidratación**

**Variedad Cuarentín**

Tabla N° 68. Resultados de primera repetición del análisis del coeficiente de hidratación para la variedad Cuarentín.

<b>Hora</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Diferencia (g)</b>	<b>Coeficiente (%)</b>
4	100.2	168.8	68.6	68.46
8	100.1	192.8	92.7	92.61
12	100.1	194.5	94.4	94.31
16	100.1	198.8	98.7	98.60
18	100.0	205.3	105.3	105.30
20	100.2	198.8	98.6	98.40
22	100.1	198.9	98.8	98.70
24	100.0	199.5	99.5	99.50

Tabla N° 69. Resultados de segunda repetición del análisis del coeficiente de hidratación para la variedad Cuarentín

<b>Hora</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Diferencia (g)</b>	<b>Coeficiente (%)</b>
4	100.0	167.4	67.4	67.40
8	100.0	193.1	93.1	93.10
12	100.0	194.4	94.4	94.40
16	100.1	198.6	98.5	98.40
18	100.1	204.8	104.7	104.60
20	100.0	199.0	99.0	99.00
22	100.1	198.8	98.7	98.60
24	100.0	199.8	99.8	99.80

## Variedad Tamazulapa

Tabla N° 70. Resultados de primera repetición del análisis del coeficiente de hidratación para la variedad Tamazulapa.

<b>Hora</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Diferencia (g)</b>	<b>Coeficiente (%)</b>
4	100.0	185.4	85.4	85.40
8	100.2	191.0	90.8	90.62
12	100.1	195.0	94.9	94.81
16	100.1	198.8	98.7	98.60
18	100.0	200.2	100.2	100.20
20	100.0	199.0	99.0	99.00
22	100.0	200.0	100.0	100.00
24	100.0	200.3	100.3	100.30

Tabla N° 71. Resultados de segunda repetición del análisis del coeficiente de hidratación para la variedad Tamazulapa.

<b>Hora</b>	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Diferencia (g)</b>	<b>Coeficiente (%)</b>
4	100.1	184.79	84.69	84.61
8	100.0	190.20	90.20	90.20
12	100.0	194.00	94.00	94.00
16	100.1	197.70	97.60	97.50
18	100.0	200.04	100.04	100.04
20	100.0	199.12	99.12	99.12
22	100.0	200.21	100.21	100.21
24	100.0	199.40	99.40	99.40

### Variedad El Porvenir

Tabla N° 72. Resultados de primera repetición del análisis del coeficiente de hidratación para la variedad El Porvenir.

Hora	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia (g)	Coeficiente (%)
4	100.2	181.1	80.9	80.74
8	100.2	196.2	96.0	95.81
12	100.1	197.8	97.7	97.60
16	100.2	199.6	99.4	99.20
18	100.2	200.9	100.7	100.50
20	100.3	201.2	100.9	100.60
22	100.1	200.1	100.0	99.90
24	100.2	202.4	102.2	102.00

Tabla N° 73. Resultados de segunda repetición del análisis del coeficiente de hidratación para la variedad El Porvenir.

Hora	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia (g)	Coeficiente (%)
4	100.2	180.31	80.11	79.95
8	100.0	194.4	94.4	94.40
12	100.1	197.8	97.7	97.60
16	100.1	199.4	99.3	99.20
18	100.1	200.6	100.5	100.40
20	100.0	200.9	100.9	100.90
22	100.0	200.2	100.2	100.20
24	100.1	200.5	100.4	100.30

## b) Análisis de Dimensiones del grano

### Análisis de Forma de grano por variedad

Tabla N° 74. Resultados de la determinación de masa para el análisis de forma de grano para la variedad Cuarentín.

N° Granos	Determinacion 1	Determinacion 2
	Peso (g)	Peso (g)
1	0.335	0.237
2	0.256	0.195
3	0.263	0.204
4	0.227	0.289
5	0.231	0.200
6	0.216	0.168
7	0.196	0.174
8	0.282	0.226
9	0.176	0.209
10	0.234	0.249
11	0.219	0.257
12	0.256	0.203
13	0.236	0.324
14	0.283	0.278
15	0.197	0.263
16	0.230	0.181
17	0.241	0.243
18	0.174	0.308
19	0.230	0.278
20	0.207	0.254
21	0.231	0.277
22	0.185	0.213
23	0.261	0.227
24	0.272	0.221
25	0.205	0.255
Media	0.234	0.237



Tabla N° 75. Resultados de la determinación de masa para el análisis de forma de grano para la variedad El Porvenir.

N° de Granos	Determinacion 1	Determinacion 2
	Peso (g)	Peso (g)
1	0.262	0.239
2	0.278	0.259
3	0.351	0.253
4	0.289	0.285
5	0.257	0.279
6	0.233	0.278
7	0.268	0.245
8	0.352	0.277
9	0.412	0.224
10	0.358	0.395
11	0.207	0.349
12	0.279	0.292
13	0.302	0.267
14	0.327	0.300
15	0.271	0.265
16	0.398	0.297
17	0.236	0.245
18	0.237	0.223
19	0.350	0.253
20	0.334	0.190
21	0.339	0.251
22	0.246	0.323
23	0.235	0.258
24	0.228	0.278
25	0.234	0.318
Media	0.291	0.274

Tabla N° 76. Resultados de la determinación de masa para el análisis de forma de grano para la variedad Tamazulapa.

N° de Granos	Determinacion 1	Determinacion 2
	Peso (g)	Peso (g)
1	0.197	0.167
2	0.169	0.176
3	0.250	0.208
4	0.166	0.176
5	0.153	0.195
6	0.164	0.111
7	0.278	0.195
8	0.202	0.247
9	0.177	0.183
10	0.164	0.179
11	0.181	0.186
12	0.149	0.200
13	0.181	0.244
14	0.126	0.174
15	0.184	0.181
16	0.191	0.117
17	0.162	0.222
18	0.156	0.205
19	0.206	0.172
20	0.182	0.163
21	0.159	0.271
22	0.187	0.196
23	0.172	0.185
24	0.193	0.175
25	0.127	0.176
Media	0.179	0.188

### Análisis de índice longitud – anchura

Tabla N° 77. Resultados primera repetición de la determinación de índice longitud – anchura para granos de la variedad Cuarentín.

N°	Indice longitud anchura	N°	Indice longitud anchura	N°	Indice longitud anchura	N°	Indice longitud anchura
1	1.5691	26	1.6006	51	1.4756	76	1.3866
2	1.5137	27	1.6415	52	1.5120	77	1.4478
3	1.5572	28	1.4806	53	1.5166	78	1.5305
4	1.6508	29	1.5226	54	1.5387	79	1.5021
5	1.5061	30	1.4863	55	1.5377	80	1.5537
6	1.4804	31	1.5601	56	1.6529	81	1.6090
7	1.4167	32	1.5539	57	1.5252	82	1.6624
8	1.5410	33	1.6511	58	1.4547	83	1.4658
9	1.4753	34	1.4290	59	1.5035	84	1.4075
10	1.2996	35	1.5844	60	1.4597	85	1.5585
11	1.5692	36	1.4867	61	1.4386	86	1.5905
12	1.6340	37	1.5593	62	1.3929	87	1.4388
13	1.5229	38	1.5296	63	1.5063	88	1.4985
14	1.5340	39	1.5463	64	1.5096	89	1.4870
15	1.5000	40	1.4588	65	1.6398	90	1.4891
16	1.6194	41	1.7304	66	1.5878	91	1.5153
17	1.5871	42	1.5492	67	1.5634	92	1.4910
18	1.5833	43	1.5534	68	1.5219	93	1.4689
19	1.5534	44	1.4859	69	1.4605	94	1.4122
20	1.4614	45	1.3882	70	1.6154	95	1.5243
21	1.5915	46	1.6016	71	1.4852	96	1.5205
22	1.5249	47	1.5306	72	1.4528	97	1.4371
23	1.5294	48	1.5341	73	1.6745	98	1.3839
24	1.4769	49	1.5671	74	1.6310	99	1.5479
25	1.4774	50	1.4922	75	1.4561	100	1.5109

Tabla N° 78. Resultados segunda repetición de la determinación de índice longitud – anchura para granos de la variedad Cuarentín.

N°	Índice longitud anchura	N°	Índice longitud anchura	N°	Índice longitud anchura	N°	Índice longitud anchura
1	1.5846	26	1.6042	51	1.4912	76	1.3890
2	1.4268	27	1.6558	52	1.5674	77	1.4592
3	1.5579	28	1.4716	53	1.5363	78	1.5465
4	1.6180	29	1.5210	54	1.5738	79	1.4537
5	1.4855	30	1.5140	55	1.5401	80	1.5302
6	1.4791	31	1.5655	56	1.6519	81	1.6293
7	1.4255	32	1.6338	57	1.5323	82	1.6186
8	1.5545	33	1.6299	58	1.4540	83	1.4702
9	1.4894	34	1.5345	59	1.4951	84	1.4368
10	1.2820	35	1.5844	60	1.4522	85	1.5209
11	1.5593	36	1.5630	61	1.2354	86	1.5859
12	1.6192	37	1.5593	62	1.3915	87	1.4388
13	1.5199	38	1.5215	63	1.5035	88	1.4934
14	1.5112	39	1.5772	64	1.5007	89	1.4857
15	1.4917	40	1.4690	65	1.6472	90	1.5076
16	1.6390	41	1.7054	66	1.5878	91	1.5145
17	1.5967	42	1.5000	67	1.5429	92	1.4992
18	1.5882	43	1.5696	68	1.5212	93	1.5148
19	1.5551	44	1.5201	69	1.4747	94	1.4019
20	1.4962	45	1.3857	70	1.6084	95	1.5342
21	1.6421	46	1.5649	71	1.5022	96	1.5196
22	1.5344	47	1.5256	72	1.4589	97	1.4332
23	1.5179	48	1.5537	73	1.6971	98	1.3582
24	1.4647	49	1.5825	74	1.6412	99	1.5613
25	1.5022	50	1.4649	75	1.5789	100	1.5087

Tabla N° 79. Resultados de primera repetición de la determinación de índice longitud – anchura para granos de la variedad El Porvenir.

N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura
1	1.4483	26	1.8379	51	1.8140	76	1.7054
2	1.6481	27	1.7226	52	1.6089	77	1.5740
3	1.7096	28	1.6199	53	1.6097	78	1.7669
4	1.5769	29	1.6765	54	1.6591	79	1.4756
5	1.5735	30	1.9614	55	1.7389	80	1.5948
6	1.6035	31	1.5218	56	1.6612	81	1.5653
7	1.6681	32	1.8698	57	1.5730	82	1.6167
8	1.6755	33	1.6499	58	1.7824	83	1.6310
9	1.7156	34	1.6818	59	1.4808	84	1.6711
10	1.6571	35	1.6577	60	1.6706	85	1.8615
11	1.7647	36	1.5869	61	1.5574	86	1.7414
12	1.6074	37	1.6929	62	1.7253	87	1.4749
13	1.6952	38	1.6360	63	1.6314	88	1.5886
14	1.5501	39	1.7886	64	1.6110	89	1.7981
15	1.7775	40	1.5126	65	1.4543	90	1.5545
16	1.5433	41	1.6281	66	1.8597	91	1.6172
17	1.6290	42	1.7188	67	1.6498	92	1.6589
18	1.5867	43	1.6448	68	1.6307	93	1.7051
19	1.8509	44	1.6891	69	1.7348	94	1.6416
20	1.9547	45	1.7932	70	1.7545	95	1.5140
21	1.5895	46	1.5148	71	1.7307	96	1.5770
22	1.5446	47	1.6198	72	1.6947	97	1.5810
23	1.5199	48	1.5519	73	1.7839	98	1.8984
24	1.7063	49	1.6647	74	1.7201	99	1.5706
25	1.8275	50	1.6179	75	1.5980	100	1.6316

Tabla N° 80. Resultados de segunda repetición de la determinación de índice longitud – anchura para granos de la variedad El Porvenir.

N°	Indice Longitud anchura	N°	Indice Longitud anchura	N°	Indice Longitud anchura	N°	Indice Longitud anchura
1	1.4474	26	1.8368	51	1.8523	76	1.7389
2	1.6657	27	1.6250	52	1.6003	77	1.5702
3	1.7321	28	1.5299	53	1.5338	78	1.7496
4	1.5704	29	1.6706	54	1.6338	79	1.4756
5	1.5665	30	1.7742	55	1.7423	80	1.5891
6	1.6144	31	1.5176	56	1.9011	81	1.8311
7	1.6622	32	1.9080	57	1.5730	82	1.5603
8	1.6662	33	1.6554	58	1.8000	83	1.5916
9	1.7807	34	1.6141	59	1.4781	84	1.6721
10	1.6530	35	1.5282	60	1.6949	85	1.9438
11	1.6236	36	1.6193	61	1.5574	86	1.7479
12	1.5636	37	1.6671	62	1.7149	87	1.4772
13	1.7523	38	1.6370	63	1.5994	88	1.5883
14	1.5718	39	1.8718	64	1.6213	89	1.7773
15	1.8174	40	1.5091	65	1.4798	90	1.5384
16	1.5273	41	1.6496	66	1.8926	91	1.5878
17	1.6766	42	1.6974	67	1.6534	92	1.8026
18	1.5904	43	1.6696	68	1.6312	93	1.7168
19	1.8405	44	1.7366	69	1.7566	94	1.6200
20	1.9677	45	1.7932	70	1.7358	95	1.5510
21	1.5890	46	1.6814	71	1.6964	96	1.5634
22	1.5421	47	1.6382	72	1.6708	97	1.5332
23	1.5166	48	1.5880	73	1.6576	98	1.9056
24	1.8037	49	1.6755	74	1.7196	99	1.5818
25	1.8264	50	1.6323	75	1.6009	100	1.6330

Tabla N° 81. Resultados de primera repetición de la determinación de índice longitud – anchura para granos de la variedad Tamazulapa.

N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura
1	1.4391	26	1.6651	51	1.6300	76	1.4434
2	1.6030	27	1.7264	52	1.6913	77	1.5263
3	1.7280	28	1.6410	53	1.6673	78	1.6817
4	1.5488	29	1.7072	54	1.5757	79	1.7106
5	1.5753	30	1.6636	55	1.6018	80	1.6433
6	1.6403	31	1.6926	56	1.7701	81	1.7062
7	1.5429	32	1.5748	57	1.6135	82	1.6230
8	1.5881	33	1.6176	58	1.6109	83	1.7576
9	1.7237	34	1.6109	59	1.5844	84	1.6194
10	1.6230	35	1.7054	60	1.5886	85	1.5466
11	1.5874	36	1.5498	61	1.5151	86	1.6559
12	1.7224	37	1.6541	62	1.5614	87	1.7162
13	1.6640	38	1.5807	63	1.6240	88	1.6444
14	1.6212	39	1.6678	64	1.5290	89	1.4304
15	1.7134	40	1.7258	65	1.6887	90	1.6703
16	1.5523	41	1.5016	66	1.5329	91	1.6574
17	1.6952	42	1.6396	67	1.5900	92	1.6579
18	1.7616	43	1.6995	68	1.6301	93	1.7856
19	1.6074	44	1.6126	69	1.7207	94	1.7473
20	1.5947	45	1.6801	70	1.5385	95	1.5987
21	1.6584	46	1.6494	71	1.8632	96	1.6121
22	1.5942	47	1.7010	72	1.6051	97	1.6357
23	1.4948	48	1.6027	73	1.5262	98	1.4713
24	1.5785	49	1.7914	74	1.6736	99	1.5637
25	1.6604	50	1.6542	75	1.5789	100	1.6349

Tabla N° 82. Resultados de segunda repetición de la determinación de índice longitud – anchura para granos de la variedad Tamazulapa.

N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura	N°	Índice Longitud Anchura
1	1.4067	26	1.6822	51	1.6280	76	1.4437
2	1.5079	27	1.7218	52	1.7211	77	1.5526
3	1.7456	28	1.6048	53	1.6643	78	1.6866
4	1.5798	29	1.7156	54	1.5763	79	1.7061
5	1.6926	30	1.7215	55	1.5757	80	1.6344
6	1.6880	31	1.5886	56	1.6222	81	1.7868
7	1.5429	32	1.5881	57	1.6270	82	1.6239
8	1.4783	33	1.5311	58	1.5406	83	1.8757
9	1.5975	34	1.5696	59	1.5748	84	1.6403
10	1.6367	35	1.6716	60	1.5997	85	1.5699
11	1.5761	36	1.5443	61	1.5409	86	1.9082
12	1.6661	37	1.6388	62	1.5243	87	1.6767
13	1.5807	38	1.6123	63	1.6536	88	1.6683
14	1.6263	39	1.6056	64	1.5579	89	1.4566
15	1.6743	40	1.5736	65	1.6362	90	1.6574
16	1.5550	41	1.5361	66	1.5524	91	1.6545
17	1.6715	42	1.5607	67	1.5937	92	1.5944
18	1.7567	43	1.7247	68	1.6207	93	1.7691
19	1.5753	44	1.5745	69	1.7228	94	1.7313
20	1.6056	45	1.6045	70	1.6204	95	1.5881
21	1.4839	46	1.5910	71	1.8679	96	1.6067
22	1.5472	47	1.4798	72	1.6319	97	1.4598
23	1.6469	48	1.7438	73	1.5483	98	1.4536
24	1.5772	49	1.5259	74	1.5837	99	1.5728
25	1.6720	50	1.4904	75	1.6399	100	1.5894



### c) Análisis de Tiempo de Cocción

Tabla N° 83. Resultados de tiempo de cocción para las variedades en estudio.

<b>VARIEDAD CUARENTIN</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>VARIEDAD EL PORVENIR</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>VARIEDAD TAMAZULAPA</b>	<b>Tiempo (min)</b>
Repetición 1	35	Repetición 1	44	Repetición 1	68
Repetición 2	38	Repetición 2	48	Repetición 2	69
Media	36,5	Media	46	Media	68,5

### d) Análisis de Densidad del Caldo

Tabla N° 84. Resultados de Densidad del Caldo para las variedades en estudio.

<b>Variedad</b>	<b>Repetición</b>	<b>Volumen de caldo (mL)</b>	<b>Balón vacío (g)</b>	<b>Balón más caldo (g)</b>	<b>Masa de caldo (g)</b>	<b>Densidad (g/mL)</b>	<b>Media Densidad (g/mL)</b>
Cuarentín	1	10.0	14.541	24.561	10.020	1.0002	0.9997
Cuarentín	2	10.0	12.947	22.938	9.991	0.9991	
El Porvenir	1	10.0	13.622	23.639	10.017	1.0017	1.0016
El Porvenir	2	10.0	14.541	24.556	10.015	1.0015	
Tamazulapa	1	10.0	12.947	22.950	10.003	1.0003	1.0008
Tamazulapa	2	10.0	14.691	24.704	10.013	1.0013	

**ANEXO N° 3.**

**RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLOGICO PROXIMAL DE  
LAS VARIEDADES CUARENTIN, TAMAZULAPA Y EL PORVENIR**

**a) Determinación de humedad**

Tabla N° 85. Resultados de humedad total para frijol criollo grano negro variedad Cuarentín.

Variedad	Id mx	Peso mx	Peso de caja vacía	Peso de caja más muestra seca	Pérdida de peso después de calcinar	%Humedad	Media
Cuarentín	C1	2.010	15.846	16.846	0.163	8.12	8.24
	C2	2.003	14.986	15.148	0.162	8.09	
	C3	2.005	15.589	16.025	0.165	8.26	
	C4	2.007	13.201	13.365	0.164	8.15	
	C5	2.000	14.637	14.808	0.171	8.57	

Tabla N° 86. Resultados de humedad total para frijol criollo grano negro variedad El Porvenir.

Variedad	Id de muestra	Peso mx	Peso de caja vacía	Peso de caja más muestra seca	Pérdida de peso después de calcinar	%Humedad	Media
El porvenir	Ep1	2.001	18.456	18.650	0.194	9.71	9.75
	Ep2	2.009	17.459	17.656	0.197	9.82	
	Ep3	2.003	15.462	15.653	0.191	9.53	
	Ep4	2.005	14.261	14.459	0.199	9.92	
	Ep5	2.002	15.113	15.308	0.195	9.77	

Tabla N° 87. Resultados de análisis de humedad total para frijol criollo grano negro variedad Tamazulapa.

Variedad	Id mx	Peso mx	Peso de caja vacía	Peso de caja más muestra seca	Pérdida de peso después de calcinar	% Humedad	Media
Tamazulapa	T1	2.001	15.023	15.246	0.223	11.19	11.19
	T2	2.002	16.004	16.231	0.226	11.33	
	T3	2.006	15.467	15.689	0.223	11.11	
	T4	2.008	15.312	15.529	0.218	10.84	
	T5	2.006	15.722	15.952	0.230	11.47	

**b) Determinación de proteína cruda.**

Tabla N° 88. Resultados de análisis de proteína cruda para frijol criollo grano negro variedad Cuarentín.

Variedad	Id de muestra	Peso mx	HCl gastado	%Proteína Cruda	Media
Cuarentín	C1	0.204	3.36	23.83	25.51
	C2	0.201	3.47	25.74	
	C3	0.206	3.62	26.20	
	C4	0.203	3.54	26.00	
	C5	0.202	3.49	25.76	

Tabla N° 89. Resultados de análisis de proteína cruda para frijol criollo grano negro variedad El Porvenir.

Variedad	Id de muestra	Peso mx	HCl gastado	%Proteína Cruda	Media
El porvenir	Ep1	0.201	3.47	25.74	26.08
	Ep2	0.200	3.46	25.79	
	Ep3	0.201	3.56	26.41	
	Ep4	0.201	3.60	26.70	
	Ep5	0.203	3.51	25.78	

Tabla N° 90. Resultados de análisis de proteína cruda para frijol criollo grano negro variedad Tamazulapa

Variedad	Id de muestra	Peso mx	HCl gastado	%Proteína Cruda	Media
Tamazulapa	T1	0.206	3.00	21.71	21.70
	T2	0.207	2.96	21.32	
	T3	0.206	3.06	22.15	
	T4	0.206	2.98	21.57	
	T5	0.205	2.99	21.75	

**c) Determinación de cenizas**

Tabla N° 91. Resultados de análisis de cenizas para frijol criollo grano negro variedad Cuarentín.

Variedad	Id de muestra	Peso mx	Peso de crisol vacío	Peso de crisol más Ceniza	%Ceniza	Media
Cuarentín	C1	3.024	25.020	25.230	6.94	6.74
	C2	3.029	25.120	25.300	5.94	
	C3	3.014	24.226	24.436	6.97	
	C4	3.010	23.315	23.523	6.91	
	C5	3.020	25.310	25.520	6.95	

Tabla N° 92. Resultados de análisis de cenizas para frijol criollo grano negro variedad El Porvenir.

Variedad	Id de muestra	Peso mx	Peso de crisol vacío	Peso de crisol más Ceniza	%Ceniza	Media
El Porvenir	Ep1	3.004	24.318	24.528	6.99	6.94
	Ep2	3.007	26.721	26.934	7.08	
	Ep3	3.001	23.876	24.091	7.16	
	Ep4	3.004	24.789	24.984	6.49	
	Ep5	3.005	25.610	25.820	6.99	

Tabla N° 93. Resultados de análisis de cenizas para frijol criollo grano negro variedad Tamazulapa.

Variedad	Id de muestra	Peso mx	Peso de crisol vacío	Peso de crisol más Ceniza	%Ceniza	Media
Tamazulapa	T1	3.003	24.839	25.065	7.53	7.32
	T2	3.008	25.576	25.803	7.55	
	T3	3.005	23.569	23.794	7.49	
	T4	3.002	24.240	24.462	7.40	
	T5	3.006	23.300	23.520	7.46	

**d) Determinación de extracto etéreo**

Tabla N° 94. Resultados de análisis de extracto etéreo para frijol criollo grano negro variedad Cuarentín.

Variedad	Id mx	Peso mx	Peso de balón vacío	Peso de balón más E.E	%Extracto Etéreo	Media
Cuarentín	C1	2.005	161.000	161.048	2.39	2.22
	C2	2.006	159.702	159.750	2.39	
	C3	2.001	163.018	163.060	2.10	
	C4	2.000	159.433	159.474	2.05	
	C5	2.003	159.610	159.653	2.15	

Tabla N° 95. Resultados de análisis de extracto etéreo para frijol criollo grano negro variedad El Porvenir.

Variedad	Id mx	Peso mx	Peso de balón vacío	Peso de balón más E.E	%Extracto Etéreo	Media
El Porvenir	Ep1	2.001	118.698	118.742	2.20	1.71
	Ep2	2.001	108.913	108.952	1.95	
	Ep3	2.004	161.033	161.055	1.10	
	Ep4	2.002	159.735	159.769	1.70	
	Ep5	2.001	159.610	159.642	1.60	

Tabla N° 96. Resultados de análisis de extracto etéreo para frijol criollo grano negro variedad Tamazulapa.

Variedad	Id mx	Peso mx	Peso de balón vacío	Peso de balos mas E.E	%EE	Media
Tamazulapa	T1	2.000	163.046	163.072	1.30	1.20
	T2	2.019	159.463	159.487	1.19	
	T3	2.032	118.731	118.753	1.10	
	T4	2.019	108.937	108.901	1.18	
	T5	2.007	161.033	161.058	1.25	

**e) Determinación de fibra cruda**

Tabla N° 97. Resultados de análisis de fibra cruda para frijol criollo grano negro variedad Cuarentín.

Variedad	Id mx	Peso mx	Peso de crisol + mx seca	Peso de crisol más Ceniza	Pérdida de peso después de calcinar	%Fibra Cruda	Media
Cuarentín	C1	1.003	21.860	21.821	0.0390	3.89	3.92
	C2	0.996	20.343	20.303	0.0400	4.01	
	C3	1.065	26.516	26.474	0.0420	3.94	
	C4	1.005	22.171	22.131	0.0400	3.98	
	C5	1.001	24.273	24.237	0.0360	3.79	

Tabla N° 98. Resultados de análisis de fibra cruda para frijol criollo grano negro variedad El Porvenir.

Variedad	Id mx	Peso mx	Peso de crisol + mx seca	Peso de crisol más Ceniza	Pérdida de peso después de calcinar	%Fibra Cruda	Media
El Porvenir	Ep1	1.032	16.138	16.098	0.0400	3.88	3.59
	Ep2	1.033	20.656	20.618	0.0380	3.69	
	Ep3	1.006	26.875	26.840	0.0350	3.48	
	Ep4	1.028	25.155	25.121	0.0340	3.31	
	Ep5	1.016	21.858	21.821	0.0370	3.64	

Tabla N° 99. Resultados de análisis de fibra cruda para frijol criollo grano negro variedad Tamazulapa.

Variedad	Id mx	Peso mx	Peso de crisol + mx seca	Peso de crisol más Ceniza	Pérdida de peso después de calcinar	%Fibra Cruda	Media
Tamazulapa	T1	1.001	24.275	24.237	0.0380	3.80	3.98
	T2	1.027	23.639	23.639	0.0340	3.31	
	T3	1.022	23.361	23.316	0.0450	4.40	
	T4	1.065	24.289	24.241	0.0480	4.50	
	T5	1.030	25.060	25.020	0.0400	3.88	



**ANEXO Nº 4.**

**MEMORIA DE IMÁGENES DE LA INVESTIGACION**

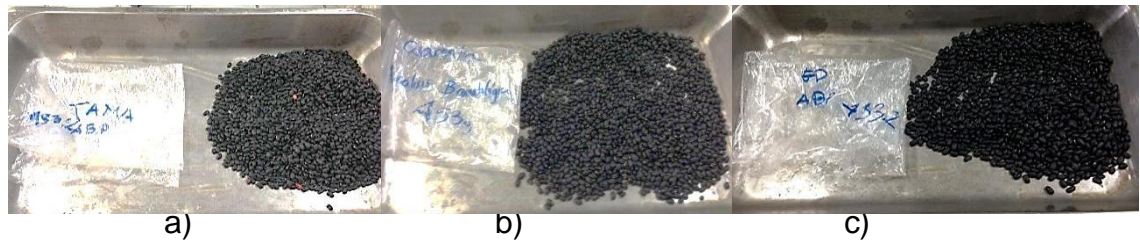


Figura N° 3. Granos de las variedades Tamazulapa (a), Cuarentin (b) y El Porvenir (c) , antes de someterse al pretratamiento.



Figura N° 4. Pesado de muestras para la determinación del porcentaje de hidratación.



Figura N° 5. Determinación del tiempo de cocción.



Figura N° 6. Textura de la cascara de frijol común grano negro criollo con un adecuado tiempo de cocción.



Figura N° 7. Pesado para la determinación de humedad.



Figura N° 8. Soluciones madre para las determinaciones de micronutrientes.