

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de cinco variedades
de fréjol: Canario, Bayo, Blanco, Rojo y Negro.

Disertación previa a la obtención del título Licenciada en Ciencias Químicas con mención
en Química Analítica

VICTORIA GUZMÁN ÉGÜEZ

Quito, 2012

CERTIFICACIÓN

Certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Químicas con mención en Química Analítica, de la candidata Victoria Guzmán Égüez ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto puede ser presentado para la calificación correspondiente.

Fecha:

Dr. Ramiro Gallegos

A Dios y a mi familia

¡Con todo mi amor!

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, agradezco a Dios que me ha obsequiado el amor y la oportunidad necesarios para la elaboración de esta disertación.

A mi familia que además de brindarme su soporte moral y financiero durante el transcurso de mi carrera, apoyan y admiran la profesión que he escogido para mi vida.

A todos mis profesores, en especial, al Dr. Ramiro Gallegos, quien además de tener mi aprecio, me ha guiado y ayudado durante todo el proceso de la realización de este proyecto. De de igual manera al Ing. Alexis Arias por su colaboración.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador por haber proporcionado los medios para la realización de este proyecto y a mis amigos, George Veloso e Iván Polo, por su compañía y ayuda generosa.

RESUMEN

El principal objetivo esta disertación fue realizar el análisis proximal de los principales componentes nutricionales en las variedades de fréjol Canario, Bayo, Blanco, Rojo y Negro.

Para cumplir con el objetivo, se llevó a cabo un muestreo aleatorio en diferentes supermercados y mercados populares de la ciudad de Quito. Se recolectaron cinco muestras de cada variedad de fréjol, en las cuales se realizó el análisis de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína total y fibra cruda. Además, se determinó por diferencia los carbohidratos solubles totales. Los métodos utilizados fueron los de la 18ª edición de la AOAC (*Association Of Official Analytical Chemists*).

Se evaluaron los resultados obtenidos empleando las siguientes herramientas estadísticas: media, desviación estándar, prueba t de Student, análisis de varianza y prueba de Tukey. La media y desviación estándar indicaron el valor representativo y de dispersión de cada variedad de fréjol. La Prueba t de Student fue utilizada para realizar una comparación entre los resultados obtenidos con los datos de la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos, elaborada en 1965. Por último, el análisis de varianza y la prueba de Tukey se emplearon para evaluar la presencia de diferencias estadísticamente significativas de cada nutriente entre las cinco variedades de fréjol, y posteriormente, entre las cinco muestras tomadas de cada variedad.

Los resultados revelaron que la composición proximal de las cinco variedades de fréjol varía de acuerdo a los siguientes rangos: 11,14-17,06% corresponde a humedad; de la materia seca, 3,37-4,81% corresponde a cenizas, 1,09-1,69% a grasa cruda, 20,08-23,94% a proteína, 3,46-5,00% a fibra cruda y aproximadamente 50% corresponde a carbohidratos totales. Cabe señalar que el fréjol Negro, en promedio, es el que supera a las demás variedades en lo que se refiere a proteína, fibra y cenizas.

Mediante la prueba t, se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los datos obtenidos mediante análisis y los proporcionados por la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos, por lo que se considera necesaria la actualización de dicha tabla.

En lo que se refiere al análisis de varianza y la prueba de Tukey, se encontró que todos los nutrientes de todas las variedades, difieren estadísticamente entre sí, y al mismo tiempo, que dentro de la misma variedad, se encuentran diferencias significativas entre las cinco muestras tomadas, demostrando que la variedad y la muestra son factores que afectan los valores nutricionales del fréjol.

ABSTRACT

The main purpose of this research was to perform the proximate analysis of the main nutritional components in the Canario, Bayo, White, Red, and Black bean varieties.

In order to achieve this objective, an aleatory sample taking was carried out in different markets and supermarkets in Quito. Five samples of each variety were taken, in which the content of humidity, ash, total fat, total protein and raw fiber analysis were made. The fraction of soluble carbohydrates was determined by calculation. All the methods applied for the analysis were the AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*) 18th edition methods.

The results were evaluated applying the following statistical tools: arithmetic mean, standard deviation, Student's t test, analysis of variance and Tukey test. The mean and standard deviation showed the most representative value and its dispersion in each bean variety. The t test was used to compare the obtained data with the one shown in the 1965 Ecuadorian Food Composition Table. At last, the analysis of variance and the Tukey test were applied to evaluate if there is any statistical significance of each nutrient between the five bean varieties, and afterward, the five samples taken of each variety.

The results revealed that the proximate composition in all bean varieties oscillate according to the following ranges: 11,14-17,06% corresponds to humidity; from dried samples, 3,37-4,81%

corresponds to ash, 1,09-1,69% to total fat, 20,08-23,94% to total protein, 3,46-5,00% to raw fiber, and approximately 50% to soluble carbohydrates. It must be pointed out that Black bean has the highest values in protein, fiber and ash.

By applying the t test, almost all results, when compared with the Ecuadorian Nutritional Table, showed significant differences, which makes necessary to update such information.

According to the analysis of variance and Tukey test, it was found that all nutrients statistically differ between varieties, and also between the five samples taken of each variety, showing that that the variety and the sample are factors that affect bean's nutritional values.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimientos	iv
Resumen	v
Abstract	vii
Introducción	1
Capítulo 1	3
1. Teoría	3
1.1 Leguminosas	3
1.1.1 Fijación simbiótica de nitrógeno en el suelo	4
1.2 Generalidades del fréjol	6
1.2.1 Clasificación.....	6
1.2.2 Zonas productoras de fréjol voluble y arbustivo en Ecuador	8
1.2.3 Estadísticas	8
1.3 Aspectos nutricionales	10
1.3.1 Conceptos de alimentación y nutrición	10
1.3.2 Tablas de composición de los alimentos.....	11
1.4 Nutrientes	12
1.4.1 Agua:	12
1.4.2 Proteínas:.....	14
1.4.2.1 Calidad de las proteínas.....	16

1.4.3 Contenido mineral total o cenizas:	17
1.4.4 Carbohidratos	18
1.4.4.1 Carbohidratos solubles	18
1.4.4.1.1 Monosacáridos y disacáridos	18
1.4.4.1.2 Oligosacáridos	20
1.4.4.1.2.1 α -galactósidos.....	20
1.4.4.1.3 Almidón.....	22
1.4.4.2 Carbohidratos insolubles	23
1.4.4.2.1 Fibra	23
1.4.5 Lípidos.....	24
1.5 Análisis proximal	26
1.5.1 Fundamento	26
Capítulo 2	28
2. Parte experimental:	28
2.1 Muestras:	28
2.2 Preparación de la muestra:	28
2.3 Métodos:.....	29
2.3.1 Determinación de humedad (AOAC 32.1.03):.....	29
2.3.2 Determinación de cenizas (AOAC 32.1.05).....	31
2.3.3 Determinación de grasa cruda (AOAC 4.5.01)	33

2.3.4 Determinación de proteína (AOAC 4.2.11)	35
2.3.5 Determinación de fibra cruda (AOAC 4.6.02).....	39
2.4 Métodos estadísticos.....	42
2.4.1 Media aritmética.....	42
2.4.2 Desviación estándar.....	42
2.4.3 Pruebas de significación.....	43
2.4.3.1 Prueba t.....	44
2.4.3.2 Análisis de varianza (anova)	45
2.4.3.3 Prueba hsd de tukey.....	48
Capítulo 3	50
3.1 Resultados:	50
3.2. Tratamiento de resultados y discusión	53
3.2.1 Media aritmética	53
3.2.2 Desviación estándar	56
3.2.3 Pruebas de significación	59
3.2.3.1 Prueba t.....	59
3.2.3.2 Análisis de varianza (anova)	61
3.2.3.2.1 Anova entre variedades	61
3.2.3.2.2 Anova entre muestras	63
3.2.3.3 Prueba hsd de tukey.....	69

3.2.3.3.1 Prueba de tukey para variedades	69
3.2.3.3.2 Prueba de tukey para muestras de una misma variedad	74
Capítulo 4	85
4. Conclusiones y recomendaciones:	85
4.1 Conclusiones:.....	85
4.2 Recomendaciones:	87
Bibliografía.....	88
Anexos.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 1

Tabla 1.1 Porcentaje de la superficie sembrada en las cinco provincias más productivas de Ecuador de fréjol seco y las cinco más productivas de fréjol tierno en el año 2010	9
--	---

Capítulo 2

Tabla 2.1 Fórmulas utilizadas en el análisis de varianza simple	47
---	----

Capítulo 3

Tabla 3.1 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Blanco	50
---	----

Tabla 3.2 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Canario	50
--	----

Tabla 3.3 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Bayo	51
---	----

Tabla 3.4 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Negro	52
--	----

Tabla 3.5 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Rojo	52
---	----

Tabla 3.6 Resultados promedio de porcentaje de humedad en las cinco variedades de fréjol	53
--	----

Tabla 3.7 Resultados promedio del porcentaje de cenizas en las cinco variedades de fréjol	54
---	----

Tabla 3.8 Resultados promedio del porcentaje de grasa en las cinco variedades de fréjol ..	55
--	----

Tabla 3.9 Resultados promedio del porcentaje de proteína en las cinco variedades de fréjol	55
--	----

Tabla 3.10 Resultados promedio del porcentaje de fibra cruda en las cinco variedades de fréjol.....	56
---	----

Tabla 3.11 Desviación estándar de los resultados obtenidos en el porcentaje de humedad, cenizas, proteína y fibra.....	57
Tabla 3.12 Datos reportados en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos de 1965.....	59
Tabla 3.13 Resultados de la prueba t de las cinco variedades de fréjol analizadas y las presentadas en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos.....	60
Tabla 3.14 Anova para el porcentaje de humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra en las cinco variedades de fréjol.....	62
Tabla 3.15 Anova para el porcentaje de humedad en las cinco muestras de cada variedad de fréjol.....	64
Tabla 3.16 Anova para el porcentaje de cenizas en las cinco muestras de cada variedad de fréjol.....	65
Tabla 3.17 Anova para el porcentaje de grasa en las cinco muestras de cada variedad de fréjol.....	66
Tabla 3.18 Anova para el porcentaje de proteína en las cinco muestras de cada variedad de fréjol.....	67
Tabla 3.19 Anova para el porcentaje de fibra en las cinco muestras de cada variedad de fréjol.....	68
Tabla 3.20 Prueba de Tukey para el porcentaje de humedad en las cinco variedades de fréjol.....	70
Tabla 3.21 Prueba de Tukey para el porcentaje de cenizas en las cinco variedades de fréjol	70

Tabla 3.22 Prueba de Tukey para el porcentaje de grasa en las cinco variedades de fréjol..	71
Tabla 3.23 Prueba de Tukey para el porcentaje de proteína en las cinco variedades de fréjol	72
Tabla 3.24 Prueba de Tukey para el porcentaje de fibra en las cinco variedades de fréjol..	73
Tabla 3.25: Prueba de Tukey para el porcentaje de humedad en las cinco muestras de cada variedad de fréjol	74
Tabla 3.26 Prueba de Tukey para el porcentaje de cenizas en las cinco muestras de cada variedad de fréjol	76
Tabla 3.27 Prueba de Tukey para el porcentaje de grasa en las cinco muestras de cada variedad de fréjol	78
Tabla 3.28 Prueba de Tukey para el porcentaje de proteína en las cinco muestras de cada variedad de fréjol	80
Tabla 3.29 Prueba de Tukey para el porcentaje de fibra en las cinco muestras de cada variedad de fréjol	82

Capítulo 4

Tabla 4.1 Datos nutricionales obtenidos en las cinco variedades de fréjol	85
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1.1 Nódulos en el fréjol.....	5
Figura 1.2 Imágenes de las variedades estudiadas.	7
Figura 1.3 Enlace peptídico.	14
Figura 1.4 Aminoácidos esenciales.	15
Figura 1.5 Estructura de los disacáridos más comunes en el fréjol.	19
Figura 1.6 Oligosacáridos de la familia de la Rafinosa.....	21
Figura 1.7 Estructura de Amilosa y Amilopectina.....	22
Figura 1.8 Estructura de los ácidos grasos insaturados presentes en el fréjol.....	25

Capítulo 2

Figura 2.1 Representación de dos grupos de datos.....	46
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	93
Imágenes de los equipos utilizados.....	93
Anexo 2	97
Composición química de leguminosas y oleaginosas ecuatorianas	97
Anexo 3	98
Tablas estadísticas	98
Anexo 4	101
Ejemplo de cálculos para el análisis de varianza.....	101

INTRODUCCIÓN

Desde épocas ancestrales el fréjol ha sido asociado al desarrollo de las culturas prehispánicas en el continente americano. Se han hallado restos arqueológicos de cultivos de fréjol desde el norte de México hasta Argentina; incluso se han encontrado variedades de fréjol en el Perú que datan de hace 10 000 años [1].

Hasta el día de hoy, esta leguminosa ocupa un lugar primordial en la alimentación mundial. El fréjol es muy apetecido, principalmente en países latinoamericanos como Cuba, México, Costa Rica, Guatemala, Panamá, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil; aunque también en Europa, Estados Unidos y Japón [2].

Debido a la gran adaptabilidad que posee el fréjol a todo tipo de suelo, según la FAO, éste ocupa el octavo lugar entre las leguminosas sembradas en el planeta. Es una de las más consumidas a nivel mundial, principalmente por el alto valor alimenticio que aporta en lo que se refiere a proteínas [3]. Además de su aporte a la dieta diaria, su costo es muy económico si se lo compara con las proteínas de origen animal, lo cual es muy beneficioso para países con niveles de pobreza elevados.

Con estos antecedentes, se puede afirmar que el fréjol adquiere una importancia fundamental en la seguridad alimentaria. Tanto es así, que el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) en 1997 creó el Programa Nacional de Leguminosas, el cual ha realizado una importante gestión en el desarrollo y difusión de

variedades genéticamente mejoradas de fréjol para ofrecer a la población granos de calidad. Incluso ha publicado alternativas de recetas para fomentar el consumo de este grano [4].

Tomando en cuenta la importancia que la nutrición, de forma directa o indirecta, tiene sobre la salud individual y colectiva, es necesario conocer la composición química de nuestros alimentos, no únicamente para fomentar el consumo de éstos, sino también, para incrementar el aprovechamiento de los recursos alimentarios con que cuenta el país, y asegurar que se invierta en tecnología necesaria para la producción de alimentos que nos proporcionen una nutrición adecuada.

La Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos fue realizada en 1965 [5], y desde entonces no se cuenta con una tabla nutricional propia y actualizada. La que se usa actualmente es la del Departamento de Agricultura de los EEUU que data del año 1992. El Ministerio de Salud Pública, junto a la Sociedad Ecuatoriana de Ciencias de la Alimentación y Nutrición (Secian), trabaja en la elaboración de pirámides que contemplan alimentos autóctonos en la dieta de los ecuatorianos [6], sin embargo, los datos aún no son publicados, ya que esperan ser aprobados por instituciones gubernamentales.

En consecuencia, se hace necesario actualizar los datos nutricionales del fréjol, siendo éste la leguminosa más importante cultivada en el país.

CAPÍTULO 1

1. TEORÍA

1.1 LEGUMINOSAS

Se entiende por leguminosa grano a las especies que pertenecen a la familia *Fabaceae* cuya utilidad principal reside en las semillas más que en ninguna otra parte del vegetal, aunque también existen variedades en las que se utiliza la legumbre.

Las semillas de las leguminosas se incorporan en la alimentación principalmente por su elevado contenido proteico (17-30%). Esta familia posee aproximadamente unos 600 géneros y 13000 especies, de las cuales unas 200 son de consumo humano y animal [7].

Se clasifican en dos grandes grupos en función de su contenido lipídico, así tenemos las leguminosas oleaginosas, entre las que se encuentra la soya y maní, con unos niveles de grasa elevados (20-50%) y las leguminosas con bajo contenido de grasa (1-7%), en las que podemos encontrar el fréjol, haba, arveja, garbanzo, lenteja, chocho, entre otras.

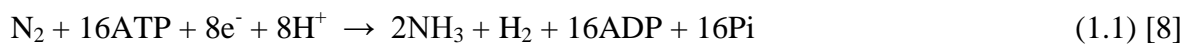
Además de sus variados nutrientes, las leguminosas contienen otros compuestos como polifenoles, α -galactósidos e isoflavonas, los que previenen una serie de enfermedades, entre las cuales se encuentra el cáncer. Estos compuestos hacen que las leguminosas tengan

propiedades de alimentos funcionales, los cuales son alimentos que poseen beneficios extras aparte de su contenido nutricional.

Las legumbres y los cereales fueron las primeras plantas cultivadas y domesticadas por el hombre, siendo la base esencial de su alimentación durante milenios. De hecho, en los yacimientos arqueológicos de diferentes civilizaciones del mundo, siempre aparece junto a un cereal una leguminosa [1] [7].

1.1.1 FIJACIÓN SIMBIÓTICA DE NITRÓGENO EN EL SUELO

Una característica importante de las leguminosas, entre ellas el fréjol, es la capacidad de vivir en simbiosis (cooperación mutua) con las bacterias del género *Rhizobium* que son capaces de reducir el nitrógeno atmosférico (N₂) en amoníaco (NH₃), gracias a la acción de una enzima llamada nitrogenasa, en un proceso llamado fijación biológica de nitrógeno. El proceso es complejo, pero podemos resumirlo en la siguiente ecuación:



A breves rasgos, el proceso comienza cuando la bacteria reconoce específicamente a la planta, infecta sus raíces y desarrolla una especie de bolsas que empiezan a crecer en la raíz llamadas nódulos, convirtiéndose en el nicho de la bacteria. Los nódulos son las estructuras especializadas dentro de las cuales se lleva a cabo la fijación de nitrógeno. Los nódulos formados en el fréjol se pueden observar en la figura 1.1



Figura 1.1 Nódulos en el fréjol [9]

Esta asociación simbiótica se vuelve benéfica para ambos organismos porque la bacteria le proporciona a la planta el nitrógeno que necesita para realizar sus funciones, y la planta le ofrece a la bacteria albergue y materia prima que utilizará para respirar y obtener la energía necesaria para la fijación de nitrógeno.

Este fenómeno característico de las leguminosas es importante debido a que el nitrógeno asimilado por la planta, pasa a convertirse en materia prima de aminoácidos que eventualmente forman proteínas y también compuestos nitrogenados como amidas, nucleótidos, vitaminas, alcaloides y ácidos nucleicos.

La fijación simbiótica del nitrógeno explica, en gran parte, la importancia de éstas en los cultivos debido a que en simbiosis la planta no necesita tomar el nitrógeno de la tierra, como normalmente lo obtienen, sino que lo toma a partir del nitrógeno asimilable que proporciona la bacteria. Además, la fijación biológica de nitrógeno contrarresta el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados.

Debido a que la planta incorpora el nitrógeno que recibe en sus estructuras, este elemento pasa a ser parte del suelo y estará disponible para otras plantas si la leguminosa es incorporada al suelo cuando muere [10]. Así, por ejemplo, en América Latina se realiza el cultivo de fréjol con el del maíz y el suelo no se desgasta de manera significativa. Las leguminosas son usadas en cultivos para mejorar la calidad del suelo y su contenido de nitrógeno.

1.2 GENERALIDADES DEL FRÉJOL

Al fréjol se lo conoce como alubias, caraotas, chícharos, fabas, fréjoles, frijoles, frijones, habichuelas, judías, pochas o porotos. Es la semilla comestible de una leguminosa del género *Phaseolus* que “incluye alrededor de 55 especies de plantas anuales y semiperennes en las regiones templadas de los dos hemisferios, siendo difícil fijar el número definitivo de especies” [8].

1.2.1 CLASIFICACIÓN

En cuanto a hábito de crecimiento el fréjol se clasifica en dos categorías, los volubles o trepadores, y los arbustivos o de mata. Entre los volubles se encuentran especies de fréjol de color rojo, bayo, amarillo o canario, de grano grande o pequeño, según la zona. En el caso de los arbustivos se tienen especies de color blanco, negro, rojo moteado, rosa moteado y también canario.

En cuanto a las variedades, las que se prefieren en Ecuador son las de semillas grandes y redondas conocidas como bolones. Las más apetecidas son las de colores claros, destacándose el fréjol Canario (color amarillo azufrado), seguido del Bayo (color crema) y Blanco. Estas variedades son consumidas generalmente en forma de menestras.

También, debido a la creciente demanda del mercado colombiano, el fréjol Rojo ha tomado mucha importancia. Se lo consume en forma de menestra, y cosechándolo tierno, también en ensaladas. De igual manera el fréjol Negro ha sido introducido en el país debido al potencial alimenticio e industrial que tiene, ya que junto con el fréjol Rojo, se lo utiliza en la fabricación de enlatados [2].



Fréjol Canario

Fréjol Bayo

Fréjol Blanco



Fréjol Rojo

Fréjol Negro

Figura 1.2 Imágenes de las variedades estudiadas.

1.2.2 ZONAS PRODUCTORAS DE FRÉJOL VOLUBLE Y ARBUSTIVO EN ECUADOR

El fréjol voluble se siembra entre 2200 y 2800 m.s.n.m., es decir en la franja maicera de la Sierra, en la cual las temperaturas pueden fluctuar entre 20°C y 8°C, en suelos de diferente pendiente, textura y con pH ligeramente ácido. La mayor superficie asociada está ubicada en zonas en la que las precipitaciones pueden variar entre 600 y 900 mm durante el ciclo de cultivo, en la que se puede presentar también heladas, granizadas, sequía o exceso de lluvia; es decir, de alto riesgo climático.

El fréjol arbustivo se siembra desde el nivel del mar (20 m) en la Costa y mayormente en los valles de la Sierra entre 1200 y 2400 m.s.n.m. También lo podemos encontrar en las estribaciones occidentales de la cordillera (900 a 2200 m.s.n.m) con temperaturas entre 9 y 25°C. Generalmente se siembra en suelos planos, aluviales, o de menor pendiente que los anteriores, con diferente textura y con pH desde ligeramente ácido a alcalino [11].

1.2.3 ESTADÍSTICAS

“El fréjol, también llamado judía, frijol o poroto, es infaltable en la mesa de los ecuatorianos. Aunque se lo puede consumir tierno, la mayor parte se cosecha seco” [12]. En Ecuador, el fréjol se cultiva tanto en la Sierra, como en la Costa y escasamente en la Amazonía. Cabe resaltar que cerca del 90% del área cultivada en el país se encuentra en

la Sierra. Un poco más del 80% del área sembrada se hace asociada, generalmente con maíz.

Según el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), en el año 2010 se sembraron 85 553 hectáreas de esta leguminosa a nivel nacional, de las cuales 54 706 corresponden a fréjol seco y 30 847 a fréjol tierno [13].

La provincia en la que más se sembró fréjol seco en el año 2010 fue Azuay, seguida de Imbabura, Loja, Bolívar y Chimborazo, cabe destacar que estas provincias, contienen más del 90% de la siembra nacional de fréjol seco. En lo que se refiere a grano tierno, la provincia que posee la mayor producción es Loja, seguida de Azuay, Bolívar, Guayas y Chimborazo. La superficie sembrada de fréjol seco y tierno se puede observar en la tabla 1.1.

Tabla 1.1 Porcentaje de la superficie sembrada en las cinco provincias más productivas de Ecuador de fréjol seco y las cinco más productivas de fréjol tierno en el año 2010

Provincia	Porcentaje de la superficie sembrada de fréjol seco	Provincia	Porcentaje de la superficie sembrada de fréjol tierno
Azuay	31,70%	Loja	20,20%
Imbabura	21,20%	Azuay	19,40%
Loja	13,70%	Bolívar	14,00%
Bolívar	13,50%	Guayas	8,20%
Chimborazo	10,50%	Chimborazo	6,80%

1.3 ASPECTOS NUTRICIONALES

1.3.1 CONCEPTOS DE ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN

Se suele hablar de nutrición y alimentación como sinónimos, pero vale la pena dar a conocer que son palabras con diferentes significados.

La alimentación es “el conjunto de actos que proporcionan al organismo las materias primas de su entorno necesarias para el mantenimiento de la vida. En definitiva es el aporte de alimentos al organismo” [14]. Es decir, la alimentación es una serie de actos voluntarios y conscientes, ya que está influenciada por factores sociales, económicos, educativos, y culturales.

Por otro lado, nutrición “es el conjunto de procesos mediante los cuales los seres vivos transforman las sustancias aportadas del medio que los rodea (alimentos) en otras para ser utilizadas por ellos y reponer los continuos desgastes de materia y energía” [15]. Por el contrario de la alimentación, la nutrición es una secuencia de actos involuntarios que conllevan procesos de digestión, absorción, transporte y utilización de nutrientes por el organismo.

En conclusión, la nutrición inicia con la alimentación. Una buena alimentación, conlleva a una buena nutrición.

1.3.2 TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS

Las tablas de composición de los alimentos son un conjunto de datos cuantitativos de los componentes presentes en los alimentos consumidos en una determinada región geográfica. La principal utilidad de estas tablas reside en el conocimiento que aporta a una población sobre la ingesta de nutrientes al consumir un alimento [16]. Es decir, nos indica qué alimentos consumir para poder nutrirnos adecuadamente.

Es necesario que existan tablas de composición de los alimentos para una determinada región geográfica. No en todas las zonas o países, se consumen los mismos alimentos, y si se utilizan tablas extranjeras, se hace difícil comparar alimentos que pueden parecer similares, pero que en realidad son diferentes, o que simplemente, el alimento no se encuentre en dicha tabla.

Las tablas de composición de los alimentos sólo permanecen vigentes durante un periodo de tiempo. Los datos sufren modificaciones con el tiempo debido a que se introducen nuevos productos, otros desaparecen, o cambian los hábitos alimenticios [17]. Esto obliga a que sean actualizadas con el tiempo. Los datos de composición de los alimentos ecuatorianos deben ser actualizados.

1.4 NUTRIENTES

“La frase «somos lo que comemos» se utiliza con frecuencia para indicar que la composición de nuestros cuerpos depende en gran parte de lo que hemos consumido” [17]. Nuestra dieta debe contener agua, proteína, grasas, sales minerales y carbohidratos. Para que el cuerpo humano funcione correctamente necesita de estos componentes, además de las vitaminas. Y es por esto, que se debe conocer qué cantidad es la aportada por cada alimento.

1.4.1 AGUA:

Como es de conocimiento popular, su fórmula es H_2O . Esta molécula que a simple vista parece simple, posee unas propiedades únicas como son su polaridad, densidad, capacidad calórica, temperatura de ebullición, que le hacen merecedora de ser llamada líquido vital.

El agua está presente en todos los alimentos. Esto se debe a que es indispensable para los seres vivos. El agua proporciona el medio para que se produzcan reacciones bioquímicas, sirve de medio de transporte de nutrientes y a su vez de metabolitos de desecho, facilita el transporte de los gases implicados en la respiración celular, etc.

Es necesario conocer la presencia del agua en los alimentos para entender sus características. La cantidad, la forma y el lugar en que se encuentra el agua afectan la apariencia, textura y otras características del alimento. Variaciones en el contenido de

humedad es motivo para que cambie su aceptación. Incluso, el control y el ajuste del contenido de humedad se utiliza como técnica de conservación, ya que éste afecta la estabilidad del alimento.

El agua está ampliamente distribuida en el alimento y es el solvente de otras moléculas como azúcares, sales, ácidos orgánicos, polisacáridos hidrofílicos, proteínas, etc., formando sistemas coloidales. Las propiedades del alimento están influenciadas por las interacciones entre estos componentes y las propiedades de hidratación que tiene cada componente individualmente.

Se debe tener en cuenta que no todo el contenido de agua interacciona con la misma intensidad con las otras moléculas. Una parte de las moléculas está fuertemente retenida y no es tan fácil de eliminar. Generalmente se habla de que el agua se encuentra en forma libre y en forma ligada.

El agua libre, como su nombre lo indica, es la que se libera con facilidad y es la que sirve como dispersante de los sistemas coloidales y de disolvente. Por otro lado el agua ligada, se encuentra como agua de cristalización o formando parte, mediante fuerzas intermoleculares, de las proteínas, moléculas de sacáridos y absorbida sobre la superficie de las partículas coloidales [18].

La determinación de humedad en granos es el factor de mayor importancia en la prevención del deterioro de granos almacenados. El almacenar grano húmedo genera un ambiente propicio para el desarrollo de hongos y bacterias, los cuales en su proceso respiratorio

incrementan la temperatura del granel y la pérdida de materia seca con la consecuente pérdida de calidad. Además, al aumentar la temperatura se genera un ambiente que permite el desarrollo de otros agentes indeseables, principalmente insectos de grano almacenado, cuya actividad causa pérdidas económicas de importancia [19].

1.4.2 PROTEÍNAS:

Las proteínas son moléculas formadas por aminoácidos que se unen entre sí mediante lo que se conoce como enlace peptídico. La unión de estos péptidos y sus diversas combinaciones son la base de las múltiples proteínas que existen. En la figura 1.3 se puede observar la formación de un dipéptido, lo que a su vez formará un tripéptido, y así, hasta convertirse en una larga cadena de aminoácidos que adoptará el nombre de proteína.

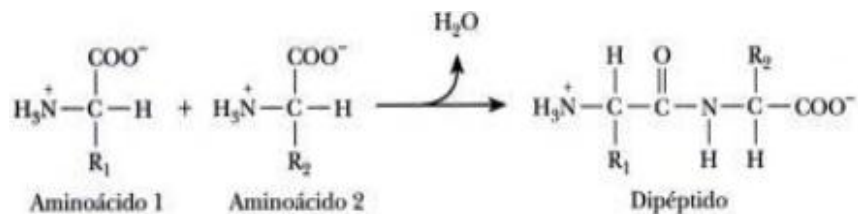


Figura 1.3 Enlace peptídico [20].

Las principales funciones de las proteínas en el organismo son:

- Estructural
- Inmunológica
- Enzimática

- Contráctil
- Homeostática
- Protectora
- Energética

De los cientos de aminoácidos que existen, se sabe que sólo 20 forman parte de las proteínas del ser humano. Sin embargo, de estos, 8 son esenciales (no pueden ser sintetizados por el organismo y deben ser ingeridos en la alimentación) en el adulto y 9 en los bebés y niños, agregando a la lista, la histidina [16]. Los aminoácidos esenciales y sus estructuras se muestran en la figura 1.4:

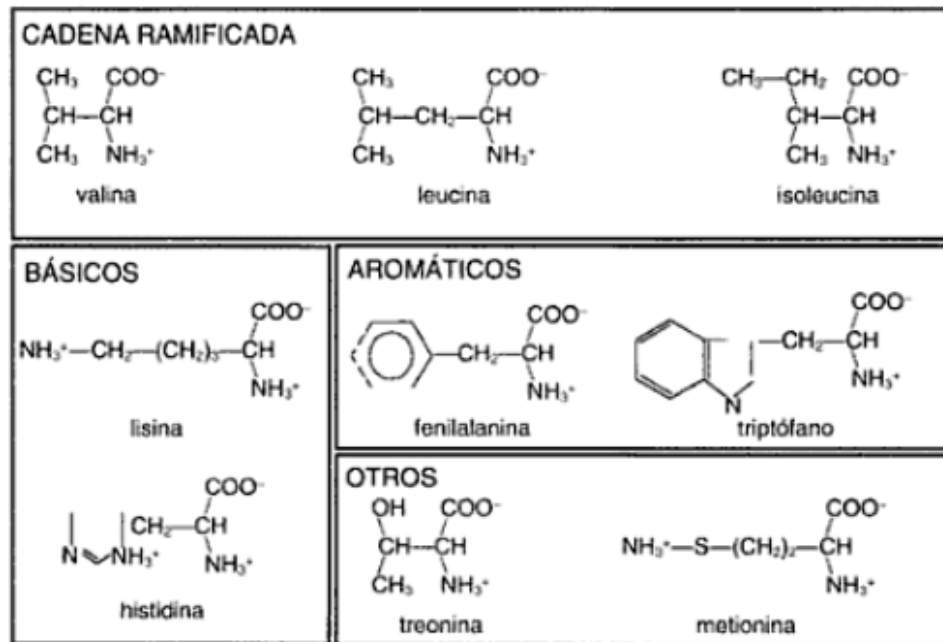


Figura 1.4 Aminoácidos esenciales [16].

Es posible que en la niñez, a la arginina también se le catalogue como aminoácido esencial debido a que no se autosintetiza en cantidades suficientes para lograr un crecimiento adecuado [21][22].

Las proteínas se encuentran en los alimentos unidos física o químicamente con carbohidratos o lípidos. Las propiedades organolépticas del alimento están en parte relacionadas con las proteínas y sus transformaciones.

1.4.2.1 CALIDAD DE LAS PROTEÍNAS

“La calidad de la proteína viene determinada por la cantidad de aminoácidos esenciales que posee, y de su contenido en aminoácidos limitantes, factores clave para la síntesis proteica en el organismo que los consume” [8]. El aminoácido limitante es aquel aminoácido esencial que se encuentra en menor cantidad y éste determina la eficiencia de utilización de la proteína presente en un alimento o en combinación de alimentos.

Algunos alimentos tienen una mejor mezcla de aminoácidos que otros, y por esto se dice que son de un valor biológico más alto. Se considera que las proteínas que provienen de animales son de un valor biológico alto.

Sin embargo, sostener que las proteínas de origen vegetal son menos buenas no es cierto. Aunque tienen menos cantidad de algunos aminoácidos, poseen cierta cantidad de los otros aminoácidos esenciales. En el caso del fréjol, el aminoácido que se encuentra en menor

cantidad es la metionina, no obstante, es rico en lisina. Por otro lado, los cereales como el maíz, son deficientes en lisina y ricos en metionina, por lo que al ingerir los dos alimentos en una misma comida, los aminoácidos se complementan entre sí, proporcionando proteína de alta calidad.

Por ser la fuente principal de proteína, así como por formar parte importante de los hábitos alimentarios de la población, el fréjol constituye la leguminosa que ha sido objeto de más estudio en América Latina [23]. Contiene muchos de los aminoácidos esenciales que requiere el ser humano y su costo, en comparación a la proteína animal, es muy bajo, por lo que en algunos lugares se le denomina “la carne del pobre”.

1.4.3 CONTENIDO MINERAL TOTAL O CENIZAS:

Todos los alimentos contienen minerales formando parte de los compuestos orgánicos e inorgánicos. Los minerales tienen importantes funciones en el organismo: forman parte de la estructura ósea y dental, regulan el proceso de ósmosis, intervienen en la excitabilidad nerviosa y en la actividad muscular, colaboran en procesos metabólicos, intervienen en el buen funcionamiento del sistema inmunológico y de oxigenación, entre otras.

Se denomina cenizas o contenido mineral total a la materia inorgánica que permanece como residuo luego de la calcinación de la materia orgánica del alimento. Es muy difícil determinar los minerales de la manera en que se presentan en los alimentos, la incineración destruye toda la materia orgánica y las sales de los ácidos orgánicos se convierten en óxidos

o carbonatos, o reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, silicatos, sulfatos o haluros dependiendo de las condiciones de incineración y la composición del producto analizado [24].

El contenido de cenizas es importante para la evaluación del valor nutricional del producto, sirve como un método de preparación ya que posteriormente se podría determinar metales como calcio, sodio, potasio, magnesio, fósforo, entre otros, que son importantes para mantener la salud en un estado óptimo.

1.4.4 CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son la principal fuente de energía de nuestro organismo. Los carbohidratos constituyen la fracción principal en los granos de las leguminosas (aproximadamente 50-60% del peso seco). Los polisacáridos más importantes de las leguminosas son el almidón, los polisacáridos de la pared celular (fibra) y los oligosacáridos, que se encuentran en cantidades pequeñas aunque significativas.

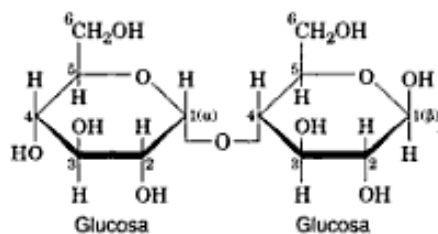
1.4.4.1 CARBOHIDRATOS SOLUBLES

1.4.4.1.1 MONOSACÁRIDOS Y DISACÁRIDOS

Los monosacáridos son los azúcares más simples y su fórmula corresponde a $(\text{CH}_2\text{O})_n$ donde $n=3$ o un número mayor. Los monosacáridos que se encuentran comúnmente en leguminosas son glucosa, galactosa y fructosa. En lo que se refiere a disacáridos (unión de

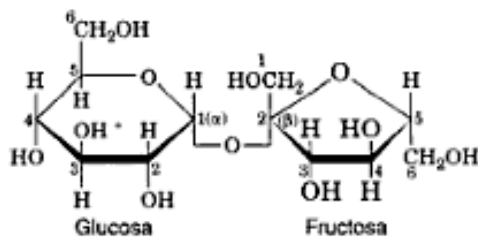
dos monosacáridos mediante un enlace glicosídico), los más comunes son maltosa, sacarosa y lactosa [25].

Maltosa



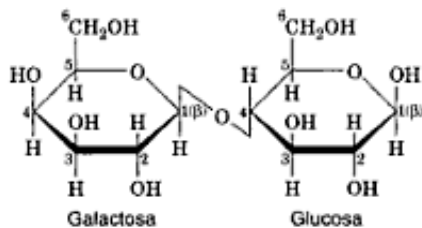
α -D-Glucopiranosil-(1 \rightarrow 4)- α -D-glucopiranososa

Sacarosa



α -D-Glucopiranosil-(1 \rightarrow 2)- β -D-fructofuranosa

Lactosa



β -D-Galactopiranosil-(1 \rightarrow 4)- α -D-glucopiranososa

Figura 1.5 Estructura de los disacáridos más comunes en el fréjol [26].

1.4.4.1.2 OLIGOSACÁRIDOS

Se considera oligosacáridos a la unión de 3-10 monosacáridos. Los oligosacáridos son compuestos que producen monosacáridos después de una hidrólisis completa. Dependiendo de los residuos, se clasifican en trisacáridos, tetrasacáridos, y así sucesivamente. Los α -galactósidos son los oligosacáridos más abundantes en las leguminosas.

1.4.4.1.2.1 α -GALACTÓSIDOS

Los derivados de la sacarosa son el grupo más común de α -galactósidos del reino vegetal, y de éstos, los oligosacáridos de la familia de la rafinosa (OFR) se encuentran en todas las leguminosas.

Los OFR son α -(1 \rightarrow 6)galactósidos unidos al C6 de la glucosa presente en la sacarosa. El primero de estos es la rafinosa, le sigue la estaquiosa, verbascosa, ajugosa y los siguientes oligosacáridos que no tienen nombre. La rafinosa posee una galactosa, la estaquiosa dos, y así hasta alcanzar el nonasacárido. En la figura 1.5 se puede apreciar la estructura los OFR.

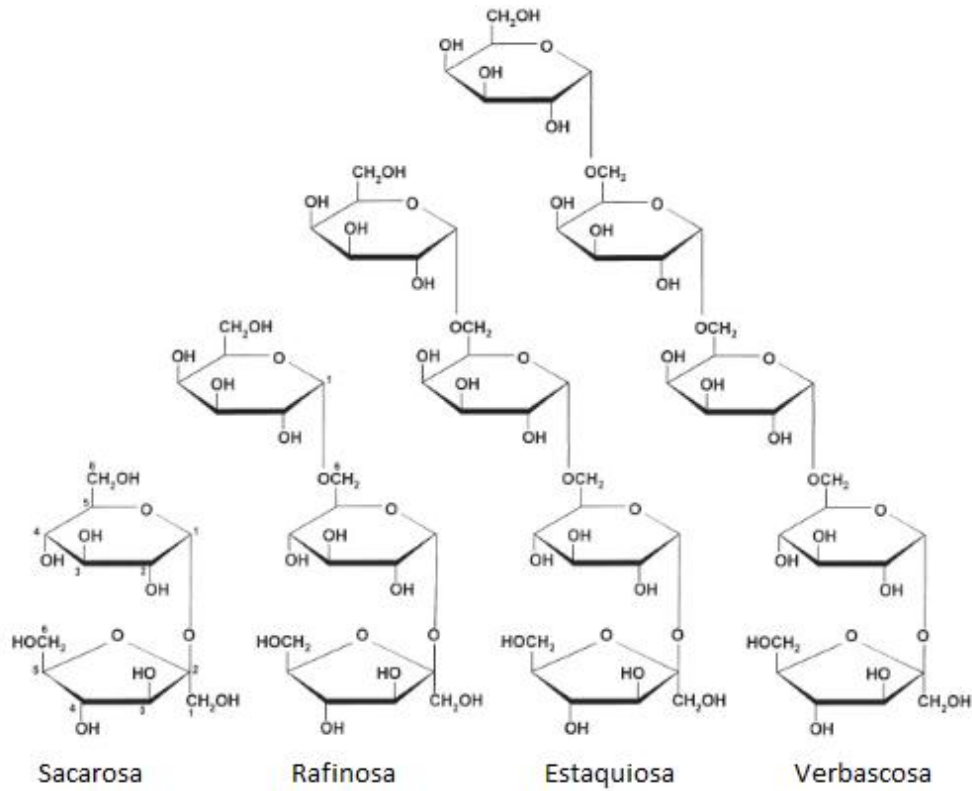


Figura 1.6 Oligosacáridos de la familia de la Rafinosa [25]

A los α -galactósidos se les considera factores antinutricionales debido a que el ser humano no posee la enzima para digerirlos y pasa por todo el sistema digestivo hasta llegar al intestino grueso donde son fermentados, produciendo gases como CO_2 , CH_4 e H_2 , por lo que se les conoce como factores de flatulencia. Sin embargo, esta fermentación genera un aumento de la microflora intestinal (bifidobacterias), las cuales realizan funciones beneficiosas para la salud, entre las cuales se encuentra prevenir el cáncer de colon.

1.4.4.1.3 ALMIDÓN

El almidón es el mayor carbohidrato de reserva en las plantas. Está presente en forma de gránulos que se deposita en semillas, tubérculos y raíces. Está formado por dos polisacáridos: amilosa y amilopectina en relación 3:1 aproximadamente. Los dos polímeros son cadenas de glucosa, la diferencia radica en que la amilosa tiene únicamente enlaces glicosídicos α -(1 \rightarrow 4), mientras que la amilopectina contiene además ramificaciones con enlaces α -(1 \rightarrow 6) entre glucosas.

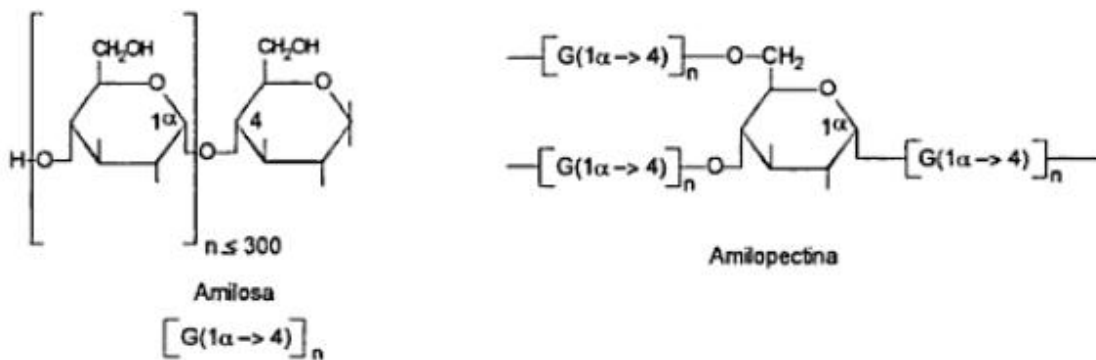


Figura 1.7 Estructura de Amilosa y Amilopectina [27]

Es un carbohidrato que es utilizado lentamente como fuente de energía por animales monogástricos, incluido el ser humano, aunque no todo el almidón ingerido con la dieta es digerido y absorbido en el intestino delgado. Una pequeña fracción, llamada almidón resistente, llega al intestino grueso donde es metabolizada por bacterias colónicas, produciendo ácidos grasos de cadena corta y gases (CO_2 , H_2 , CH_4), que también forma parte de los factores de flatulencia, como los oligosacáridos mencionados anteriormente, y sus respectivos beneficios [7].

1.4.4.2 CARBOHIDRATOS INSOLUBLES

1.4.4.2.1 FIBRA

La fibra está formada por componentes estructurales de la pared de las células vegetales como celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y lignina, aunque también se incluye las no estructurales como gomas y mucílagos [25].

Los polisacáridos no amiláceos (pectinas, celulosa, hemicelulosas, etc.), también denominados polisacáridos estructurales, forman parte de la fibra y están presentes principalmente en la corteza. Las pectinas, gomas, mucílagos y algunas hemicelulosas son solubles en agua, mientras que la celulosa y otras hemicelulosas, son prácticamente insolubles.

La celulosa es un polímero de glucosa unida por enlaces glucosídicos $\beta(1\rightarrow4)$. Las hemicelulosas son polímeros de pentosas y hexosas, en los que se presentan diferentes azúcares (glucosa, galactosa, xilosa, arabinosa, manosa) y ácidos glucorónicos, existen alrededor de 250 diferentes tipos de hemicelulosas. Las pectinas son polímeros de ácido galacturónico con diferentes azúcares. La lignina, aunque es un polímero no polisacárido, forma parte de la fibra y resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropiónicos. Las gomas son exudados formados en el sitio de injuria de las plantas, constituyen un grupo complejo de polisacáridos que contienen ácido glucorónico y galacturónico así como xilosa, galactosa y manosa. Los mucílagos son parecidos a las gomas, con la diferencia de

que estos no son generados por algún factor externo. Todos estos constituyen los componentes principales de la fibra [28].

Estudios demuestran que muchos de los beneficios para la salud que aporta el consumo de alimentos de grano entero provienen del contenido de fibra. La fibra que contiene el fréjol se asocia con una reducción de los niveles de colesterol. Por otra parte, la fibra junto con otros carbohidratos complejos, provoca que el índice glucémico (medida de la rapidez con la que los carbohidratos se convierten en glucosa) sea bajo, lo que es de gran importancia para las personas diabéticas y las que desean controlar su peso. Además, se le atribuye la eliminación de sustancias tóxicas causantes del cáncer de colon [29] y es receta natural contra el estreñimiento.

1.4.5 LÍPIDOS

Los lípidos son un conjunto de macromoléculas que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, aunque también pueden tener fósforo, azufre y nitrógeno, ya que a menudo forman moléculas complejas como son los glucolípidos o las lipoproteínas. Por lo general, se caracterizan por ser poco solubles en agua, pero solubles en solventes como éter, cloroformo y benceno. Los lípidos tienen diversas funciones en el organismo como es la reserva energética, forman parte de las estructuras celulares y además colaboran con la regulación del organismo.

Generalmente, el contenido de lípidos en el fréjol varía entre 1-2% dependiendo de la variedad. Además, afectan variables como las condiciones ambientales y el tipo del suelo en cual crecen. Los lípidos neutros (triglicéridos) son los que predominan, aunque también están presentes en pequeñas cantidades de ácidos grasos libres, esteroides y ésteres de esteroides. Del total de lípidos presentes en el fréjol, una importante fracción corresponde a ácidos grasos insaturados como el oleico (7-10%), linoleico (21-28%) y linolénico (37-54%).

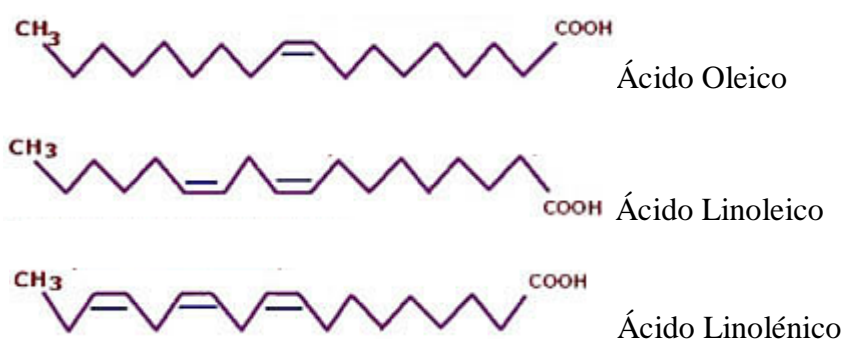


Figura 1.8 Estructura de los ácidos grasos insaturados presentes en el fréjol [29]

Los ácidos grasos como el linoleico y linolénico no los puede sintetizar el organismo, y es por esto que deben ser aportados en la dieta, y se los conoce como ácidos grasos esenciales (AGE). Los AGE son requeridos por el organismo para realizar funciones importantes como la producción de prostaglandinas, la eliminación del colesterol "malo" e incluso se les atribuye la propiedad de sustituir a antiinflamatorios [30].

1.5 ANÁLISIS PROXIMAL

El análisis de alimentos se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para caracterizar y cuantificar los componentes de un alimento. Esta información es fundamental para el entendimiento de los factores que determinan las propiedades de los alimentos.

El sistema proximal de análisis se desarrolló para obtener una clasificación muy amplia y con un nivel máximo de los componentes de los alimentos. El análisis proximal consiste en la determinación de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína total y fibra cruda. El contenido de carbohidratos se calcula por diferencia, en lugar de determinarlo por medio de un análisis específico.

1.5.1 FUNDAMENTO

En términos generales, la determinación proximal se realiza como se describe a continuación. Se calienta la muestra por algunas horas a aproximadamente 100°C para la determinación de humedad, o el residuo, que es la materia seca. Luego, se la incinera entre 500-600°C para obtener el contenido inorgánico conocido como cenizas.

Con la muestra seca, se realiza el análisis de proteína, que se determina mediante la determinación nitrógeno total multiplicado por un factor específico, generalmente 6.25, valor que se obtiene al asumir que en promedio 100g de proteína tienen 16g de

nitrógeno” [31]. El nitrógeno total se obtiene mediante el método Kjeldahl. El método se basa en la conversión del nitrógeno presente en la muestra a sulfato de amonio mediante la digestión con ácido sulfúrico concentrado. La mezcla digerida se neutraliza con un exceso de base concentrada y el amoniaco desplazado se destila posteriormente en una solución de ácido bórico. Finalmente, los aniones del borato formado, se titulan con ácido clorhídrico estandarizado.

De igual manera, a la muestra se le somete a una extracción con un solvente orgánico apolar, donde se extraen los lípidos y otros compuestos liposolubles, como los pigmentos, vitaminas liposolubles, etc. El residuo de esta extracción es sometido a una digestión ácida y después alcalina para determinar la fibra cruda.

Al obtener la diferencia entre 100 y lo determinado anteriormente (humedad, cenizas, proteína, fibra, lípidos), se determina lo que se conoce como extracto libre de nitrógeno (ELN) que básicamente contiene carbohidratos solubles como almidones, pectinas, etc.

CAPÍTULO 2

2. PARTE EXPERIMENTAL:

2.1 MUESTRAS:

El muestreo que se realizó fue aleatorio simple. La toma de muestras se llevó a cabo en diferentes supermercados y mercados populares de la ciudad de Quito. Los supermercados fueron Hipermarket, Supermaxi y Santa María. Los mercados populares fueron el de Ñaquito y Santa Clara.

En cada supermercado y mercado popular se tomó una muestra de cada variedad de fréjol (Canario, Bayo, Blanco, Rojo y Negro) por lo que en total, se obtuvo 25 muestras de 1kg cada una.

2.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

EQUIPOS:

- a) Molino eléctrico Victoria®

MATERIALES:

- a) Bolsas plásticas ziplock grandes

PROCEDIMIENTO:

- Para las determinaciones se realiza una homogenización previa moliendo los granos en el molino eléctrico.
- Se muele las muestras hasta obtener un aspecto de harina, es decir un tamaño de partícula muy pequeño.
- Es necesario limpiar adecuadamente el molino después de que se termina de moler cada muestra y se debe evitar el calentamiento del molino.
- Se coloca la muestra molida en una bolsa ziplock para los posteriores análisis. Se conserva a temperatura ambiente.

2.3 MÉTODOS:

Los análisis realizados fueron los siguientes: contenido de humedad, cenizas, grasas (material extraíble con éter de petróleo), proteína total y fibra cruda. Cada análisis se hizo por triplicado en cada una de las 25 muestras.

Los métodos utilizados fueron los descritos por la AOAC [32] y se describen a continuación.

2.3.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (AOAC 32.1.03):

EQUIPOS

- a) Estufa Binder ® FD 115

- b) Balanza analítica Mettler Toledo ® ML204, max 220g, d=0,1mg

MATERIALES

- a) Crisoles de acero inoxidable con tapa
- b) Desecador de vidrio de 30 cm que contiene sílica gel con CoCl_2 como indicador de humedad
- c) Espátula de acero inoxidable

PRINCIPIO DEL MÉTODO

Se mide la variación de masa, al secar en una estufa, una cantidad conocida de muestra durante 1 h a $130 \pm 3^\circ\text{C}$. La diferencia de peso se debe a la pérdida de agua por evaporación y eliminación de sustancias volátiles a esta temperatura.

PROCEDIMIENTO

- Pesar una cápsula previamente secada a 130°C fría con su tapa (P_i).
- Pesar con exactitud una cantidad de muestra bien homogenizada de aproximadamente 2 g (P_m) en la cápsula.
- Destapar la cápsula y secar la tapa y el contenido por 1 hora en la estufa a $130 \pm 3^\circ\text{C}$, (cuando la temperatura sea realmente 130°C).
- No cubrir la cápsula mientras ésta esté dentro de la estufa, colocar la tapa y retirarla.

- Transferirla al desecador y pesar tan pronto como la cápsula haya alcanzado la temperatura ambiente (P_f).

CÁLCULOS

$$\%H = \frac{P_i + P_m - P_f}{P_m} * 100 \quad (2.1)$$

Donde:

H = Humedad

P_i = Peso del cápsula + tapa

P_m = Peso muestra

P_f = Peso de la muestra después de secada + la cápsula + tapa

2.3.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS (AOAC 32.1.05)

EQUIPOS

- Mufla Barnstead/Thermolyne ® 48000
- Balanza analítica Mettler Toledo ® ML204, max 220g, d=0,1 mg

MATERIALES

- Crisoles de porcelana poco profundos.
- Desecador de vidrio de 30 cm que contiene sílica gel con CoCl_2 como indicador de humedad
- Pinza de crisoles
- Espátula de acero inoxidable

PRINCIPIO DEL MÉTODO

Se basa en la variación de masa debida a la eliminación de materia orgánica y oxidación de minerales por calcinación de la muestra seca a 550°C en una mufla durante aproximadamente 3h.

PROCEDIMIENTO:

- Pesar un crisol poco profundo previamente calcinado y enfriado en un desecador tan pronto haya alcanzado la temperatura ambiente (P_i).
- Pesar con exactitud una cantidad de 3-5g de muestra bien homogenizada (P_m).
- Calcinar la muestra a aproximadamente 550°C (rojo oscuro) hasta que las cenizas sean ligeramente grises o peso constante.
- Enfriar en el desecador y pesar tan pronto como la cápsula haya alcanzado la temperatura ambiente (P_f).

CÁLCULOS

$$\%C = \frac{P_f - P_i}{P_m} * 100 \quad (2.2)$$

Donde:

C = Cenizas totales

P_i = Peso del crisol calcinado

P_f = Peso de la muestra después de la calcinación + crisol

P_m = Peso inicial de la muestra seca

2.3.3 DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA (AOAC 4.5.01)

EQUIPOS

- a) Equipo de 6 planchas calefactoras para Soxhlet Sebelinte-188®
- b) Rotavapor Brinkmann ®
- c) Estufa Binder ® FD 115
- d) Balanza analítica Mettler Toledo ® ML204, max 220g, d=0,1mg

MATERIALES

- a) Cartuchos de extracción de celulosa 25 mm x 80 mm
- b) Núcleos de ebullición
- c) Equipo de vidrio Soxhlet de 250 ml
- d) Espátula de acero inoxidable
- e) Mangueras de latex
- f) Algodón
- g) Desecador de vidrio de 30 cm que contiene sílica gel con CoCl_2 como indicador de humedad

REACTIVOS

- a) Éter de petróleo

PRINCIPIO DEL MÉTODO

El contenido en lípidos y sustancias liposolubles se determina por extracción intermitente de la muestra seca con éter de petróleo en un aparato de extracción Soxhlet durante cuatro horas. El extracto se concentra con la ayuda del rotavapor y se lo seca en la estufa. Se mide la diferencia de masa del balón antes de la extracción y el balón con la grasa cruda después de haber sido secado.

PROCEDIMIENTO

- Pesar aproximadamente 2 g de muestra seca (P_m) en el cartucho de extracción, cubrir la boca del cartucho con algodón hidrófilo.
- Colocar el cartucho en el cuerpo del extractor Soxhlet.
- Pesar el balón previamente secado a 103 °C, conteniendo 3-4 núcleos de ebullición, y enfriado (P_i).
- Colocar aproximadamente 250 ml de éter de petróleo.
- Armar el equipo y realizar la extracción por 4 h a una velocidad de condensación de 5-6 gotas/s aproximadamente.
- Eliminar el solvente en el rotavapor y secar el balón por 30 min. a 103°C.
- Enfriar el matraz con la grasa en el desecador y pesar cuando este alcance la temperatura ambiente (P_f).

CÁLCULOS

$$\% G = \frac{(P_f - P_i) * 100}{P_m} \quad (2.3)$$

Donde:

G= Grasa cruda

P_f= Peso del balón seco + grasa cruda + núcleos de ebullición

P_i= Peso del balón secado + núcleos de ebullición

P_m= Peso de la muestra seca

2.3.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA (AOAC 4.2.11)

EQUIPOS

- a) Equipo de digestión Velp Scientifica®-DK-6
- b) Equipo de destilación Velp Scientifica®-UDK 129
- c) Scrubber Velp Scientifica®
- d) Bomba aspiradora de gases Velp Scientifica®
- e) Balanza analítica Mettler Toledo® ML204, max 220g, d=0,1mg

MATERIALES

- a) Tubos de digestión de vidrio para equipo Velp-Scientifica® DK de 250 ml.
- b) Erlenmeyers de 250 mL
- c) Bureta semiautomática de 50mL
- d) Pipeta volumétrica de 25 mL
- e) Espátula de acero inoxidable

f) Papel libre de nitrógeno

REACTIVOS

- a) Pastillas Kjeldahl Velp-Scientifica®: 3,5g sulfato de potasio y 3,5mg Selenio
- b) Solución valorada de ácido clorhídrico 0,1 N
- c) Ácido sulfúrico 96% p/p
- d) Solución de ácido Bórico al 4% p/v
- e) Solución de hidróxido de sodio al 40% p/v
- f) Agua destilada
- g) Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0.1 % p/v y azul de metileno al 0.1 % p/v en relación de 2:1, en alcohol etílico.

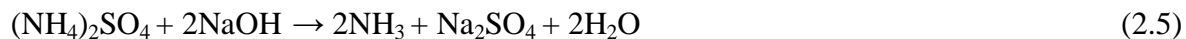
PRINCIPIO DEL MÉTODO

Se basa en la conversión del nitrógeno orgánico presente en la muestra a sulfato de amonio mediante la digestión con ácido sulfúrico concentrado y un catalizador. La mezcla digerida se neutraliza con un exceso de base concentrada y el amoníaco generado se destila posteriormente en una solución de ácido bórico. Finalmente, los aniones del borato formado, se titulan con ácido clorhídrico estandarizado. Las reacciones involucradas en el método Kjeldahl son las siguientes:

Digestión:



Destilación:



Titulación:



PROCEDIMIENTO:

A. DIGESTIÓN.

- Pesar con exactitud una cantidad de aproximadamente 0,5g de la muestra molida homogenizada y seca en un papel libre de nitrógeno y transferirlo a cada tubo de digestión.
- Agregar a la muestra 2 pastillas Kjeldahl y 12 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Colocar el tubo de digestión en el bloque de digestión y durante 60 min a 420°C.
- Colocar el extractor de gases en los tubos de digestión y prender la bomba aspiradora de gases conectada al scrubber, para que los gases emanados por la digestión no salgan al exterior y sean percibidos.
- Terminada la digestión, colocar los tubos de digestión en el soporte de enfriamiento, y dejar enfriar los tubos de digestión.

B. DESTILACIÓN

- Colocar el erlenmeyer que contenga 30mL de ácido bórico al 4% con 5-7 gotas del indicador de Tashiro en el equipo de destilación.
- Colocar el tubo de digestión en el equipo de destilación y agregar 50 ml de la solución de hidróxido de sodio al 40 % del contenedor de esta solución.
- Destilar por arrastre de vapor y recolectar 150 mL del destilado en el erlenmeyer que contiene el ácido bórico.

C. TITULACIÓN

- Titular con la solución de HCl 0,1M valorada hasta que el color de la solución pase de verde a un tono ligeramente rosa.

CÁLCULOS

$$\% N = \frac{V_{HCl} \cdot M_{HCl} \cdot 14,01}{P_m \cdot 10} \quad (2.8)$$

$$\% \textit{Proteína} = \%N \cdot F \quad (2.9)$$

Donde:

N= Nitrógeno

VHCl= Volumen de la solución de ácido clorhídrico 0,1M

MHCl= Molaridad exacta de la solución de ácido clorhídrico

14,01= Peso atómico del nitrógeno

10= Factor para convertir mg/g en %

F= Factor para convertir el %N en % proteína*

*Para el caso del fréjol F=6,25, que corresponde a 16g de nitrógeno en 100g de proteína

2.3.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA (AOAC 4.6.02)

EQUIPOS

- a) Equipo para determinación de fibra Velp Scientifica® FIWE-6
- b) Balanza analítica Mettler Toledo® ML204, max 220g, d=0,1mg
- c) Mufla Barnstead/Thermolyne® 48000
- d) Estufa Binder® FD 115

MATERIALES

- a) Crisoles de vidrio poroso (P-2).
- b) Desecador de cristal de 30cm con sílica gel
- c) Espátula de acero inoxidable

REACTIVOS

- a) Solución valorada de ácido sulfúrico $0,128 \pm 0,003$ M (1,25% p/v).
- b) Solución valorada de hidróxido de sodio $0,313 \pm 0,005$ M (1,25% p/v).
- c) Ftalato ácido de potasio
- d) n-octanol como antiespumante.

e) Agua destilada calientes y fría

f) Acetona

PRINCIPIO DEL MÉTODO

El método se basa en la eliminación de compuestos solubles de la muestra en soluciones de H_2SO_4 al 1,25% p/v y NaOH al 1,25% p/v mediante filtración en un crisol de vidrio poroso. El residuo de la filtración es secado y posteriormente calcinado. Se mide la diferencia de peso entre el crisol con la muestra secada y el peso del crisol con la muestra calcinada.

PROCEDIMIENTO

- En un crisol de vidrio poroso limpio y calcinado, añadir con exactitud aproximadamente 1g de muestra molida y seca.
- Añadir la solución de H_2SO_4 precalentada en la plancha de calentamiento hasta la marca de 150 ml del equipo Velp Scientifica® FIWE-6.
- Añadir 3-5 gotas de n-octanol como agente antiespumante y hervir exactamente por 30 min. A partir del inicio de la ebullición.
- Lavar 3 veces con 30 ml de agua caliente desionizada (llenar el crisol hasta el borde), conectando cada vez el compresor de aire para mezclar el contenido del crisol.
- Eliminar cada líquido de lavado por medio de vacío, manejando la temperatura para evitar que las muestras se quemem.

- Después de drenar el último lavado agregar 150 ml de solución de NaOH precalentada y 3-5 gotas de n-octanol como antiespumante y hervir exactamente por 30 min. A partir del inicio de la ebullición.
- Lavar 3 veces con 30 ml de agua caliente desionizada el contenido del crisol, eliminando cada vez el líquido de lavado.
- Realizar un último lavado con 30 ml de agua desionizada fría para que se enfríe el crisol.
- Lavar con 25 ml de acetona, conectando el compresor de aire para mezclar el contenido del crisol.
- Retirar el crisol del equipo y secar el contenido en una estufa a 105 °C por una hora o hasta peso constante. Deja enfriar en un desecador y pesar (F_1), este peso representa la fibra cruda más la ceniza.
- Colocar el crisol en una mufla a 550 °C por 3 horas (antes de retirar los crisoles enfriar la mufla hasta 200°C), y enfriarlo en un desecador, pesar el crisol una vez frío (F_2). La diferencia de peso con el obtenido en el paso anterior constituye la fibra cruda.

CÁLCULOS

$$\% F_C = \frac{(F_1 - F_2) * 100}{F_0} \quad (2.10)$$

Donde:

F_c = Fibra cruda

F_1 = Peso del crisol + muestra secados en la estufa

F_2 = Peso del crisol + cenizas

F_0 = Peso de la muestra

Nota: las imágenes de los equipos mencionados se encuentran en el Anexo 1

2.4 MÉTODOS ESTADÍSTICOS

2.4.1 MEDIA ARITMÉTICA

El promedio o media aritmética es un estadístico que nos permite encontrar el valor representativo de un conjunto de datos.

Se define por la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} \quad (2.11)$$

Donde x_i son los valores de los resultados individuales y n es el número de observaciones.

Para cada parámetro se obtuvo la media del análisis de cada muestra por triplicado y la media total de cada variedad, utilizando los 15 resultados de las cinco muestras.

2.4.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La dispersión nos indica el grado de distanciamiento que existe entre un conjunto de valores y su media. Es la manera de conocer la precisión de un análisis. El estadístico más

usado para medir la dispersión de resultados es la desviación estándar, su fórmula se muestra a continuación:

$$s = \sqrt{\sum_i^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

Donde:

s = Desviación estándar

x_i = Valor de cada resultado individual

\bar{x} = Media de los resultados

n = Número de observaciones

Para cada parámetro, se calculó la desviación estándar de cada triplicado y la desviación estándar de cada variedad utilizando el total de 15 datos.

2.4.3 PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN

Las pruebas de significación estadística se emplean para comparar variables entre distintas muestras y, en consecuencia, aceptar o rechazar la hipótesis nula (H_0), la cual afirma que no existen diferencias significativas entre las variables en un intervalo de confianza determinado. En este caso, se utilizará un intervalo de confianza del 95%. Si se rechaza la hipótesis nula, se acepta la hipótesis alterna (H_1) que sostiene que sí existe una diferencia significativa dentro de este intervalo de confianza. En resumen, siendo X la variable a comparar, se asume lo siguiente:

Si se acepta la hipótesis nula:

$$X_1 = X_2$$

Si se acepta la hipótesis alterna:

$$X_1 \neq X_2$$

2.4.3.1 PRUEBA T

La distribución t de Student es una aproximación a la distribución Normal cuando el tamaño de la muestra es pequeño. A diferencia de la distribución Normal, la de Student toma en cuenta el número de observaciones en la muestra.

La prueba t de Student es una herramienta que nos permite comparar dos medias para saber si existe una diferencia estadísticamente significativa. En este caso se utilizará la fórmula para comparar la media de una muestra con un valor teórico definido [33].

La fórmula es la siguiente:

$$t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{s} \sqrt{n} \quad (2.13)$$

Donde:

t= Valor que será comparado con el tabulado en la distribución t de Student.

\bar{x} = Media muestral

μ = Valor teórico

s= Desviación estándar muestral

n= Número de observaciones en la muestra.

El valor t calculado se compara con el valor $t_{\alpha, n-1}$ en la Tabla de la distribución de Student con el nivel de significación $\alpha=0.05$ (ya que se utiliza el 95% de confianza) con $n-1$ grados de libertad. Si el valor de t calculado es menor que el tabulado se acepta la hipótesis nula, de lo contrario se acepta la hipótesis alterna, que sostiene que sí existe diferencia significativa entre la media muestral y el valor teórico.

En la presente disertación, se evaluó si existe diferencia significativa entre los promedios obtenidos de cada variedad con los presentados en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos elaborada en 1965 [5]. Las variedades encontradas en la tabla de 1965 son las siguientes: Canario, Bayo, Blanco y Rojo. Los datos de estas variedades se encuentran en el Anexo 2.

2.4.3.2 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

El análisis de varianza es una herramienta estadística que nos permite comparar más de dos medias simultáneamente y saber si existen diferencias significativas entre éstas.

En primer lugar, debemos recordar que la varianza es la desviación estándar elevada al cuadrado y que por lo tanto, también nos proporciona una medida de la cercanía de los datos individuales con respecto a la media.

Para explicar de una mejor manera en qué consiste el análisis de varianza, consideremos la siguiente figura:

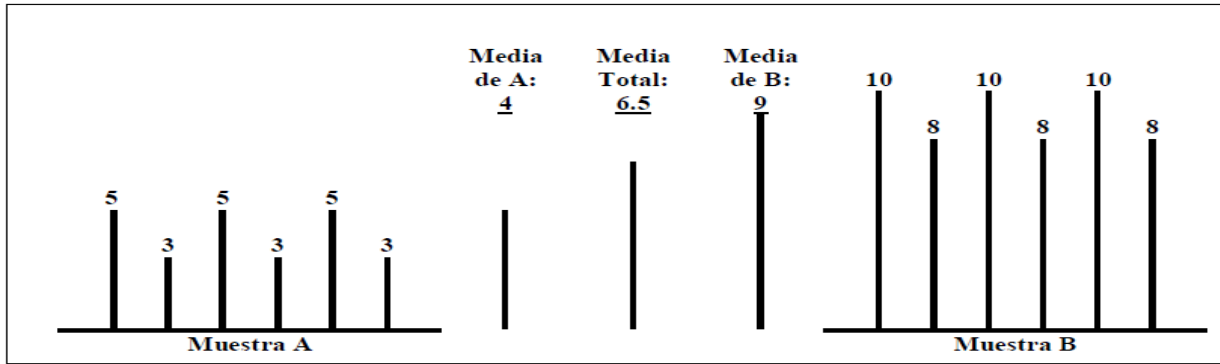


Figura 2.1 Representación de dos grupos de datos [34]

Al tener dos grupos de datos, se puede observar que cada grupo posee una media y por lo tanto, se puede calcular la varianza de cada dato con respecto a su media, a esta varianza se llama varianza dentro de los grupos (s^2_w).

Igualmente, si consideramos todos los datos dentro de un mismo grupo tenemos una media total. Si se toma a cada media grupal como datos individuales, se puede calcular la varianza de cada media grupal con respecto a la media total, esta es la varianza entre grupos (s^2_b).

Si la varianza entre grupos es significativamente mayor que la varianza dentro de los grupos, querrá decir que los dos grupos pertenecen a poblaciones distintas, y que no se puede juntar a los datos individuales dentro de un mismo grupo (la diferencia entre medias es significativa).

El estadístico que nos ayuda a identificar si la diferencia es significativa es el valor F de la distribución de Fisher. El valor de F, calculado a partir de la relación s^2_b/s^2_w , se compara con el valor proporcionado por la Tabla de la distribución F al 95% de confianza. Si el

valor de F calculado es mayor al tabulado, la hipótesis nula se rechaza, es decir, existe diferencia significativa entre las medias.

De una manera más práctica, podemos definir si la diferencia es significativa en términos de P, siendo ésta la probabilidad de que la diferencia entre medias se deba al azar. Si P es mayor a 0,05 la diferencia entre las medias se debe al azar, y por lo tanto se acepta la hipótesis nula. El valor de P se obtiene a partir del valor de F.

En la siguiente tabla se resumen las fórmulas utilizadas en el ANOVA:

Tabla 2.1 Fórmulas utilizadas en el análisis de varianza simple [35]

Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados o varianza	F
Entre grupos	$a - 1$	$v_b = b \sum_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2$	$s_b^2 = \frac{v_b}{a - 1}$	$\frac{s_b^2}{s_w^2}$
Dentro de los grupos o error	$a(b - 1)$	$v_w = \sum_{j,k} (x_{jk} - \bar{x}_j)^2$	$s_w^2 = \frac{v_w}{a(b - 1)}$	
Total	$ab - 1$	$v_T = v_b + v_w$		

Donde:

a = Número de los diferentes grupos

b = Número de réplicas en cada grupo

x_{jk} = Valor de cada réplica

\bar{x}_j = Media de cada grupo

\bar{x} = Media total

En el presente estudio, se realizaron dos análisis de varianza. Uno, para evaluar si existen diferencias significativas entre variedades; y otro, para comparar las cinco muestras de una misma variedad.

2.4.3.3 PRUEBA HSD DE TUKEY

La prueba HSD (Honestly Significant Difference por sus siglas en inglés) de Tukey consiste en realizar comparaciones múltiples entre los distintos pares de medias, después de obtener un análisis de varianza significativo. El análisis de varianza nos indica que al menos una de las medias difiere de las otras, pero no nos dice cuál, o si es más de una, o si son todas las que difieren entre sí. Es por esto que se utiliza la prueba de Tukey, la cual compara una a una todas las medias.

La fórmula para calcular la HSD es:

$$HSD = q * \sqrt{\frac{S_w^2}{b}} \quad (2.14)$$

Donde:

HSD= Diferencia Honestamente Significativa

q= Valor encontrado en la Tabla de Tukey al 95% de confianza según los grados de libertad correspondientes.

S_w^2 = Media de cuadrados dentro de los grupos

b= Número de repeticiones dentro de cada grupo

Después de determinar la HSD se calcula la diferencia entre cada par de medias. Si esta última es mayor que la HSD, se considera que hay una diferencia significativa [33].

Se realizó la prueba de Tukey para los dos anovas realizados.

CAPÍTULO 3

3.1 RESULTADOS:

Se realizó el análisis de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína total y fibra cruda en cinco muestras, por cada variedad de fréjol. Cada análisis se hizo por triplicado en cada una de las muestras. Al obtener la diferencia entre 100 y lo determinado anteriormente, mediante cálculo, se determina lo que se conoce como extracto libre de nitrógeno (ELN) que básicamente contiene los carbohidratos solubles. En las tablas se presentan los resultados obtenidos en los de cada variedad de fréjol.

Tabla 3.1 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Blanco

N°muestra	%Humedad	%Cenizas	%Grasa	%Proteína	%Fibra	% ELN
1	14,87	4,07	1,74	23,56	4,50	51,26
	14,82	4,08	1,70	23,59	4,20	51,59
	14,98	4,03	1,64	23,44	4,61	51,30
2	14,64	3,64	1,65	23,79	3,83	52,44
	14,71	3,66	1,63	23,51	3,72	52,76
	14,64	3,65	1,57	23,33	3,78	53,02
3	14,79	4,59	1,29	23,53	4,04	51,76
	14,74	4,58	1,33	23,53	3,96	51,86
	14,79	4,57	1,29	23,53	3,94	51,89
4	13,07	4,27	1,41	22,99	4,25	54,01
	13,13	4,25	1,45	23,33	4,59	53,24
	13,02	4,27	1,47	23,36	4,55	53,34
5	14,65	4,10	1,40	22,65	4,75	52,46
	14,67	4,09	1,32	23,05	4,36	52,51
	14,59	4,03	1,36	22,99	4,56	52,47

Tabla 3.2 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Canario

Nºmuestra	%Humedad	%Cenizas	%Grasa	%Proteína	%Fibra	% ELN
1	16,89	3,39	1,09	23,16	3,31	52,16
	16,92	3,43	1,14	22,47	3,50	52,54
	16,79	3,29	1,16	22,75	3,56	52,44
2	14,68	4,22	1,53	23,08	3,57	52,92
	14,59	4,20	1,52	23,57	3,84	52,28
	14,57	4,21	1,61	23,06	3,76	52,79
3	15,64	4,50	1,46	23,36	3,86	51,19
	15,46	4,47	1,42	23,38	3,97	51,30
	15,71	4,44	1,40	23,28	4,15	51,02
4	15,30	4,17	1,25	22,01	3,83	53,44
	15,41	4,18	1,30	22,32	4,03	52,76
	15,31	4,14	1,29	22,46	4,09	52,71
5	17,08	4,24	1,40	23,13	4,05	50,10
	17,09	4,21	1,32	23,24	4,15	49,99
	17,01	4,22	1,36	23,36	4,03	50,02

Tabla 3.3 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Bayo

Nºmuestra	%Humedad	%Cenizas	%Grasa	%Proteína	%Fibra	% ELN
1	12,65	4,21	1,26	22,56	4,81	54,51
	12,84	4,20	1,34	22,84	4,35	54,43
	12,80	4,14	1,25	22,56	4,55	54,71
2	12,29	4,24	1,19	20,67	4,57	57,04
	12,38	4,20	1,18	20,52	4,77	56,94
	12,43	4,17	1,07	20,48	4,02	57,83
3	12,81	4,26	1,50	19,77	4,38	57,28
	12,98	4,25	1,46	20,13	4,43	56,76
	12,76	4,25	1,45	20,35	4,53	56,66
4	11,14	4,30	1,26	20,74	5,07	57,49
	11,08	4,23	1,27	20,40	4,58	58,44
	11,19	4,21	1,29	20,11	4,76	58,43
5	12,81	3,68	1,27	20,90	4,81	56,53
	12,75	3,67	1,32	20,56	4,66	57,03
	12,78	3,64	1,29	21,02	4,38	56,88

Tabla 3.4 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Negro

N°muestra	%Humedad	%Cenizas	%Grasa	%Proteína	%Fibra	% ELN
1	13,69	3,93	1,26	23,98	4,61	52,52
	13,56	4,17	1,34	24,13	4,59	52,21
	13,48	3,93	1,25	23,71	4,49	53,14
2	13,73	4,86	1,08	23,94	4,75	51,64
	13,85	4,79	1,09	23,99	4,97	51,30
	13,76	4,77	1,09	23,78	4,98	51,63
3	13,57	4,72	1,46	23,35	4,81	52,09
	13,67	4,69	1,37	23,70	4,95	51,62
	13,70	4,73	1,41	23,74	5,03	51,39
4	12,69	4,70	1,29	22,71	5,14	53,48
	12,59	4,69	1,30	22,78	4,72	53,92
	12,58	4,65	1,28	22,52	5,14	53,83
5	12,81	4,50	1,34	23,04	4,84	53,48
	12,75	4,47	1,36	23,11	4,85	53,46
	12,78	4,46	1,38	23,17	5,14	53,06

Tabla 3.5 Resultados de los principales componentes nutricionales del fréjol Rojo

N°muestra	%Humedad	%Cenizas	%Grasa	%Proteína	%Fibra	% ELN
1	14,63	3,45	1,32	23,98	4,18	52,45
	14,64	3,43	1,31	24,13	4,09	52,41
	14,62	3,43	1,28	23,71	4,03	52,94
2	14,40	4,47	1,46	22,51	4,46	52,70
	14,44	4,46	1,44	22,36	4,21	53,09
	14,39	4,42	1,48	22,61	4,70	52,40
3	15,27	4,73	1,46	22,09	4,51	51,95
	15,26	4,70	1,37	21,81	4,48	52,38
	15,18	4,66	1,41	22,04	4,54	52,16
4	14,30	4,10	1,33	22,28	3,99	54,00
	14,37	4,10	1,36	22,31	4,07	53,78
	14,24	4,11	1,38	22,09	4,48	53,70
5	12,81	3,84	1,30	22,26	4,46	55,34
	12,75	3,85	1,30	22,08	4,88	55,13
	12,78	3,83	1,26	22,29	4,87	54,97

3.2 TRATAMIENTO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.2.1 MEDIA ARITMÉTICA

En las siguientes tablas se presentan los promedios de los análisis realizados por triplicado en cada una de las muestras de las cinco variedades de fréjol. También, se reporta el promedio general de cada parámetro.

Nota: el tratamiento de resultados no se realizó para los resultados de ELN (carbohidratos totales) debido a que estos resultados no se obtuvieron por medio de análisis.

Tabla 3.6 Resultados promedio de porcentaje de humedad en las cinco variedades de fréjol

N° muestra	Blanco	Canario	Bayo	Negro	Rojo
1	14,89	16,87	12,76	13,58	14,63
2	14,67	14,61	12,37	13,78	14,41
3	14,77	15,60	12,85	13,64	15,24
4	13,07	15,34	11,14	12,62	14,30
5	14,64	17,06	12,78	12,78	12,78
Promedio	14,41	15,90	12,38	13,28	14,27

La variedad que mayor humedad presenta es el fréjol Canario con casi el 16% de humedad promedio. Al fréjol Canario, le sigue el Blanco y Rojo con un porcentaje de humedad similar, y por último están el fréjol Negro y Bayo.

Según la Norma NTE INEN (Norma Técnica Ecuatoriana) 1561 de los requisitos del fréjol en grano, el porcentaje máximo de humedad que debe tener el fréjol es del 13%. Se puede observar que todas las variedades de fréjol superan este límite con excepción del fréjol Bayo. La humedad de los granos es el principal factor que influye en el deterioro de los granos en almacenamiento. Si no hay un correcto control, se promueve el crecimiento de hongos y bacterias además de la atracción a insectos. De hecho, es el único parámetro químico que se regula en la norma INEN.

Tabla 3.7 Resultados promedio del porcentaje de cenizas en las cinco variedades de fréjol

N° muestra	Blanco	Canario	Bayo	Negro	Rojo
1	4,06	3,37	4,18	4,01	3,43
2	3,65	4,21	4,21	4,81	4,45
3	4,58	4,47	4,25	4,71	4,69
4	4,26	4,16	4,25	4,68	4,11
5	4,07	4,22	3,67	4,47	3,84
Promedio	4,12	4,09	4,11	4,54	4,10

En lo que se refiere a cenizas, todas las variedades de fréjol tienen un promedio similar, a excepción del fréjol Negro que posee aproximadamente un 10% más contenido mineral en comparación a las otras variedades, por lo que se puede deducir que esta variedad tiene una mayor cantidad de minerales.

Tabla 3.8 Resultados promedio del porcentaje de grasa en las cinco variedades de fréjol

N°muestra	Blanco	Canario	Bayo	Negro	Rojo
1	1,69	1,13	1,28	1,28	1,30
2	1,62	1,55	1,15	1,09	1,46
3	1,30	1,43	1,47	1,41	1,41
4	1,44	1,28	1,27	1,29	1,36
5	1,36	1,36	1,29	1,36	1,29
Promedio	1,48	1,35	1,29	1,29	1,36

Como es ya conocido, el fréjol tiene un bajo porcentaje de grasa, lo cual se confirma con el análisis de grasa realizado a las cinco variedades. En promedio, la variedad que posee el valor más alto de porcentaje de grasa es el fréjol Blanco y las más bajas el fréjol Bayo y Negro. Sin embargo, el valor más bajo es 1,29% y el más alto 1,48%, lo cual no implica una diferencia nutricional importante en las cinco variedades.

Tabla 3.9 Resultados promedio del porcentaje de proteína en las cinco variedades de fréjol

N°muestra	Blanco	Canario	Bayo	Negro	Rojo
1	23,53	22,79	22,65	23,94	23,94
2	23,55	23,24	20,56	23,90	22,49
3	23,53	23,34	20,08	23,60	21,98
4	23,23	22,26	20,41	22,67	22,23
5	22,90	23,25	20,83	23,11	22,21
Promedio	23,35	22,98	20,91	23,44	22,57

El contenido de proteína en las cinco variedades de fréjol, es sin duda, apreciablemente importante. En promedio, el rango en que se encuentra el porcentaje de proteína es del 20,91% - 23,44%, siendo el fréjol Bayo el que tiene un menor contenido de este nutriente y el Negro, el mayor.

Tabla 3.10 Resultados promedio del porcentaje de fibra cruda en las cinco variedades de fréjol.

N° muestra	Blanco	Canario	Bayo	Negro	Rojo
1	4,44	3,46	4,57	4,56	4,10
2	3,78	3,72	4,46	4,90	4,46
3	3,98	3,99	4,44	4,93	4,51
4	4,47	3,98	4,81	5,00	4,18
5	4,56	4,08	4,62	4,94	4,74
Promedio	4,24	3,85	4,58	4,87	4,40

El fréjol Negro es el que presenta un mayor contenido de fibra en relación a las otras variedades con 4,87%, seguida de el fréjol Bayo, Rojo, blanco y finalmente el Canario con 3,85%.

3.2.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

A continuación se muestra la tabla en donde se evalúa la desviación estándar de todas las muestras (triplicados), para cada nutriente. También, se obtuvo la desviación estándar total utilizando los 15 datos de cada variedad.

Tabla 3.11 Desviación estándar de los resultados obtenidos en el porcentaje de humedad, cenizas, proteína y fibra.

Nutriente	N° muestra	Blanco	Canario	Bayo	Negro	Rojo
%Humedad	1	0,081	0,067	0,099	0,107	0,009
	2	0,041	0,058	0,071	0,059	0,030
	3	0,027	0,128	0,113	0,069	0,048
	4	0,059	0,063	0,053	0,062	0,062
	5	0,041	0,043	0,030	0,030	0,030
	Total	0,698	0,966	0,670	0,501	0,842
%Cenizas	1	0,030	0,073	0,042	0,139	0,011
	2	0,007	0,010	0,035	0,048	0,029
	3	0,012	0,031	0,010	0,022	0,036
	4	0,008	0,020	0,045	0,026	0,003
	5	0,036	0,013	0,019	0,019	0,014
	Total	0,314	0,387	0,234	0,299	0,460
%Grasa	1	0,052	0,036	0,051	0,051	0,019
	2	0,044	0,050	0,064	0,009	0,018
	3	0,021	0,028	0,031	0,042	0,042
	4	0,030	0,026	0,018	0,012	0,026
	5	0,039	0,039	0,027	0,021	0,022
	Total	0,158	0,151	0,112	0,119	0,071
%Proteína	1	0,082	0,344	0,162	0,214	0,214
	2	0,228	0,293	0,103	0,110	0,128
	3	0,003	0,055	0,294	0,216	0,150
	4	0,204	0,232	0,312	0,135	0,121
	5	0,219	0,113	0,238	0,067	0,115
	Total	0,301	0,463	0,959	0,523	0,740
%Fibra	1	0,211	0,129	0,230	0,064	0,078
	2	0,055	0,137	0,389	0,128	0,243
	3	0,056	0,148	0,077	0,109	0,029
	4	0,187	0,138	0,247	0,243	0,261
	5	0,193	0,063	0,217	0,175	0,240
	Total	0,344	0,259	0,253	0,209	0,291

Para todos los nutrientes, la desviación estándar en cada muestra es baja por lo que existe una precisión satisfactoria en los resultados de las tres réplicas. Es evidente que la

desviación estándar total de las variedades es más alta en relación a la de las de las muestras, debido a que en la total se toman en cuenta los 15 datos de las cinco muestras, y la diferencia entre los resultados de cada muestra es considerable.

En relación al porcentaje de humedad, se puede notar que el fréjol Canario es la variedad que mayor desviación estándar total presenta, esto se debe a que existen dos muestras (ver Tabla 3.6) que presentan un porcentaje de humedad promedio muy elevado de aproximadamente el 17%, mientras que las tres muestras restantes tienen un porcentaje de humedad de alrededor del 15%. En el caso del fréjol Rojo, que también resalta su elevada desviación estándar se debe a que, por un extremo, una de las muestras tiene un valor muy elevado del porcentaje de humedad (15,24%) y por el extremo contrario, otra de las muestra tiene un porcentaje de humedad inferior (12,78%) a la media (14,27%).

En lo que se refiere al porcentaje de cenizas, las variedades Rojo y Canario son las que tienen una desviación estándar total considerablemente elevada en relación a las otras variedades. La variación del fréjol Rojo se debe a que todas las muestras tienen una media distante de la media total (ver Tabla 3.7). En el caso del fréjol Canario, la muestra que hace incrementar la desviación estándar total es la primera, con un valor de 3.4%, siendo la media total 4,09%.

Es notorio, que en relación al contenido de proteína, las desviaciones estándar totales de todas las variedades difieren entre sí, siendo las más elevadas las del fréjol Bayo, Rojo y Negro. En los casos de las variedades Bayo y Rojo la muestra que aumenta el valor de la desviación estándar total es la primera, su valor es mucho más elevado que la media total

de la variedad respectiva (ver Tabla 3.9). Por el contrario, en el caso del fréjol Negro, la desviación estándar es incrementada debido a que la cuarta muestra posee una media muestral (22,67%) considerablemente inferior a la media total (23,44%).

En cuanto al contenido de grasa y de fibra, la desviación estándar en todas las variedades es similar, por lo que la variación en estos parámetros no depende la variedad de fréjol.

3.2.3 PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN

3.2.3.1 PRUEBA t

Se realizó la prueba t entre las variedades analizadas y las encontradas en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos. Para cada parámetro, se tomó el promedio de cada variedad (15 datos) y se lo comparó con el presentado en la tabla. Para realizar la comparación con el fréjol Rojo, se tomó los datos del fréjol Cholo ya que se lo conoce de ambas maneras (Ver Anexo 2).

Tabla N° 3.12 Datos reportados en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos de 1965

Nutriente	Blanco	Canario	Bayo	Cholo
% Humedad	11,4	14,5	12,4	14,7
% Cenizas	4,0	3,2	3,6	4,5
% Grasa	1,3	1,3	1,5	1,1
% Proteína	18,7	21,0	19,5	19,9
% Fibra	4,2	3,4	4,4	6,7

Nota: no se encontró reportados los datos para la composición química del fréjol Negro.

Los resultados de la prueba t son los siguientes:

Nota: el valor crítico de t encontrado en la Tabla de Student con 14 grados de libertad es 1,7613 (ver Anexo 3).

Tabla 3.13 Resultados de la prueba t de las cinco variedades de fréjol analizadas y las presentadas en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos.

Nutriente	Variedad	t	Criterio
% Humedad	Blanco	16,6902	H ₀ rechazada
	Canario	5,6007	H ₀ rechazada
	Bayo	0,1171	H₀ aceptada
	Rojo	65,6588	H ₀ rechazada
% Cenizas	Blanco	1,5369	H₀ aceptada
	Canario	8,8747	H ₀ rechazada
	Bayo	8,4730	H ₀ rechazada
	Rojo	34,5829	H ₀ rechazada
% Grasa	Blanco	4,4685	H ₀ rechazada
	Canario	1,2631	H₀ aceptada
	Bayo	7,1475	H ₀ rechazada
	Rojo	14,3564	H ₀ rechazada
% Proteína	Blanco	59,7131	H ₀ rechazada
	Canario	16,5390	H ₀ rechazada
	Bayo	5,6851	H ₀ rechazada
	Rojo	13,9779	H ₀ rechazada
% Fibra	Blanco	0,5058	H₀ aceptada
	Canario	6,6834	H ₀ rechazada
	Bayo	2,7288	H ₀ rechazada
	Rojo	30,6363	H ₀ rechazada

El valor de t se calculó con la fórmula $t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{s} \sqrt{n}$, mencionada en el Capítulo 2, en lugar de usar la fórmula para comparar dos muestras $t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$

Esta consideración se llevó a cabo ya que no se conoce las condiciones de los análisis realizados para los datos reportados en la tabla de 1965 y por tanto, no se conoce la desviación estándar ni el número de muestras utilizadas en la elaboración de la tabla.

En la Tabla 3.13 casi todas las comparaciones presentan una diferencia significativa con los valores establecidos en la tabla de 1965, a excepción del porcentaje de humedad en el fréjol Bayo, el porcentaje de cenizas en el fréjol Blanco, el porcentaje de grasa en fréjol Canario y el porcentaje de fibra en el fréjol Blanco. Cabe recalcar que todas las comparaciones con el porcentaje de proteína presentan una diferencia significativa y que las cantidades reportadas en la tabla de 1965 son inferiores a las determinadas en este estudio.

3.2.3.2 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

3.2.3.2.1 ANOVA ENTRE VARIEDADES

Para cada parámetro, se realizó el análisis de varianza para evaluar si existen diferencias significativas entre las cinco variedades de fréjol. Las medias comparadas en este caso, son las obtenidas a partir de los 15 datos, que resultan de los análisis realizados a las 5 muestras de cada variedad, por triplicado. La tabla con los resultados de los análisis de varianza se muestra a continuación. El modelo de cálculo se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 3.14 Anova para el porcentaje de humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra en las cinco variedades de fréjol

Nota: El valor de F crítico es 2,50 según la Tabla de Fisher al 95% confianza (ver Anexo 3).

Nutriente	Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
%Humedad	Entre Variedades	4	104,531	26,133	46,18	0,000	H₀ rechazada
	Error	70	39,611	0,566			
	Total	74	144,142				
%Cenizas	Entre Variedades	4	2,230	0,557	4,62	0,002	H₀ rechazada
	Error	70	8,452	0,121			
	Total	74	10,681				
%Grasa	Entre Variedades	4	0,3609	0,0902	5,79	0,000	H₀ rechazada
	Error	70	1,0914	0,0156			
	Total	74	1,4523				
%Proteína	Entre Variedades	4	63,442	15,861	38,76	0,000	H₀ rechazada
	Error	70	28,645	0,409			
	Total	74	92,087				
%Fibra	Entre Variedades	4	8,6837	2,1709	28,73	0,000	H₀ rechazada
	Error	70	5,2888	0,0756			
	Total	74	13,9725				

En todos los nutrientes, las variedades presentan diferencias estadísticamente significativas. Los valores de F más cercanos al valor de F crítico, son los correspondientes al porcentaje de cenizas y grasa, los cuales en la discusión anteriormente realizada sobre las medias aritméticas obtenidas, mostraban valores cercanos entre sí.

3.2.3.2.2 ANOVA ENTRE MUESTRAS

Debido a que el análisis de varianza realizado anteriormente indica que existen diferencias significativas para todos los parámetros, se prosiguió a realizar un anova para comparar las cinco muestras tomadas de cada variedad.

A continuación se muestran las tablas con los resultados de análisis de varianza realizados para cada nutriente.

Nota: el valor crítico de F para los análisis de varianza realizados es 3,48 (Ver Anexo3).

Tabla 3.15 Anova para el porcentaje de humedad en las cinco muestras de cada variedad de fréjol

Variedad	Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Blanco	Entre muestras	4	6,78874	1,69719	600,28	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,02827	0,00283			
	Total	14	6,81701				
Canario	Entre muestras	4	1,374647	0,343662	716,21	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,004798	0,000480			
	Total	14	1,379445				
Bayo	Entre muestras	4	6,22246	1,55562	247,68	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,06281	0,00628			
	Total	14	6,28527				
Negro	Entre muestras	4	3,47110	0,86777	177,48	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,04889	0,00489			
	Total	14	3,51999				
Rojo	Entre muestras	4	1,20484	0,30121	64,86	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,04644	0,00464			
	Total	14	1,25128				

**Tabla 3.16 Anova para el porcentaje de cenizas en las cinco muestras de cada
variedad de fréjol**

Variedad	Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Blanco	Entre muestras	4	1,374647	0,343662	716,21	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,004798	0,000480			
	Total	14	1,379445				
Canario	Entre muestras	4	2,08424	0,52106	377,90	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,01379	0,00138			
	Total	14	2,09803				
Bayo	Entre muestras	4	0,75363	0,18841	170,77	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,01103	0,00110			
	Total	14	0,76466				
Negro	Entre muestras	4	1,20484	0,30121	64,86	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,04644	0,00464			
	Total	14	1,25128				
Rojo	Entre muestras	4	2,953392	0,738348	1521,43	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,004853	0,000485			
	Total	14	2,958245				

Tabla 3.17 Anova para el porcentaje de grasa en las cinco muestras de cada variedad de fréjol.

Variedad	Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Blanco	Entre muestras	4	0,33578	0,08395	55,59	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,01510	0,00151			
	Total	14	0,35088				
Canario	Entre muestras	4	0,30382	0,07595	55,36	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,01372	0,00137			
	Total	14	0,31754				
Bayo	Entre muestras	4	0,15868	0,03967	22,92	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,01731	0,00173			
	Total	14	0,17598				
Negro	Entre muestras	4	0,18821	0,04705	46,74	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,01007	0,00101			
	Total	14	0,19827				
Rojo	Entre muestras	4	0,063782	0,015945	22,09	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,007218	0,000722			
	Total	14	0,071000				

**Tabla 3.18 Anova para el porcentaje de proteína en las cinco muestras de cada
variedad de fréjol.**

Variedad	Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Blanco	Entre muestras	4	0,9748	0,2437	8,22	0,003	H₀ rechazada
	Error	10	0,2966	0,0297			
	Total	14	1,2714				
Canario	Entre muestras	4	2,4488	0,6122	11,20	0,001	H₀ rechazada
	Error	10	0,5467	0,0547			
	Total	14	2,9956				
Bayo	Entre muestras	4	12,3156	3,0789	55,50	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,5547	0,0555			
	Total	14	12,8703				
Negro	Entre muestras	4	3,5792	0,8948	35,05	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,2553	0,0255			
	Total	14	3,8345				
Rojo	Entre muestras	4	7,3627	1,8407	89,06	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,2067	0,0207			
	Total	14	7,5693				

Tabla 3.19 Anova para el porcentaje de fibra en las cinco muestras de cada variedad de fréjol

Variedad	Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Blanco	Entre muestras	4	1,4084	0,3521	14,27	0,000	H₀ rechazada
	Error	10	0,2467	0,0247			
	Total	14	1,6550				
Canario	Entre muestras	4	0,7806	0,1951	12,17	0,001	H₀ rechazada
	Error	10	0,1603	0,0160			
	Total	14	0,9409				
Bayo	Entre muestras	4	0,2600	0,0650	1,02	0,442	H₀ aceptada
	Error	10	0,6365	0,0636			
	Total	14	0,8964				
Negro	Entre muestras	4	0,3652	0,0913	3,74	0,041	H₀ rechazada
	Error	10	0,2441	0,0244			
	Total	14	0,6093				
Rojo	Entre muestras	4	0,8030	0,2008	5,23	0,016	H₀ rechazada
	Error	10	0,3841	0,0384			
	Total	14	1,1871				

Como se expone en las tablas mostradas, en todos los nutrientes, el resultado de los análisis de varianza entre las cinco muestras de cada variedad de fréjol, presenta diferencias

significativas, a excepción del anova realizado en el porcentaje de fibra de las cinco medias obtenidas del fréjol Bayo (ver Tabla 3.18).

Con estos resultados y el resultado obtenido en el análisis de varianza realizado entre variedades, es posible afirmar que al menos una de las variedades difiere de las demás en cada nutriente, y que además, dentro de la misma variedad, existe al menos una muestra que es significativamente diferente de las demás con un 95% de confianza.

3.2.3.3 PRUEBA HSD DE TUKEY

3.2.3.3.1 PRUEBA DE TUKEY PARA VARIEDADES

Para cada nutriente analizado, se utilizó la prueba de Tukey para realizar una comparación entre variedades, y así poder encontrar cuales son las que difieren.

Nota: los valores q utilizados de la Tabla de Tukey para el cálculo de la HSD , descrito en el Capítulo 2, se encuentran en el Anexo 3.

Tabla 3.20 Prueba de Tukey para el porcentaje de humedad en las cinco variedades de fréjol.

Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco con Canario	1,49	0,73	H ₀ rechazada
Blanco con Bayo	2,03	0,73	H ₀ rechazada
Blanco con Negro	1,13	0,73	H ₀ rechazada
Blanco con Rojo	0,13	0,73	H ₀ aceptada
Canario con Bayo	3,52	0,73	H ₀ rechazada
Canario con Negro	2,62	0,73	H ₀ rechazada
Canario con Rojo	1,62	0,73	H ₀ rechazada
Bayo con Negro	0,90	0,73	H ₀ rechazada
Bayo con Rojo	1,89	0,73	H ₀ rechazada
Negro con Rojo	0,99	0,73	H ₀ rechazada

En esta tabla se evidencia que todas las variedades difieren entre sí a excepción del fréjol Blanco con el fréjol Rojo, ya que estas dos medias tienen un valor muy cercano, el fréjol Blanco con 14,41% y el fréjol Rojo con 14,27% (ver Tabla 3.6 y su discusión)

Tabla 3.21 Prueba de Tukey para el porcentaje de cenizas en las cinco variedades de fréjol

Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco con Canario	0,04	0,34	H ₀ aceptada
Blanco con Bayo	0,01	0,34	H ₀ aceptada
Blanco con Negro	0,41	0,34	H ₀ rechazada
Blanco con Rojo	0,02	0,34	H ₀ aceptada
Canario con Bayo	0,02	0,34	H ₀ aceptada
Canario con Negro	0,45	0,34	H ₀ rechazada
Canario con Rojo	0,02	0,34	H ₀ aceptada
Bayo con Negro	0,43	0,34	H ₀ rechazada
Bayo con Rojo	0,01	0,34	H ₀ aceptada
Negro con Rojo	0,43	0,34	H ₀ rechazada

Como se había discutido anteriormente (ver Tabla 3.7), todas las variedades tienen una media total similar a excepción del fréjol Negro, lo cual queda demostrado al hacer la prueba de Tukey en la que se evidencia que el fréjol Negro es la variedad que difiere de las de las otras en el contenido de cenizas, al ser la variedad que más cantidad tiene de este nutriente.

Tabla 3.22 Prueba de Tukey para el porcentaje de grasa en las cinco variedades de fréjol

Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco con Canario	0,13	0,12	H ₀ rechazada
Blanco con Bayo	0,19	0,12	H ₀ rechazada
Blanco con Negro	0,20	0,12	H ₀ rechazada
Blanco con Rojo	0,12	0,12	H ₀ aceptada
Canario con Bayo	0,06	0,12	H ₀ aceptada
Canario con Negro	0,06	0,12	H ₀ aceptada
Canario con Rojo	0,01	0,12	H ₀ aceptada
Bayo con Negro	0,01	0,12	H ₀ aceptada
Bayo con Rojo	0,07	0,12	H ₀ aceptada
Negro con Rojo	0,08	0,12	H ₀ aceptada

En cuanto al contenido de grasa, todas las variedades tienen medias estadísticamente iguales a excepción del fréjol Blanco que posee una cantidad más alta en relación a las otras variedades con un valor medio de 1,48% (ver Tabla 3.8). La única variedad con la que no difiere el fréjol Blanco, es el fréjol Rojo, la cual tiene la media más cercana en relación a las demás con un valor de 1,36% de grasa. Sin embargo, se puede observar, que la diferencia honestamente significativa es 0,12, por lo que la diferencia entre el fréjol Blanco y el Rojo apenas cumple con la condición para no ser significativa.

Tabla 3.23 Prueba de Tukey para el porcentaje de proteína en las cinco variedades de fréjol

Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco con Canario	0,37	0,62	H ₀ aceptada
Blanco con Bayo	2,44	0,62	H ₀ rechazada
Blanco con Negro	0,10	0,62	H ₀ aceptada
Blanco con Rojo	0,78	0,62	H ₀ rechazada
Canario con Bayo	2,07	0,62	H ₀ rechazada
Canario con Negro	0,47	0,62	H ₀ aceptada
Canario con Rojo	0,41	0,62	H ₀ aceptada
Bayo con Negro	2,54	0,62	H ₀ rechazada
Bayo con Rojo	1,66	0,62	H ₀ rechazada
Negro con Rojo	0,87	0,62	H ₀ rechazada

En la tabla se observa que todas las variedades difieren del fréjol Bayo. Esto se debe a que, el fréjol Bayo es el que menor cantidad de proteína tiene, en relación a las otras variedades con un 20,91% (ver Tabla 3.9). También que el fréjol Negro y el Blanco difieren del Rojo. El fréjol Rojo ocupa el penúltimo lugar en el contenido de proteína (22,57%), mientras que el Negro y el Blanco ocupan los primeros lugares en cuanto al contenido de este nutriente con 23,44% y 23,35%, respectivamente.

Tabla 3.24 Prueba de Tukey para el porcentaje de fibra en las cinco variedades de fréjol

Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco con Canario	0,40	0,27	H ₀ rechazada
Blanco con Bayo	0,33	0,27	H ₀ rechazada
Blanco con Negro	0,62	0,27	H ₀ rechazada
Blanco con Rojo	0,15	0,27	H ₀ aceptada
Canario con Bayo	0,73	0,27	H ₀ rechazada
Canario con Negro	1,02	0,27	H ₀ rechazada
Canario con Rojo	0,55	0,27	H ₀ rechazada
Bayo con Negro	0,29	0,27	H ₀ rechazada
Bayo con Rojo	0,18	0,27	H ₀ aceptada
Negro con Rojo	0,47	0,27	H ₀ rechazada

En esta tabla se puede evidenciar que todas las variedades difieren entre sí a excepción del fréjol Rojo con El Blanco y Bayo. Esto se debe a que las medias de las variedades Blanco (4,24%) y Bayo (4,58%) están cercanas al valor de la media del fréjol Rojo (4,40%) (ver Tabla 3.10). Estas tres medias ocupan el lugar central si se les ubica en orden ascendente en cuanto al contenido de fibra. El fréjol Negro (4,87%) y Canario (3,85%) difieren de todas las variedades ya que, en el orden mencionado, ocupan el primero y último lugar, respectivamente.

3.2.3.3.2 PRUEBA DE TUKEY PARA MUESTRAS DE UNA MISMA VARIEDAD

Para cada parámetro analizado, se utilizó la prueba de Tukey para comparar cada una de las muestras de una misma variedad.

Tabla 3.25: Prueba de Tukey para el porcentaje de humedad en las cinco muestras de cada variedad de fréjol

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco	1 con 2	0,22	0,13	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,12	0,13	H ₀ aceptada
	1 con 4	1,82	0,13	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,25	0,13	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,11	0,13	H ₀ aceptada
	2 con 4	1,59	0,13	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,03	0,13	H ₀ aceptada
	3 con 4	1,70	0,13	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,14	0,13	H ₀ rechazada
	4 con 5	1,56	0,13	H ₀ rechazada
Canario	1 con 2	2,25	0,19	H ₀ rechazada
	1 con 3	1,27	0,19	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,53	0,19	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,19	0,19	H ₀ aceptada
	2 con 3	0,99	0,19	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,73	0,19	H ₀ rechazada
	2 con 5	2,44	0,19	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,26	0,19	H ₀ rechazada
	3 con 5	1,46	0,19	H ₀ rechazada
	4 con 5	1,72	0,19	H ₀ rechazada
Bayo	1 con 2	0,40	0,20	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,09	0,20	H ₀ aceptada
	1 con 4	1,63	0,20	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,02	0,20	H ₀ aceptada
	2 con 3	0,48	0,20	H ₀ rechazada
	2 con 4	1,23	0,20	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,41	0,20	H ₀ rechazada
	3 con 4	1,71	0,20	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,07	0,20	H ₀ aceptada
	4 con 5	1,64	0,20	H ₀ rechazada

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Negro	1 con 2	0,20	0,17	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,06	0,17	H ₀ aceptada
	1 con 4	0,96	0,17	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,80	0,17	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,14	0,17	H ₀ aceptada
	2 con 4	1,16	0,17	H ₀ rechazada
	2 con 5	1,00	0,17	H ₀ rechazada
	3 con 4	1,02	0,17	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,86	0,17	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,16	0,17	H ₀ aceptada
Rojo	1 con 2	0,22	0,10	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,61	0,10	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,33	0,10	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,85	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,83	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,11	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 5	1,63	0,10	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,93	0,10	Ho rechazada
	3 con 5	2,46	0,10	H ₀ rechazada
	4 con 5	1,52	0,10	Ho rechazada

El porcentaje de humedad en granos depende en su mayoría de las condiciones de almacenamiento y las variaciones en su contenido se deben a la humedad del ambiente que los rodea.

Se encontró que las únicas muestras de fréjol Blanco que no son significativamente diferentes, son la número 3 en relación a la 1 y 2, y la 1 en relación a la número 5. En las muestras de fréjol Canario, las únicas que no difieren entre sí son la 1 con la número 5, siendo éstas dos las que tienen el mayor porcentaje de humedad entre las cinco muestras de esta variedad. En el caso de fréjol Bayo, las muestras que tienen medias estadísticamente iguales son 1, 3 y 5. Para el fréjol Negro, las muestras que no presentan una diferencia significativa son la 1 y 3 con relación a la número 2; además de la 4 con la número 5, las

cuales tienen el porcentaje más bajo de humedad entre las cinco muestras. Por último, se obtuvo que las cinco muestras del fréjol Rojo, difieren todas entre sí (ver Tabla 3.6).

Tabla 3.26 Prueba de Tukey para el porcentaje de cenizas en las cinco muestras de cada variedad de fréjol

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco	1 con 2	0,41	0,05	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,52	0,05	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,20	0,05	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,01	0,05	H ₀ aceptada
	2 con 3	0,93	0,05	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,61	0,05	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,42	0,05	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,32	0,05	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,51	0,05	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,19	0,05	H ₀ rechazada
Canario	1 con 2	0,84	0,09	H ₀ rechazada
	1 con 3	1,09	0,09	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,79	0,09	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,85	0,09	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,26	0,09	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,05	0,09	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,02	0,09	H ₀ aceptada
	3 con 4	0,31	0,09	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,24	0,09	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,06	0,09	H ₀ aceptada
Bayo	1 con 2	0,02	0,08	H ₀ aceptada
	1 con 3	0,07	0,08	H ₀ aceptada
	1 con 4	0,06	0,08	H ₀ aceptada
	1 con 5	0,52	0,08	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,05	0,08	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,04	0,08	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,54	0,08	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,00	0,08	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,59	0,08	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,58	0,08	H ₀ rechazada

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Negro	1 con 2	0,79	0,17	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,70	0,17	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,67	0,17	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,46	0,17	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,09	0,17	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,13	0,17	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,33	0,17	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,03	0,17	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,24	0,17	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,20	0,17	Ho rechazada
Rojo	1 con 2	1,01	0,06	H ₀ rechazada
	1 con 3	1,26	0,06	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,67	0,06	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,41	0,06	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,24	0,06	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,34	0,06	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,61	0,06	Ho rechazada
	3 con 4	0,59	0,06	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,85	0,06	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,27	0,06	H ₀ rechazada

En esta tabla, se obtuvo que las únicas muestras de fréjol Blanco que no tienen diferencias significativas son la 1 con la número 5 ya que sus medias tienen prácticamente el mismo valor (ver Tabla 3.7). En el caso del fréjol Canario, se tiene que las muestras número 1 y 3 difieren de la 2, 4 y 5, y estas tres a su vez, no presentan diferencias significativas. En relación a las muestras del fréjol Bayo, la única muestra que difiere de las demás es la muestra número 5 que tiene una media con un valor mucho más bajo en relación a las otras. Para las muestras del fréjol Negro, las únicas muestras que no presentan diferencias significativas son la 2, 3 y 4. Y en relación al fréjol Rojo, como ya se mencionó en la discusión de la desviación estándar todas difieren entre sí.

Tabla 3.27 Prueba de Tukey para el porcentaje de grasa en las cinco muestras de cada variedad de fréjol

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco	1 con 2	0,07	0,10	H ₀ aceptada
	1 con 3	0,39	0,10	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,25	0,10	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,34	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,31	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,18	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,26	0,10	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,14	0,10	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,05	0,10	H ₀ aceptada
	4 con 5	0,08	0,10	H ₀ aceptada
Canario	1 con 2	0,42	0,09	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,30	0,09	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,15	0,09	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,23	0,09	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,12	0,09	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,27	0,09	Ho rechazada
	2 con 5	0,19	0,09	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,15	0,09	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,07	0,09	H ₀ aceptada
	4 con 5	0,08	0,09	H ₀ aceptada
Bayo	1 con 2	0,13	0,10	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,19	0,10	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,01	0,10	H ₀ aceptada
	1 con 5	0,01	0,10	H ₀ aceptada
	2 con 3	0,08	0,10	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,28	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,26	0,10	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,20	0,10	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,18	0,10	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,02	0,10	H ₀ aceptada

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Negro	1 con 2	0,20	0,08	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,13	0,08	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,01	0,08	H ₀ aceptada
	1 con 5	0,08	0,08	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,33	0,08	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,21	0,08	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,28	0,08	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,12	0,08	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,05	0,08	H ₀ aceptada
	4 con 5	0,07	0,08	H ₀ aceptada
Rojo	1 con 2	0,16	0,07	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,11	0,07	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,05	0,07	H ₀ aceptada
	1 con 5	0,01	0,07	H ₀ aceptada
	2 con 3	0,05	0,07	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,10	0,07	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,17	0,07	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,06	0,07	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,13	0,07	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,07	0,07	H ₀ aceptada

Para el porcentaje de grasa, la prueba de Tukey muestra que las muestras de fréjol Blanco que no presentan una diferencia estadísticamente significativa son la 1 con la 2, y la 5 con la 3 y 4. Sin embargo, la 3 y 4 difieren entre sí. En las muestras del fréjol Canario, únicamente la muestra número 5 no difiere significativamente de las muestras 3 y 4. En el caso del fréjol Bayo, las muestras 1, 4 y 5 tienen medias estadísticamente iguales, de la misma manera que la 2 con la número 3. No obstante, la 1,4 y 5 son significativamente diferentes de la 2 y 3. Para fréjol Negro se tiene que todas las muestras difieren entre sí, a excepción de la 1 con la 4, la 3 con la 5 y la 4 con la 5. Finalmente, se tiene que en las muestras de fréjol Rojo, son estadísticamente iguales la 1, 4 y 5, y esta última con la número 3. De igual manera, la muestra 3 no es significativamente diferente de la número 2,

pero ésta si difiere de las restantes (ver Tabla 3.8). En resumen, muy pocas muestras no tienen diferencias significativas dentro de la misma variedad.

Tabla 3.28 Prueba de Tukey para el porcentaje de proteína en las cinco muestras de cada variedad de fréjol.

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco	1 con 2	0,01	0,43	H ₀ aceptada
	1 con 3	0,00	0,43	H ₀ aceptada
	1 con 4	0,30	0,43	H ₀ aceptada
	1 con 5	0,64	0,43	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,01	0,43	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,32	0,43	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,65	0,43	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,30	0,43	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,63	0,43	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,33	0,43	H ₀ aceptada
Canario	1 con 2	0,44	0,58	H ₀ aceptada
	1 con 3	0,55	0,58	H ₀ aceptada
	1 con 4	0,53	0,58	H ₀ aceptada
	1 con 5	0,45	0,58	H ₀ aceptada
	2 con 3	0,10	0,58	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,97	0,58	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,01	0,58	H ₀ aceptada
	3 con 4	1,08	0,58	Ho rechazada
	3 con 5	0,09	0,58	H ₀ aceptada
	4 con 5	0,98	0,58	H ₀ rechazada
Bayo	1 con 2	2,10	0,59	H ₀ rechazada
	1 con 3	2,57	0,59	H ₀ rechazada
	1 con 4	2,24	0,59	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,83	0,59	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,47	0,59	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,14	0,59	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,27	0,59	H ₀ aceptada
	3 con 4	0,33	0,59	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,75	0,59	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,41	0,59	H ₀ aceptada

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Negro	1 con 2	0,03	0,40	H ₀ aceptada
	1 con 3	0,34	0,40	H ₀ aceptada
	1 con 4	1,27	0,40	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,83	0,40	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,31	0,40	H ₀ aceptada
	2 con 4	1,23	0,40	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,80	0,40	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,93	0,40	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,49	0,40	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,44	0,40	Ho rechazada
Rojo	1 con 2	1,44	0,38	H ₀ rechazada
	1 con 3	1,96	0,38	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,71	0,38	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,73	0,38	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,51	0,38	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,27	0,38	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,29	0,38	H ₀ aceptada
	3 con 4	0,25	0,38	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,23	0,38	H ₀ aceptada
	4 con 5	0,02	0,38	H ₀ aceptada

Los resultados de la prueba de Tukey para el fréjol Blanco muestran que la muestra número 5, con una media inferior a las demás, es la que genera que el análisis de varianza sea significativo, ya que difiere de las muestras 1, 2 y 3. De igual manera, entre las muestras del fréjol Canario, la que difiere de las demás es la número 4, a excepción de la muestra número 1, con una media notoriamente menor. En el caso del fréjol Bayo, la muestra que claramente difiere de las demás es la número 1. Ésta tiene una media mucho más alta en relación a las demás (ver Tabla 3.9). Para las muestras del fréjol Negro, las únicas que no presentan diferencias significativas entre sí son la 1, 2 y la número 3, que tienen un promedio similar. Las muestras 4 y 5 tienen una media inferior, y es por esto que presentan diferencias significativas con las otras muestras. Por último, con el fréjol Rojo, al igual que con el fréjol Bayo, se observa que la muestra que difiere de las demás es la número 1. Sin

embargo, no es la única muestra causante del resultado del anova, ya que la muestra número 2 es significativamente mayor a la número 3.

Tabla 3.29 Prueba de Tukey para el porcentaje de fibra en las cinco muestras de cada variedad de fréjol

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Blanco	1 con 2	0,66	0,39	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,46	0,39	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,03	0,39	H ₀ aceptada
	1 con 5	0,12	0,39	H ₀ aceptada
	2 con 3	0,20	0,39	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,68	0,39	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,78	0,39	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,48	0,39	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,58	0,39	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,09	0,39	H ₀ aceptada
Canario	1 con 2	0,27	0,32	H ₀ aceptada
	1 con 3	0,53	0,32	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,53	0,32	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,62	0,32	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,27	0,32	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,26	0,32	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,35	0,32	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,01	0,32	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,09	0,32	H ₀ aceptada
	4 con 5	0,09	0,32	H ₀ aceptada
Negro	1 con 2	0,34	0,39	H ₀ aceptada
	1 con 3	0,37	0,39	H ₀ aceptada
	1 con 4	0,44	0,39	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,38	0,39	H ₀ aceptada
	2 con 3	0,03	0,39	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,10	0,39	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,04	0,39	H ₀ aceptada
	3 con 4	0,07	0,39	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,01	0,39	H ₀ aceptada
	4 con 5	0,06	0,39	H ₀ aceptada

Variedad	Comparación	Diferencia	HSD	Criterio
Rojo	1 con 2	0,36	0,49	H ₀ aceptada
	1 con 3	0,41	0,49	H ₀ aceptada
	1 con 4	0,08	0,49	H ₀ aceptada
	1 con 5	0,64	0,49	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,05	0,49	H ₀ aceptada
	2 con 4	0,28	0,49	H ₀ aceptada
	2 con 5	0,28	0,49	H ₀ aceptada
	3 con 4	0,33	0,49	H ₀ aceptada
	3 con 5	0,22	0,49	H ₀ aceptada
	4 con 5	0,55	0,49	H ₀ rechazada

Lo primero que se debe tener en cuenta es que, en relación a los otros nutrientes, el porcentaje de fibra tiene más cantidad de hipótesis nulas aceptadas. Esto significa que la variación entre muestras no es excesivamente grande en relación a la variación dentro de las muestras (ver Tabla 3.18). Además, no se realizó la prueba de Tukey para las muestras del fréjol Bayo, ya que en un análisis de varianza no significativo, no es necesario.

En las cinco muestras del fréjol Blanco, las muestras 1,4 y 5 son estadísticamente iguales. De la misma manera, la 2 y la 3 no difieren entre sí, pero sí difieren de la 1,4 y 5. En el caso del fréjol Canario, las muestras 3,4 y 5 no presentan diferencia significativa, y al mismo tiempo, la 3 y 4 no difieren de la 2, y ésta, de la 1. Las muestras que sí tienen una diferencia significativa son la 3,4 y 5 en relación a la 1 y, la 2 con relación a la muestra número 5. En el fréjol Negro, las únicas muestras que difieren son la 1 y 4, que poseen el menor y mayor porcentaje de fibra, respectivamente, de las cinco muestras de esta variedad. Por último, en relación al fréjol Rojo, se observa que las únicas muestras que difieren estadísticamente son la 1 y 4 de la número 5. Esto se da porque la 5 es la que mayor porcentaje de fibra tiene y,

la 1 y 4 tienen las medias con los valores más bajos de entre las cinco muestras de esta variedad (ver Tabla 3.10).

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

4.1 CONCLUSIONES:

Los resultados de porcentaje de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína total, fibra cruda y ELN (extracto libre de nitrógeno) obtenidos en las cinco variedades de fréjol, varían de acuerdo a los siguientes rangos:

Tabla 4.1 Datos nutricionales obtenidos en las cinco variedades de fréjol

Variedad	% Humedad	% Grasa	% Proteína	% Fibra	% Cenizas	% ELN
Blanco	13,07-14,89	1,30-1,69	22,90-23,55	3,78-4,56	3,65-4,58	51,39-53,53
Canario	14,61-17,06	1,13-1,55	22,26-23,34	3,46-4,08	3,37-4,47	50,04-52,97
Bayo	11,14-12,85	1,15-1,47	20,08-22,65	4,44-4,81	3,67-4,25	54,55-58,12
Negro	12,62-13,78	1,09-1,41	22,67-23,94	4,56-5,00	4,01-4,81	51,52-53,74
Rojo	12,78-15,24	1,29-1,46	21,98-23,94	4,10-4,74	3,43-4,69	52,16-55,15

Los resultados revelaron que el contenido de proteína en todas las variedades de fréjol supera el 20% de la materia seca, siendo junto con el extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles), los principales componentes de esta leguminosa. También se demostró que el fréjol es fuente fibra y minerales, dado que las variedades contienen aproximadamente 4% de estos nutrientes. Además que, en cuanto al contenido de grasa, ninguna de las variedades supera el 2%, lo cual indica que el fréjol es un alimento bajo en grasa.

En todas las variedades, a excepción del fréjol Bayo, el porcentaje medio de humedad supera el permitido por la norma NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) INEN 1561, por lo que se concluye que no son controladas las condiciones de almacenamiento, originando situaciones propicias para la generación de hongos y bacterias, propiciando riesgos para la salud.

Después de evaluar los promedios de todos los nutrientes, el fréjol Negro es la variedad que contiene más cantidad de proteína, fibra y cenizas, por lo que se le considera la más nutritiva de las variedades estudiadas.

Mediante la prueba t, se evidenció que los datos de nutrientes establecidos en el Tabla de Alimentos Ecuatorianos, elaborada en 1965, y los obtenidos en este trabajo, presentan diferencias significativas en la mayoría de los nutrientes, por lo que se comprobó que se requiere una nueva tabla con datos actualizados de los alimentos nacionales.

A través del análisis de varianza y la prueba de Tukey se determinó que en la mayoría de nutrientes, existe más de una media que genera que existan diferencias significativas entre variedades. De igual manera, dentro de la misma variedad, se encuentra que más de una media de las cinco muestras tomadas, no pertenecen a la misma población. Se concluye por lo tanto, que la variedad y la muestra son factores que influyen en los valores nutricionales del fréjol.

4.2 RECOMENDACIONES:

Debido a que la salud, en gran parte depende de los alimentos que seleccionemos en nuestra dieta, es importante seguir fomentando los estudios que proporcionen información sobre la composición química de los alimentos y sus beneficios para nuestro organismo, hasta elaborar una tabla nutricional de los alimentos ecuatorianos actualizada y con bases de datos confiables. Para esto, se sugiere que se tome en cuenta, como un aporte, los datos presentados en la presente disertación, ya que los resultados fueron obtenidos siguiendo métodos analíticos de la AOAC.

El análisis proximal nos proporciona información sobre los principales componentes de un alimento. Sin embargo, en el caso del fréjol, se recomienda realizar posteriormente la evaluación de la calidad de las proteínas en las distintas variedades. Además, realizar la determinación y cuantificación de los minerales que contienen, así como el contenido de fibra dietética, ya que en la determinación de fibra cruda se pierde la parte de la fibra que es soluble. Se recomienda también, llevar a cabo un análisis sobre los compuestos que le confieren características funcionales a esta leguminosa.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Voysest O. (1983). *Varietades de frijol en América Latina y su origen*, CIAT, Cali, Colombia.
- [2] Ordóñez J. (2006). *Estudio del comportamiento y funcionamiento de la cadena de fréjol en las parroquias de Malacatos y El Tambo de los cantones Loja y Catamayo respectivamente*, http://www.asocam.org/biblioteca/ACT_253.pdf, 2 de noviembre de 2010.
- [3] Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (2012). Programa de Leguminosas y Granos Andinos, http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=search&Itemid=230, 15 de septiembre de 2011.
- [4] Voysest O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999*, CIAT, Colombia.
- [5] Ministerio de Previsión Social y Sanidad (1965). *Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos*, <http://blog.espol.edu.ec/kcoello/tabla-de-composicion-de-alimentos-ecuatorianos>, 8 de noviembre de 2011.
- [6] Diario Hoy (2007). *Ecuador, sin pirámide nutricional*, <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/ecuador-sin-piramide-nutricional-280346.html>, 2 de noviembre de 2010.
- [7] Goyoaga C. (2005). *Estudio de factores no nutritivos en vicia faba l. influencia de la germinación sobre su valor nutritivo*, Universidad Complutense de Madrid, España.

- [8] Nadal S., Moreno M. & Cubero J. (2004). *Las leguminosas de grano en la agricultura moderna*, Mundi-Prensa Libros, España.
- [9] Gliessman S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*, CATIE, Costa Rica.
- [10] Agreda O. (1986). *Posibilidades de utilización de leguminosas forrajeras para mejorar la productividad agrícola y ganadera en la selva peruana*, IICA, Perú.
- [11] Peralta E., Murillo A. & Pinzón J. (1997). *Frejol, su importancia económica, ecológica y social y la oferta tecnológica del programa nacional de leguminosas (INIAP)*, <http://www.ceaecuador.org/imagesFTP/4700/Fr%82jol%20INIAP.htm>, 3 de noviembre de 2010.
- [12] El Comercio (2011). *Cuatro variedades de fréjol se consumen*, www.elcomercio.com/agromar/variedades-frejol-consumen_0_467953228.html, 11 de junio de 2011.
- [13] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) (2010). Visualizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador, <http://157.100.43.205/lcds-samples/testdrive-remoteobject/main.html#app=44e4&a24-selectedIndex=1>, 15 de octubre de 2011.
- [14] Calvo S. (1992). *Educación para la salud en la escuela*, Ediciones Díaz de Santos, España.
- [15] FAO (2003). *Datos de composición de alimentos: obtención, gestión y utilización*, Roma, Italia.

- [16] Moreno R. (2000). *Nutrición y dietética para tecnólogos de alimentos*, Ediciones Días de Santos, España.
- [17] FAO (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*, Roma, Italia.
- [18] Bello J. (2000). *Ciencia bromatológica*, Ediciones Díaz de Santos, España.
- [19] FAO (1990). *Avances en la ingeniería agrícola: técnicas de almacenamiento*, Roma, Italia.
- [20] Campbell M. & Farrell S. (2004). *Bioquímica*, 4ª edición, Thomson Learning, México.
- [21] Müller-Ester W. (2008). *Bioquímica: Fundamentos para Medicina y Ciencias de la Vida*, Reverté, Barcelona, España.
- [22] Martínez J. & García P. (2006). *Nutrición humana*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- [23] Dávila A., Sangronis E. & Granito M. (2003). *Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales*, http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400003&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0004-0622, 3 de noviembre de 2010.
- [24] Ruiz P. (2010). *Determinación de cenizas, humedad y extracto seco*, <http://es.scribd.com/doc/38801528/informe-3Cenizaaaz>, 4 de enero de 2012.
- [25] Hedley C. (2001). *Carbohydrates in grain legume seeds, improving nutritional quality and agronomic characteristics*, CABI publishing, Reino Unido.

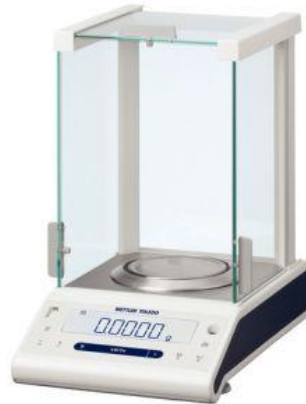
- [26] Voet D. & Voet J. (2006). *Bioquímica*, 3ª edición, Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, Argentina.
- [27] Herrera C., Bolaños N. & Lutz G. (2003). *Química de Alimentos: Manual de Laboratorio*, Editorial Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- [28] FAO (1997). *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición*, Santiago, Chile.
- [29] Valenzuela A. & Sanhueza J. (2009). *Aceites de origen marino*, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Chile.
- [30] Paredes-López O., Guevara F. & Bello L. (2006). *Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas*, Fondo de Cultura Económica, México.
- [31] Mora I. (2007). *Nutrición animal*, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.
- [32] AOAC (2005). *Official Methods Of Analysis Of The Association Of Official Analytical Chemists*, 18ª ed., USA.
- [33] Moncada J. (2005). *Estadísticas para ciencias del movimiento*, Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- [34] Morales P. (2011). *Introducción al Análisis de Varianza*, Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España.
- [35] Murray S. (1977). *Probabilidad y Estadística*, McGraw-Hill, México.

[36] Chávez C. (2006). *Estudio de la harina de fréjol y su posicionamiento en el sector productivo y del consumo diario en la ciudad de Quito*, Proyecto de Licenciatura en Gastronomía, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.

ANEXO 1

EQUIPOS UTILIZADOS

1. BALANZA ANALÍTICA



Balanza analítica Mettler Toledo ® ML204

2. ESTUFA



Estufa Binder ® FD 115

3. MUFLA



Mufla Barnstead/Thermolyne ® 48000

4. EQUIPO DE PLANCHAS PARA SOXHLET



Equipo de 6 planchas calefactoras para Soxhlet Sebelinte-188®

5. ROTAVAPOR



Rotavapor Brinkmann®

6. SISTEMA DE DIGESTIÓN KJELDAHL



Bomba aspiradora, Scrubber y Digester DK-6 Velp Scientifica®

7. EQUIPO DE DESTILACIÓN KJELDAHL



Equipo de destilación Velp Scientifica® UDK 129

8. EQUIPO PARA DETERMINACIÓN DE FIBRA



Equipo para determinación de fibra Velp Scientifica® FIWE 6

ANEXO 2

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LEGUMINOSAS Y OLEAGINOSAS ECUATORIANAS [5]

NOMBRE	HUMEDAD	PROTEÍNAS	EXTRACTO ETÉREO	CARBOHIDRATOS		CENIZA
				TOTAL	FIBRA	
Arveja seca	13,20	23,30	1,00	60,10	5,70	2,40
Arveja tierna	69,80	7,50	0,40	21,40	3,00	0,90
Chucho crudo seco	10,40	41,20	15,00	29,20	8,80	3,50
Chucho cocinado	71,30	17,30	7,40	3,60	1,00	0,40
Fréjol tierno	58,20	10,40	0,40	29,30	2,00	1,70
Fréjol seco	9,30	21,00	1,30	64,60	4,40	3,80
Fréjol mantequilla	9,60	20,10	0,70	65,30	5,60	4,30
Fréjol alcahuete	14,20	23,60	1,40	57,30	4,50	3,50
Fréjol de árbol	73,10	4,70	0,10	20,60	1,20	1,50
Fréjol bayo	12,40	19,50	1,50	63,00	4,40	3,60
Fréjol blanco	11,40	18,70	1,30	64,60	4,20	4,00
Fréjol canario	14,50	21,00	1,30	60,00	3,40	3,20
Fréjol chaucha	15,00	18,10	1,50	62,20	3,70	3,20
Fréjol cholo	14,70	19,90	1,10	60,00	6,70	3,50
Fréjol firiguolo	13,10	23,70	1,00	59,00	6,10	3,20
Fréjol lima	9,30	20,30	1,80	64,70	4,70	3,90
Fréjol mixturiado	12,50	20,50	1,50	62,30	4,10	3,40
Fréjol de monte	10,50	17,10	9,00	67,60	6,20	3,90
Fréjol de palo	12,50	20,40	1,80	63,60	8,10	4,20
Fréjol panamito	14,40	21,30	1,40	59,20	4,60	3,70
Fréjol percal	13,20	24,30	1,10	58,10	4,20	3,20
Fréjol payar	10,20	19,30	1,30	65,80	4,40	3,40
Fréjol del país	8,90	22,70	1,50	63,20	4,20	3,70
Fréjol srandaja	12,10	25,50	1,30	58,10	7,70	3,00
Fréjol tumber	8,90	24,40	2,10	61,40	4,40	3,20
Garbanzo tierno	59,70	7,60	2,70	28,90	1,50	1,10
Garbanzo seco	13,10	17,80	4,60	62,20	3,50	2,30
Haba tierna	62,40	11,30	0,50	24,70	0,80	1,10
Haba común seca	12,30	25,10	1,40	58,50	1,90	2,70
Haba blanca	10,10	21,70	1,90	63,30	9,30	3,00
Haba chaucha	12,70	22,80	1,60	60,40	8,30	2,50
Haba mulla	12,30	21,10	2,40	61,90	7,70	2,30
Haba mischoa	11,60	23,40	1,70	60,30	8,90	3,00
Haba suave	12,20	22,30	2,00	60,60	7,80	2,90
Haba verde	11,10	23,30	1,80	61,10	8,30	2,70
Haba tostada	5,30	27,40	2,70	61,40	1,80	3,20
Haba payar grande	83,30	10,20	0,30	4,20	1,80	2,00
Habilla cruda	11,90	23,10	1,40	61,00	6,60	2,60
Habilla tostada	7,10	25,10	1,20	64,10	6,10	2,50
Habichuela chica	59,70	10,60	0,50	27,20	3,00	2,00
Lenteja amarilla	13,10	21,90	0,90	62,30	4,20	1,80
Lenteja verde	14,10	21,90	0,90	61,20	4,40	1,90
Lenteja negra	12,90	22,90	0,80	61,40	4,70	2,00
Lentejón	14,10	26,00	1,10	56,70	3,90	2,10
Maní crudo	6,40	29,60	46,30	15,10	1,70	2,60
Maní tostado	1,80	30,90	48,50	16,30	2,30	2,50
Soya	5,00	27,90	23,00	38,20	4,80	5,90

ANEXO 3

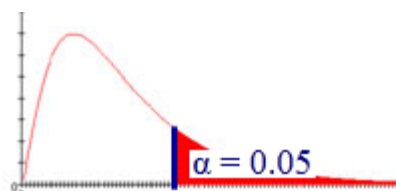
TABLAS ESTADÍSTICAS

TABLA DE DISTRIBUCIÓN T DE STUDENT



Grados de libertad	α 0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500

TABLA DE DISTRIBUCIÓN F



grados de libertad de numerador

grados de libertad del denominador

	1	2	3	4	5
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35

TABLA DE TUKEY

n tratamientos -1

	2	3	4	5
5	3,64	4,60	5,22	5,67
6	3,46	4,34	4,90	5,30
7	3,34	4,16	4,68	5,06
8	3,26	4,04	4,53	4,89
9	3,20	3,95	4,41	4,76
10	3,15	3,88	4,33	4,65
11	3,11	3,82	4,26	4,57
12	3,08	3,77	4,20	4,51
13	3,06	3,73	4,15	4,45
14	3,03	3,70	4,11	4,41
15	3,01	3,67	4,08	4,37
16	3,00	3,65	4,05	4,33
17	2,98	3,63	4,02	4,30
18	2,97	3,61	4,00	4,28
19	2,96	3,59	3,98	4,25
20	2,95	3,58	3,96	4,23
24	2,92	3,53	3,90	4,17
30	2,89	3,49	3,85	4,10
40	2,86	3,44	3,79	4,04
60	2,83	3,40	3,74	3,98
120	2,80	3,36	3,68	3,92

grados de libertad del error

ANEXO 4

EJEMPLO DE CÁLCULOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA

Las Fórmulas utilizadas en el análisis de varianza son las siguientes:

Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados de varianza	F
Entre grupos	$a - 1$	$v_b = b \sum_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2$	$s_b^2 = \frac{v_b}{a - 1}$	$\frac{s_b^2}{s_w^2}$
Dentro de los grupos o error	$a(b - 1)$	$v_w = \sum_{j,k} (x_{jk} - \bar{x}_j)^2$	$s_w^2 = \frac{v_w}{a(b - 1)}$	
Total	$ab - 1$	$v_T = v_b + v_w$		

Donde:

a = número de los diferentes grupos

b = número de réplicas en cada grupo

x_{jk} = valor de cada réplica

\bar{x}_j = media de cada grupo

\bar{x} = media total

A continuación se muestra el cálculo ejemplo para el análisis de varianza del porcentaje de humedad entre las cinco muestras del fréjol Blanco utilizando la siguiente tabla:

Anova del porcentaje de humedad en las cinco muestras de fréjol Blanco

Variedad	Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Blanco	Entre muestras	4	6,78874	1,69719	600,28	0,000	H ₀ rechazada
	Error	10	0,02827	0,00283			
	Total	14	6,81701				

Los datos utilizados para el cálculo son los siguientes:

Resultados del porcentaje de humedad del fréjol Blanco

N° muestra	% Humedad	Promedio
1	14,87	14,89
	14,82	
	14,98	
2	14,64	14,67
	14,71	
	14,64	
3	14,79	14,77
	14,74	
	14,79	
4	13,07	13,07
	13,13	
	13,02	
5	14,65	14,64
	14,67	
	14,59	
Promedio variedad		14,41

CÁLCULO DE LOS GRADOS DE LIBERTAD

ENTRE MUESTRAS

Como se tiene 5 muestras de fréjol Blanco, de acuerdo a la fórmula $a - 1$ tenemos que los grados de libertad son:

$$5-1=4$$

ERROR

Al tener 3 réplicas de cada muestra de fréjol Blanco, de acuerdo a la fórmula $a(b - 1)$ tenemos:

$$5(3-2)=10$$

TOTAL

Es la suma de los dos cálculos anteriores:

$$4+10=14$$

CÁLCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS:

ENTRE MUESTRAS:

Es la sumatoria de la diferencia de cada media muestral con la media total de la variedad, elevada al cuadrado, reemplazando en la fórmula tenemos:

$$v_b = b \sum_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2$$

$$V_b = 3 * [(14,89-14,41)^2 + (14,67-14,41)^2 + (14,77-14,41)^2 + (13,07-14,41)^2 + (14,64-14,41)^2]$$

$$= 6,788...$$

ERROR:

Es la sumatoria de la diferencia de cada resultado en relación a su media muestral, siguiendo la fórmula:

$$v_w = \sum_{j,k} (x_{jk} - \bar{x}_j)^2$$

$$V_w = (14,87-14,89)^2 + (14,82-14,89)^2 + (14,98-14,89)^2 + (14,64-14,67)^2 + (14,71-14,67)^2 + (14,64-14,67)^2 + (14,79-14,77)^2 + (14,74-14,77)^2 + (14,79-14,77)^2 + (13,07-13,07)^2 + (13,13-13,07)^2 + (13,02-13,07)^2 + (14,65-14,64)^2 + (14,67-14,64)^2 + (14,59-14,64)^2$$

$$= 0,028...$$

TOTAL

$$v_T = v_b + v_w$$

$$= 6,788 + 0,028$$

$$= 6,817...$$

CÁLCULO DE LA MEDIA DE CUADRADOS

ENTRE MUESTRAS

Para obtener este resultado se divide la suma de cuadrados para los grados de libertad

$$s_b^2 = \frac{v_b}{a - 1}$$

$$S_b^2 = 6,788... / 4$$

$$= 1,697...$$

ERROR:

$$s_w^2 = \frac{v_w}{a(b - 1)}$$

$$S_w^2 = 0,028... / 10$$

$$= 0,0028...$$

CÁLCULO DE F

$$F = \frac{s_b^2}{s_w^2}$$

$$F = 1,697... / 0,0028...$$

$$= 600,28$$

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Victoria Guzmán Égüez, C.I. 1712542057 autor del trabajo de graduación intitulado: “Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de cinco variedades de fréjol: Canario, Bayo, Blanco, Rojo y Negro”, previa a la obtención del grado académico de **LICENCIADA EN CIENCIAS QUÍMICAS CON MENCIÓN EN QUÍMICA ANALÍTICA** en la Facultad de **Ciencias Exactas y Naturales**:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, de Agosto de 2012

Srta. Victoria Guzmán
C.I. 1712542057