

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de seis variedades de
leguminosas: arveja, garbanzo, haba, lenteja, maní y soya.

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

IVÁN ANDRÉS POLO CHÁVEZ

Quito, 2012

CERTIFICACIÓN

Certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Químicas con mención en Química Analítica, del candidato Iván Andrés Polo Chávez ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto puede ser presentado para la calificación correspondiente.

Fecha:

Dr. Ramiro Gallegos

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi familia, en especial a mis padres, porque sin su esfuerzo y sacrificio no hubiese logrado cumplir mis metas, su apoyo y cariño me alentaron siempre a seguir adelante. A mi hermana, que además de su amor incondicional, ha sido siempre un ejemplo de superación y valor a seguir. Por último le estoy eternamente agradecido a mi abuela, por haber estado a mi lado toda mi vida.

A todo el grupo de profesores que a lo largo de la carrera compartieron sus conocimientos, en especial al Dr. Ramiro Gallegos, que gracias a su ayuda incondicional, consejos y sabiduría he podido concluir este trabajo.

A todos mis amigos, con los cuales fue un placer haber compartido estos años de universidad, en especial a Vicky, por su ayuda desinteresada e invaluable al momento de haber iniciado con este trabajo.

Finalmente me queda agradecer a Escuela de Ciencias Químicas de la PUCE por haberme acogido durante mis años de estudio y haberme brindado los recursos necesarios para poder sacar adelante mi tesis.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue la determinación proximal de los principales nutrientes de las siguientes variedades de leguminosas de grano seco: arveja, garbanzo, lenteja, haba, maní y soya.

Se inició con un muestreo aleatorio en diferentes supermercados (Supermaxi, Mi Comisariato, Santa María) y mercados populares (Iñaquito, El Camal) de Quito. Por cada variedad de leguminosa se adquirieron cinco muestras, sobre las cuales se realizaron los análisis de humedad, grasa (extracto etéreo), proteína total, fibra cruda y cenizas. Cada muestra fue analizada por triplicado. Finalmente el contenido de carbohidratos solubles totales (Extracto Libre de Nitrógeno) fue obtenido por diferencia. Los métodos empleados fueron tomados de la AOAC International.

Se realizó el respectivo tratamiento estadístico de datos para garantizar su confiabilidad, y para esto se emplearon los siguientes estadísticos: media aritmética, desviación estándar, y las pruebas t de Student, Análisis de Varianza (ANOVA), DHS de Tukey. La prueba t de Student y los intervalos de confianza fueron usados para comparar con los datos presentados en la Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos del año 1965. El ANOVA fue utilizado para saber si existen diferencias significativas en cada grupo de nutrientes analizado de las seis variedades de leguminosas estudiadas. La prueba DHS de Tukey se aplicó posteriormente al ANOVA, para establecer las diferencias significativas entre pares de medias.

Los resultados que se obtuvieron indican que arvejas, habas, lentejas y garbanzos tienen contenidos de proteína (entre 21%-30%) y humedad (entre 10%-13%), mientras que en los otros parámetros los valores son más dispersos; el maní y la soya, por los altos contenidos de grasa (50% y 23% respectivamente) podemos considerar que pertenecen a un grupo diferente a las otras leguminosas señaladas anteriormente, la soya también se destaca por su 39% de proteína.

Según los resultados de la prueba t, se pudo comprobar que la gran mayoría de datos presentados en la tabla del año 1965 difieren significativamente con los valores en este trabajo.

Los resultados del ANOVA y la prueba DHS de Tukey revelaron que la totalidad de los nutrientes analizados difieren estadísticamente entre muestras en todas las variedades de leguminosas estudiadas, con esto se demuestra la variabilidad de las muestra como factor importante que afecta la composición nutricional de las leguminosas.

ABSTRACT

The main purpose of this work was the proximal determination of the main nutritional components of the following legumes: peas, chickpeas, lentils, haba, peanuts and soybean.

It started with a random sampling in different supermarkets (Supermaxi, Mi Comisariato and Santa María) and popular markets (Iñaquito, El Camal) in Quito. Five samples were taken for each legume, in which were performed humidity, total fat (etheral extract), total protein, raw fiber and ashes analysis. Each sample was analyzed in triplicate. Finally the content of soluble carbohydrates was determined by calculation. The methods that were applied in this work were taken from the AOAC International.

Data was statistically processed to ensure reliance, and the following statistical tools were used: arithmetic mean, standard deviation, Student's t test, Analysis of Variance (ANOVA), and HSD Tukey's test. The Student's t test and the confidence intervals were used to compare the obtained data with the data that appear in the 1965 Ecuadorian Food Composition Table. The ANOVA was used to know if each analyzed nutritive group of each one from the six varieties of legumes studied in this work presents significant differences. The HSD Tukey's test was applied after the ANOVA, and arithmetic mean's pairs were used; its purpose was to know were any significant difference lie.

The obtained results show that peas, habas, lentils and chickpeas have humidity content between 10%-13% and protein content between 21%-30%, while other parameters have dispersed values; peanuts and soybean, with high amounts of fat (50% y 23% respectively) can be considered in a different group, and the soybean has the higher amount of protein (39%).

According to the results of the Student's t test, it was found that most of data presented in the 1965 table have significant differences when compared with the results of this work.

The results of the ANOVA and the HSD Tukey's test revealed that all of the analyzed nutrients have statistical differences between samples, for all the legumes that have been studied, with this it is concluded that the sample is a factor that affects the nutritional composition of legumes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimientos	iii
Resumen	iv
Abstract	vi
Introducción	1
Capítulo 1	3
1. Parte Teórica	3
1.1 Análisis Proximal.....	3
1.1.1 Humedad	4
1.1.2 Cenizas	4
1.1.3 Grasa.....	5
1.1.4 Proteína.....	5
1.1.5 Fibra	5
1.2 Nutrición	6
1.2.1 Conceptos	6
1.3 Nutrientes	9
1.3.1 Agua	9
1.3.2 Proteínas	11
1.3.2.1 Aminoácidos.....	11
1.3.2.2 Calidad de la Proteína	14
1.3.3 Lípidos.....	15

1.3.3.1 Ácidos Grasos	15
1.3.3.2 Triglicéridos	17
1.3.4 Carbohidratos	17
1.3.4.1 Monosacáridos	18
1.3.4.2 Disacáridos	19
1.3.4.3 Oligosacáridos	19
1.3.4.4 Polisacáridos.....	20
1.3.4.5 Almidón.....	21
1.3.5 Fibra	21
1.3.6 Minerales	22
1.4 Leguminosas	23
1.5 Variedades de Leguminosas Estudiadas.....	24
1.5.1 Arveja.....	24
1.5.2 Garbanzo	25
1.5.3 Habas	25
1.5.4 Lenteja.....	26
1.5.5 Maní	27
1.5.6 Soya.....	27
Capítulo 2.....	29
2. Parte Experimental	29

2.1 Muestreo	29
2.2 Preparación de la Muestra.....	29
2.3 Métodos	30
2.3.1 Determinación de Humedad.....	31
2.3.2 Determinación de Cenizas.....	32
2.3.3 Determinación de Grasa Cruda (Extracto Etéreo).....	34
2.3.4 Determinación de Proteína Bruta	36
2.3.5 Determinación de Fibra Cruda	40
2.4 Tratamiento Estadístico de Datos	43
2.4.1 Media.....	43
2.4.2 Desviación Estándar.....	44
2.4.3 Pruebas de Significación	45
2.4.3.1 Prueba t de Student.....	45
2.4.3.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	47
2.4.3.3 Prueba DHS de Tukey.....	50
Capítulo 3.....	51
3.1 Resultados y Discusión	51
3.2 Tratamiento y Discusión de Resultados.....	54
3.2.1 Promedios.....	54
3.2.2 Desviación Estándar.....	58
3.3 Pruebas de Significación.....	64

3.3.1 Prueba t de Student.....	64
3.3.2 Análisis de Varianza (ANOVA)	66
3.3.3 Prueba DHS de Tukey.....	73
Capítulo 4.....	86
4.1 Conclusiones.....	86
4.2 Recomendaciones	89
5. Bibliografía	92
Anexos.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2	29
Tabla 2.1 Análisis y Métodos de la AOAC.....	30
Tabla 2.2 Fórmulas empleadas en el ANOVA.....	49
Capítulo 3	51
Tabla 3.1 Datos de los principales componentes nutricionales de la lenteja	51
Tabla 3.2 Datos de los principales componentes nutricionales de la arveja	52
Tabla 3.3 Datos de los principales componentes nutricionales del garbanzo	52
Tabla 3.4 Datos de los principales componentes nutricionales del haba	53
Tabla 3.5 Datos de los principales componentes nutricionales del maní.....	53
Tabla 3.6 Datos de los principales componentes nutricionales de la soya.....	54
Tabla 3.7 Promedios del porcentaje de humedad de las seis variedades de leguminosas..	55
Tabla 3.8 Promedios del porcentaje de Grasa (Extracto etéreo) de las seis variedades de leguminosas.....	56
Tabla 3.9 Promedios del porcentaje de Proteína Bruta de las seis variedades de leguminosas	56
Tabla 3.10 Promedios del porcentaje de Fibra cruda de las seis variedades de leguminosas	57
Tabla 3.11 Promedios del porcentaje de Cenizas de las seis variedades de leguminosas..	58
Tabla 3.12 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para humedad de las seis variedades de leguminosas.....	59
Tabla 3.13 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para grasas (extracto etéreo) de las seis variedades de leguminosas	60

Tabla 3.14 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para proteína de las seis variedades de leguminosas	61
Tabla 3.15 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para fibra de las seis variedades de leguminosas	62
Tabla 3.16 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para cenizas de las seis variedades de leguminosas	62
Tabla 3.17 Composición de las seis variedades de leguminosas según el análisis Bromatológico	63
Tabla 3.18 Valores de los principales nutrientes de la Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos de 1965	64
Tabla 3.19 Resultados de la Prueba t de Student e intervalos de confianza para las seis variedades de leguminosas	65
Tabla 3.20 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para la arveja	67
Tabla 3.21 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para el garbanzo	68
Tabla 3.22 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para la lenteja	69
Tabla 3.23 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para el haba	70
Tabla 3.24 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para el maní.....	71
Tabla 3.25 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para la soya	72
Tabla 3.26 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes de la arveja	73
Tabla 3.27 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes del garbanzo	75
Tabla 3.28 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes de la lenteja	77
Tabla 3.29 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes del habas.....	79
Tabla 3.30 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes del maní.....	81
Tabla 3.31 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes de la soya.....	83

Capítulo 4	86
Tabla 4.1 Rangos de los principales nutrientes de las variedades de leguminosas estudiadas.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1	3
Figura 1.1 Pirámide Alimenticia. (USA Agriculture Department)	8
Figura 1.2 Estructura básica de un aminoácido	12
Figura 1.3 Estructura de los aminoácidos esenciales	13
Figura 1.4 Estructura de los ácidos grasos esenciales	16
Figura 1.5 Estructura de los triglicéridos	17
Figura 1.6 Estructura de la maltosa	19

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	97
Equipos Empleados.....	97
Anexo 2	101
Composición Química de las Leguminosas Ecuatorianas	101
Anexo 3	102
Tablas Estadísticas	102
Anexo 4	105
Ejemplos de cálculos de pruebas de significación	105

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país en el cual la preocupación por el problema del hambre y la mala nutrición es una prioridad, la calidad de vida se ve afectada tanto por la crisis económica y social; un alto porcentaje de la población no tiene los recursos económicos para acceder a fuentes de proteína animal y alimentos que provean otros nutrientes de calidad. A esto hay que sumarle la cultura y hábitos alimenticios inadecuados que perjudican a la población, limitando el desarrollo tanto físico como intelectual.

Este problema obliga a buscar alternativas que solventen la deficiencia en la alimentación del pueblo ecuatoriano, y como grandes candidatos vale mencionar a las leguminosas de grano comestible, un grupo alimenticio elemental que abarca una extensa variedad de productos dentro de los cuales se pueden encontrar arvejas, lentejas, habas, garbanzos, maní, soya, etc., que son producidas en gran cantidad de valles y estribaciones de la región Sierra ecuatoriana; al ser incluidas dentro de una dieta balanceada podrían cubrir considerablemente las necesidades dietéticas de la población, ya que son ricas en proteínas y contienen cantidades considerables de lípidos, carbohidratos y minerales.

Las leguminosas representan un importante recurso alimentario de seguridad, soberanía nutricional y alimentaria, al momento de consumirlas junto con cereales para balancear la dieta.

Frente a las necesidades que se presentan en la actualidad con respecto a la nutrición, se vuelve una tarea urgente contribuir a mejorar este aspecto, y como solución, el siguiente paso es fundamental, conocer la composición química de este grupo de alimentos, que por medio del análisis proximal nos dará a conocer el porcentaje de los grupos de nutrientes que poseen las leguminosas, y con valores reales poder construir tablas que puedan servir de información al ciudadano común, así se podrá generar un criterio más elaborado acerca del aporte a la nutrición de las personas.

Para apoyar este trabajo con bases teóricas sólidas, el primer apartado entrega información acerca del análisis proximal, su importancia en el ámbito alimenticio; también se describe con detalle cada grupo nutritivo desde un punto de vista bioquímico, y finalmente se hace una breve reseña acerca de las leguminosas escogidas para los análisis.

El segundo apartado consta de la descripción paso a paso de los métodos utilizados: humedad, grasas, proteína, fibra y cenizas, todos obtenidos de la AOAC. Complementariamente se hace una breve explicación acerca de los métodos estadísticos usados, su importancia para este trabajo y como aplicarlos.

Por último, el tercer apartado incluye los resultados expresados en forma de tablas que se obtuvieron a lo largo de este trabajo, y a continuación de esto se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1

1. PARTE TEÓRICA

1.1 ANÁLISIS PROXIMAL

El análisis proximal o de Weende es uno de los más conocidos y “probablemente sea el método más usado para expresar la calidad nutritiva global de un alimento” [1]. Se puede pensar que algunos de los métodos tradicionales utilizados en el análisis proximal no sean recomendados para preparar bases de datos de composición de alimentos, como por ejemplo la fibra bruta, es importante analizar los conceptos que se aplican, ya que son los que han predominado en las opiniones sobre la composición de alimentos y la manera de analizarlos. Con el progreso de la ciencia, en estudios nutricionales se necesita un enfoque más detallado acerca de los nutrientes. Sin embargo, el análisis proximal, con todos sus métodos originales, sigue constituyendo la base del análisis de alimentos con fines legislativos en muchos países [2].

Este tipo de análisis no identifica compuestos químicos específicos, sino grupos o fracciones que presentan características similares. Con este método se obtienen principios nutritivos, y pueden incluir los siguientes compuestos que se detallan a continuación:

- Humedad: Agua, compuestos volátiles.
- Cenizas: Compuestos inorgánicos en general.

- Extracto etéreo o Grasa total: Grasas, ceras, resinas, lípidos complejos pigmentos, vitaminas liposolubles.
- Proteína total: Proteínas, péptidos, aminoácidos, amidas, nitrógeno vitamínico.
- Fibra bruta: Celulosa, hemicelulosa, lignina, cutina.
- Extracto Libre de Nitrógeno: Almidón, azúcares, pectinas, vitaminas hidrosolubles.

El extracto libre de nitrógeno se lo obtiene por medio de cálculos, será la diferencia del peso total menos el peso de la materia seca de las fracciones restantes.

1.1.1 HUMEDAD

La humedad es la cantidad de agua que contiene un alimento; la materia seca es la diferencia entre el peso del alimento y su contenido de agua. El contenido de agua es un factor de vital importancia para la preservación de los granos almacenados, un alto contenido de agua crea un ambiente propicio para la proliferación de bacterias u hongos.

1.1.2 CENIZAS

Se describe a la determinación de cenizas como el análisis de residuos inorgánicos que son resultado de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento. Todos los alimentos contienen elementos minerales formando parte de los compuestos orgánicos e inorgánicos. Las leguminosas poseen minerales importantes como calcio y hierro, entre otros.

1.1.3 GRASA

Los lípidos se los puede encontrar tanto en vegetales como en animales. Muchos vegetales acumulan considerables cantidades de lípidos en los frutos y semillas. En las leguminosas el contenido total de lípidos es muy bajo, a excepción de la soya o el maní, que presentan niveles altos de lípidos.

1.1.4 PROTEÍNA

Como ya se ha mencionado antes, las leguminosas son un alimento que se caracteriza por su alto contenido de proteínas. Al ser las semillas de las leguminosas las que proveen de proteínas a países del tercer mundo debido a su bajo costo y abundancia, se torna importante conocer su aporte proteínico.

1.1.5 FIBRA

La fibra vegetal se refiere fundamentalmente a los elementos fibrosos de la pared de la célula vegetal. También está la fibra dietética, esta engloba todo tipo de sustancias, sean fibrosas o no, y que, por tanto, incluye la celulosa, la lignina, las peptinas, las gomas, etc. Las leguminosas presentan un alto contenido de fibra, y los efectos beneficiosos de esta son muy diversos, intervienen y regulan el metabolismo de carbohidratos y lípidos.

En el laboratorio lo que se determina es la fibra cruda, ésta es el residuo orgánico comestible e insoluble que permanece tras haber sometido a la muestra a diferentes tratamientos como la extracción de grasas, hidrólisis ácida y básica y calcinación.

La fibra es una fracción que se encuentra únicamente en las muestras de origen vegetal; las de origen animal han de contener cantidades inferiores a un 2%.

1.2 NUTRICIÓN

1.2.1 CONCEPTOS

Podemos definir nutrición como un conjunto de procesos mediante los cuales el ser humano, utiliza, transforma e incorpora una serie de compuestos que adquiere de la naturaleza y que tiene a los alimentos como principal objeto para suministrar energía, reparar y construir estructuras orgánicas, y también regular los procesos biológicos. La nutrición no se encuentra aislada, sino mas bien se apoya e interactúa de manera estrecha con diversas ramas de la ciencia como la Química, Bioquímica, entre otras [3]. Es importante hacer una diferenciación entre nutrición y alimentación, la primera está relacionada con los nutrientes, ya que la mayor parte de ellos no son ingeridos como tales, sino que una vez que han ingresado en el organismo son metabolizados; mientras que la alimentación está ligada directamente a los alimentos, que son grandes reservorios de los nutrientes.

Una adecuada nutrición mantiene a las personas saludables, esto hace que seleccionar alimentos variados y de buena calidad sea de vital importancia, así se podrán obtener de manera correcta los nutrientes necesarios en la ingesta diaria.

También debemos citar a los alimentos, que son la principal materia prima que el organismo usa para extraer los nutrientes y energía. Estos suministran los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del organismo. Con el fin de orientar y educar a la población para que realice una correcta elección de alimentos, se han realizado agrupaciones variadas de estos, a lo que se conoce como “pirámide de alimentos”; también disponemos de tablas de composición de alimentos que son características para una región en particular [4].

Las tablas de composición de alimentos son bastante utilizadas para valorar la ingesta de nutrientes y energía, además de poder crear un plan de alimentación individual y colectiva de personas sanas y enfermas. La composición de cada alimento; en el caso de este trabajo las leguminosas, varía ampliamente. Depende de varios factores como la variedad, el tipo de cultivo y fertilización, en algunos alimentos influirá la frescura, el tiempo y características de almacenamiento, entre otros. Cabe recalcar que existen inconvenientes que hacen que las tablas no pueden mantenerse vigentes durante largos períodos, ya que constantemente los valores irán cambiando, aquí radica la importancia de tener tablas actualizadas con datos confiables [5].

Por otro lado tenemos la “Pirámide Alimenticia” en la cual se proponen agrupaciones variadas de alimentos, también se sugiere la ración de cada grupo en la ingesta diaria, que

junto con el agua necesaria serán un aporte suficiente para saciar las necesidades de personas sanas. La pirámide fue ideada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica en el año de 1992. La pirámide está ordenada en 5 grupos en los que se presentan los grupos alimenticios más importantes; el orden destaca tres aspectos esenciales que son recomendados para una dieta básica balanceada: “la variedad, proporcionalidad en la cantidad de cada alimento escogido y moderación en la ingesta de grasas y azúcares” [4]. En la figura 1.1 se ilustra la pirámide alimenticia:



Figura 1.1 Pirámide Alimenticia. (USA Agriculture Department) [4]

Se puede observar que en la parte superior de la pirámide se encuentran las grasas, aceites y azúcares, que se recomienda ingerir con moderación, debido a esto ocupan un espacio menor en la pirámide.

1.3 NUTRIENTES

El valor nutritivo de cualquier alimento, sea de origen animal o vegetal, basa su calidad en la composición de nutrientes que posea. El hombre necesita de estos nutrientes, que pueden ser clasificados en carbohidratos, lípidos, proteínas, minerales y vitaminas; de este grupo dependen las funciones fisiológicas del hombre. Para conocer en detalle el valor potencial nutritivo que pueden aportar las leguminosas es necesario hacer una exposición de cada uno de los grupos nutritivos que estas proveen.

1.3.1 AGUA

La molécula de agua, de fórmula H_2O , está formada por 2 átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. El enlace entre estos átomos forma una molécula polar que adopta la forma de V, con un ángulo de $104,5^\circ$; todo se debe a que el oxígeno posee una electronegatividad superior a la del hidrógeno, ocasionando que exista una elevada cohesión entre moléculas de agua, y haciéndola un excelente solvente para compuestos de naturaleza iónica al neutralizar la atracción electrostática de los iones del compuesto, lo que permite su disociación [6].

La estructura dipolar del agua le otorga propiedades físico-químicas que le permiten intervenir en funciones importantes para cualquier organismo vivo, dentro de las cuales están su densidad, alto calor de vaporización, elevado calor específico. El agua también cumple funciones estructurales, mecánicas, bioquímicas, como termorregulador, disolvente y transporte.

La naturaleza dipolar le confiere a la molécula de agua la capacidad de formar puentes de hidrógeno con otras moléculas de agua, u otros componentes de los alimentos, tales como carbohidratos o proteínas.

El agua es el único componente químico, que además de ser un alimento en sí mismo, es un componente fundamental de todos los alimentos; al ser una sustancia inerte no presenta problemas de degradación. El agua participa de manera activa en la formación de las semillas, debido a que es el medio de transporte de sustancias nutritivas para la planta.

Semillas que contengan porcentajes de humedad inferiores al 13% son poco susceptibles a ser atacados por microorganismos; mientras tanto las semillas de las oleaginosas (maní y soya) con un bajo contenido de agua tienden a reducir la actividad del agua lo que reduce la actividad enzimática que degrada los ácidos grasos [7].

Cuando la semilla alcanza su madurez, tiene una cantidad de agua determinada, la cual se puede presentar en diferentes formas: agua libre, agua absorbida y agua de cristalización. El agua libre se encuentra en los espacios entre semillas, de manera superficial, sostenida por fuerzas capilares. El agua absorbida está sostenida por atracción molecular; existe interacción entre las moléculas de agua y las presentes en la semilla, las fuerzas intermoleculares que actúan son las de Van der Waals. Por último el agua de cristalización esta combinada químicamente con los componentes del alimento, haciendo difícil su remoción [7].

El contenido de humedad es un factor de suma importancia para poder analizar el comportamiento de las semillas de leguminosas una vez que han sido cosechadas, especialmente durante el tiempo de almacenamiento y procesamiento. Al poseer un alto contenido de agua se puede generar pérdidas del producto, un control inadecuado puede producir calentamiento y generar un ambiente propicio para que proliferen hongos e insectos.

1.3.2 PROTEÍNAS

Las proteínas son compuestos orgánicos nitrogenados complejos que forman parte de la composición química de la mayoría de los alimentos. Son polímeros que tienen como unidad monomérica a los aminoácidos, que están unidos mediante enlaces peptídicos. Una proteína puede estar formada por cientos o miles de aminoácidos y la secuencia de estos determinará la estructura y función de la proteína. El contenido de proteínas variará según la especie de leguminosa.

Las proteínas cumplen funciones biológicas muy importantes, que son las presentadas a continuación: función catalítica, estructural, de transporte y reserva, reconocimiento celular y defensa, contráctil, hormonal [8].

1.3.2.1 AMINOÁCIDOS

Los aminoácidos como ya se ha mencionado antes, son la unidad estructural de las proteínas, y dentro del extenso grupo se ha identificado 20 que forman parte estructural de

las proteínas del hombre. Un aminoácido es una molécula orgánica que posee dos grupos funcionales característicos, un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH₂).

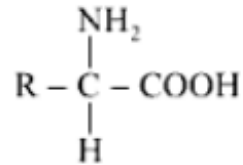


Figura 1.2 Estructura básica de un aminoácido. [9]

En los aminoácidos, el carbono al cual se encuentran enlazados tanto el grupo amino como el carboxilo se lo conoce como carbono alfa (C α).

Dentro del grupo de aminoácidos que existen en la naturaleza, existen unos que pueden ser sintetizados por las células del organismo humano, pero se tiene un grupo pequeño llamado “esenciales”, que necesitan ser adquiridos mediante la ingesta de alimentos que los contengan. Los aminoácidos esenciales son los siguientes: valina, leucina, isoleucina, treonina, metionina, fenilalanina, triptófano y lisina [9]; en los infantes también se incluye a la histidina. La arginina también puede ser considerada un aminoácido esencial, debido a que se requiere en cantidades mayores a las que puede producirse durante el crecimiento y el desarrollo normal de los niños [32].

El grupo restante de aminoácidos se los considera no esenciales, y este grupo lo conforman la alanina, ácido aspártico, asparagina, cisteína, ácido glutámico, glutamina, glicina, prolina, serina y tirosina.

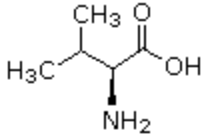
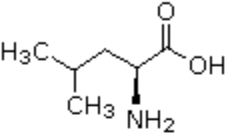
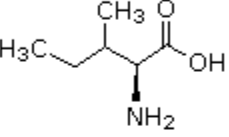
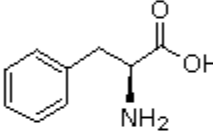
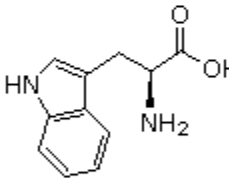
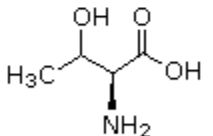
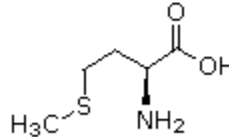
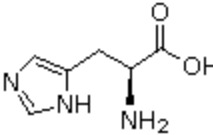
Nombre	Fórmula	Abreviación
Valina		Val V
Leucina		Leu L
Isoleucina		Ileu I
Fenilalanina		Fen F
Triptófano		Trp W
Treonina		Tre T
Metionina		Met M
Histidina		His H

Figura 1.3 Estructura de los aminoácidos esenciales [10]

1.3.2.2 CALIDAD DE LA PROTEÍNA

Para poder considerar la utilidad de las proteínas en cualquier alimento para llevar a cabo procesos de crecimiento y formación de estructuras en el cuerpo humano se emplea la expresión “calidad de la proteína”, la que se estima empleando varias medidas experimentales. Un ejemplo es el llamado “valor biológico de la proteína” (VB), que se define como “la proporción de la proteína absorbida que es retenida, y por tanto, utilizada por el organismo”. También existe otro parámetro usado con frecuencia, se trata del “coeficiente de utilización neta de la proteína” (NPU), diferenciado del VB debido a que este si toma en cuenta la digestibilidad de la proteína, refiriéndose a la proporción de proteína consumida que es utilizada [11].

Durante la síntesis de proteínas deben estar presentes todos los aminoácidos esenciales, y si faltase alguna ésta fallaría. Debido a esto, si la proteína que se ingiera abarca todos los aminoácidos esenciales en proporciones adecuadas para el hombre, se puede decir que tiene un alto valor biológico. Por el contrario, si contiene pequeñas cantidades de alguno de ellos, al que se denominará aminoácido limitante, tendrá una menor calidad.

En dietas mixtas la calidad individual de las proteínas es relativamente poco importante, ya que existe complementación. Un ejemplo sería al tener dos alimentos que contienen aminoácidos limitantes diferentes; un caso podría ser cereales como el trigo y arroz que son pobres en lisina pero ricas en metionina, y por otro lado tener una leguminosa que tiene un contenido alto de lisina y muy bajo en metionina. Ambos alimentos compensan sus deficiencias, dando como resultado una proteína de alto valor biológico. Esta ventaja se

debe aprovechar en países en desarrollo, en donde sus habitantes tienen recursos económicos limitados y no pueden acceder a fuentes de proteína animal.

1.3.3 LÍPIDOS

Los lípidos son un grupo heterogéneo de sustancias que tienen como característica principal la insolubilidad en agua, su gran afinidad por solventes apolares y su presencia en los seres vivos. Estructuralmente se caracterizan por una relativa falta de oxígeno, lo que les confiere su carácter hidrofóbico. La mayoría de lípidos son ésteres formados entre un ácido graso y un alcohol (glicerina).

Las funciones que cumplen los lípidos en los tejidos son varias, cumplen con una actividad biológica, son parte estructural de membranas celulares y de los sistemas de transporte de diversos nutrientes, otros son hormonas y vitaminas, en las plantas se los puede encontrar como pigmentos; y por último son una importante fuente de energía [12]. La presencia de lípidos incide directamente sobre la calidad del alimento. Dentro de los más abundantes se encuentran los triglicéridos, que pueden encontrarse en forma de grasa o aceite, dependiendo de si es sólido o líquido respectivamente a temperatura ambiente.

1.3.3.1 ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga, que puede ser saturados o insaturados. Los saturados no poseen dobles enlaces entre átomos de carbono, y destacan en este grupo los ácidos palmítico y esteárico. Por otro lado se encuentran los ácidos

insaturados, los cuales poseen dobles enlaces en posición *cis* habitualmente, y dentro de este grupo se puede diferenciar entre monoinsaturados y poliinsaturados. El ácido oleico es el más abundante de los monoinsaturados, presentes en aceite de oliva y varias semillas. Dentro de los poliinsaturados, es decir que tienen más de un doble enlace, se les otorga mayor importancia a tres ácidos, el linoleico, linolénico y araquidónico, a los cuales se les suele llamar ácidos grasos esenciales (AGE), ya que resultan imprescindibles en la dieta de las personas debido a que el cuerpo no los puede sintetizar el organismo humano [8].

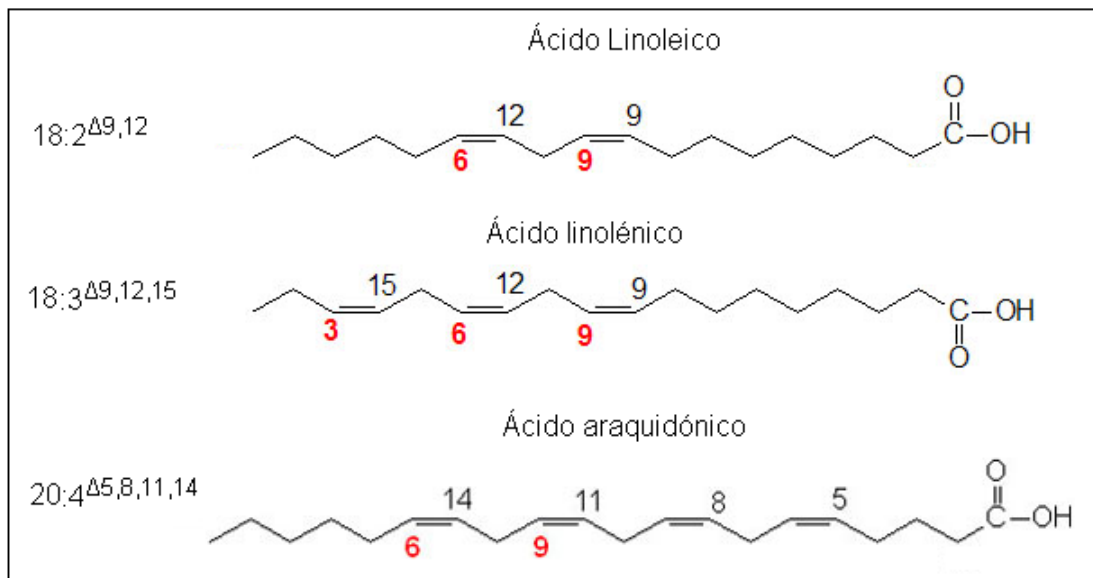


Figura 1.4 Estructura de los ácidos grasos esenciales [13]

1.3.3.2 TRIGLICÉRIDOS

Los aceites y grasas que se encuentran en plantas y animales en su mayoría son mezclas de triglicéridos, que son sustancias no polares, insolubles en agua y se encuentran esterificados con la glicerina. Su interés biológico radica en que son las principales reservas de energía en los animales, también son almacenadas en el organismo en el tejido adiposo, y cumplen con varias misiones entre las que se tiene: protección de órganos, aislamiento contra la pérdida de calor, regulación de distintas actividades fisiológicas, etc. [14].

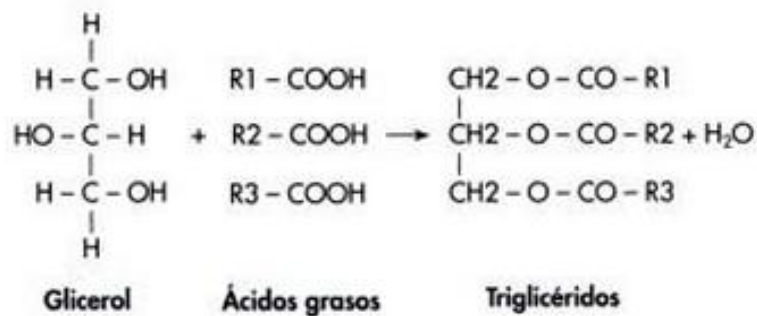


Figura 1.5 Estructura de los triglicéridos. [5]

1.3.4 CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos son compuestos con estructura de polihidroxialdehído o polihidroxicetona, son la fuente más abundante y accesible de alimentos en la naturaleza. Las unidades básicas de los carbohidratos son denominados monosacáridos, de los cuales existe una gran variedad y difieren entre sí de acuerdo al número de átomos de carbono y la ubicación de los átomos de H y O que se encuentran enlazados a los carbonos. Los

polímeros que contienen de dos a seis unidades monosacáridas se denominan oligosacáridos, y al enlazarse de manera ilimitada, dando paso a los polisacáridos, resaltando en este último grupo el almidón y la celulosa.

En las leguminosas el almidón es el carbohidrato predominante, ya que se encuentra en una proporción de 75 a 80%, exceptuando el maní y la soya. Otra característica a destacar de los carbohidratos presentes en las leguminosas es el alto contenido de oligosacáridos como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, que junto a otros componentes que no son digeridos por el organismo son los responsables de causar flatulencia [15].

1.3.4.1 MONOSACÁRIDOS

Son los carbohidratos más simples, conformados por una sola molécula, no pueden ser hidrolizados en glúcidos más simples o pequeños. Pueden ser aldehídos o cetonas polihidroxilados, y el más abundante en la naturaleza es la D-glucosa, azúcar compuesta por 6 carbonos.

Los monosacáridos son la principal fuente de combustible que interviene en el metabolismo, y es empleado como fuente de energía y en la biosíntesis. Cuando no son necesarios para las células son rápidamente transformados en otra forma para ser almacenados, principalmente en forma de polisacáridos.

1.3.4.2 DISACÁRIDOS

Los monosacáridos pueden unirse entre sí por medio del enlace glicosídico, el cual implica la pérdida de un átomo de hidrógeno de un monosacárido y el grupo hidroxilo del otro, que como consecuencia producirá una molécula de H₂O, siendo así esta una reacción de deshidratación. Los disacáridos se originan por la unión de dos monosacáridos mediante enlaces O-glicosídicos. Dentro de los disacáridos más comunes se tienen a la sacarosa, lactosa y maltosa.

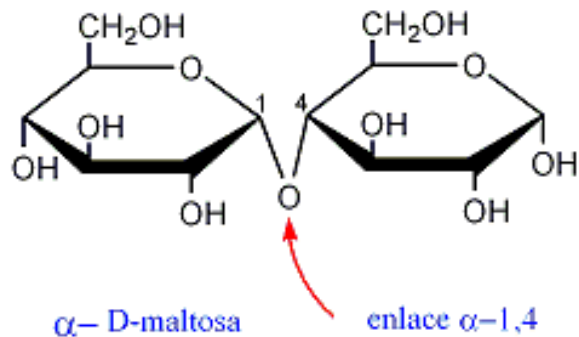


Figura 1.6 Estructura de la maltosa. (Formado por dos moléculas de glucosa unidas por un enlace α -1,4-glicosídico.) [16]

1.3.4.3 OLIGOSACÁRIDOS

Este grupo lo conforman sustancias resultantes de la condensación de tres a diez monosacáridos por medio del enlace glicosídico, si el número de monómeros sobrepasa ese valor se tiene como resultado un polisacárido.

Entre los oligosacáridos más relevantes se tiene a los α -galactosacáridos, entre los que se encuentran la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, presentes en cantidades importantes en las leguminosas. La característica principal de estos carbohidratos es que son productores de gases intestinales, su consumo produce flatulencia. El tracto intestinal del hombre no sintetiza la α -galactosidasa, enzima que actúa sobre estos oligosacáridos, por ende no serán hidrolizados mientras dura el metabolismo de los alimentos; de esta manera llegan al íleon y al colon en donde microorganismos los descomponen en sus respectivos monosacáridos, que son fermentados anaeróbicamente para generar dióxido de carbono e hidrogeno, además de una cantidad reducida de metano [12].

1.3.4.4 POLISACÁRIDOS

En las plantas, la mayor parte de los carbohidratos se encuentran en forma de polímeros, denominados polisacáridos. Estos se clasifican en homopolisacáridos, si todos los monosacáridos que los forman son iguales, o heteropolisacáridos si son formados por dos o más monosacáridos diferentes.

Los homopolisacáridos cumplen funciones diversas en las plantas, son constituyentes estructurales de mucha importancia, el almidón cumple con la tarea de reserva energética, mientras que la celulosa cumple funciones estructurales.

1.3.4.5 ALMIDÓN

Como ya se mencionó anteriormente, el almidón es el polisacárido que se encuentra en mayor cantidad en las leguminosas. Este polisacárido está formado únicamente por residuos de α -D-glucosa. Dentro del almidón coexisten dos estructuras diferentes, la amilosa y la amilopectina.

La amilopectina es un polímero ramificado, principalmente por la presencia de enlaces (α 1-6) en ciertos puntos de la cadena. A la cadena la forman α -D-glucosas unidas por enlaces (α 1-4); sin embargo, cada 24 o 30 residuos de glucosa aproximadamente, se presenta un enlace (α 1-6), en los puntos de ramificación.

Por otro lado la amilosa se constituye por una cadena lineal de α -D-glucosas unidas por enlaces (α 1-4); y debido al ángulo que se genera por el enlace la amilosa se acomoda de forma helicoidal, permitiéndole formar una estructura compacta dentro de la molécula de almidón. [13].

1. 3.5 FIBRA

Con el nombre de fibra se designa a un amplio grupo de polisacáridos, que no son aprovechados por el metabolismo de los organismos monogástricos, grupo en el que se incluye al hombre, pero tienen una función importante para la salud del individuo.

Básicamente, la fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, y se la puede clasificar según su solubilidad en agua. Dentro de

la fibra soluble se encuentran las pectinas, gomas, mucílagos y ciertos tipos de hemicelulosas solubles. Por otro lado se tiene a la fibra insoluble, que incluye a la celulosa, lignina y fracciones de hemicelulosa.

Para tener una idea más clara es necesario hacer una diferenciación entre lo que es la fibra cruda y la fibra dietética. La fibra cruda es la que normalmente consta en las múltiples tablas de composición de los alimentos a disposición de las personas, y se determina analíticamente sometiendo a los alimentos a un tratamiento en caliente con ácido y base; tras ser sometida a estas condiciones pierde una fracción importante de polisacáridos que si se incluyen en la fibra dietética, por lo cual normalmente la fibra cruda es menor a la dietética [12].

Pese a no poder ser metabolizada por el hombre, los efectos beneficiosos de la fibra en el organismo son variados, ya que intervienen en el metabolismo de lípidos y carbohidratos, además regula la función intestinal. Ya que actúa sobre el metabolismo de los lípidos, reduce la absorción de grasas y desarrolla un efecto hipocolesterolémico; en el metabolismo de la glucosa interviene reduciendo su absorción, e incrementa el volumen de materia fecal y disminuye el tiempo del tránsito intestinal [15].

1.3.6 MINERALES

La cantidad de minerales en las leguminosas está sujeta a variaciones en función a la variedad y el tipo de suelo en la que haya sido cultivada. Dentro de los nutrientes que se encuentran en cantidades importantes podemos encontrar al calcio, magnesio y hierro.

Otros minerales que se pueden encontrar en cantidades menores, pero importantes para el ser humano, son el potasio, fósforo, zinc y cobre.

En las leguminosas existe un compuesto químico llamado ácido fítico, el cual dificulta en cierta medida la absorción del calcio y hierro, ya que forma complejos insolubles con los minerales ya antes mencionados, esto interfiere con la absorción en el organismo, por lo tanto su disponibilidad biológica se ve reducida. Una cantidad importante de fósforo se encuentra formando la estructura del ácido fítico, así su disponibilidad para el organismo se ve limitada también [17].

1.4 LEGUMINOSAS

Las leguminosas que el hombre consume son aquellas especies que forman parte de la familia *Fabaceae*, que generalmente tienen como producto de mayor interés y consumo a las semillas secas y maduras, aunque ciertamente existen otras variedades que tienen a la legumbre como parte comestible, como por ejemplo la alfalfa y el algarrobo.

Las leguminosas se adaptan a las condiciones ambientales y además contribuyen ecológicamente como fertilizantes naturales del suelo, esto debido a que sus raíces forman una relación simbiótica con la bacteria *Rhizobium leguminosarum*, que posee la propiedad de fijar el nitrógeno de la atmósfera en el suelo en el cual se cultivan estas singulares plantas [18].

Para la Food and Agriculture Organization (FAO) se tienen dos tipos de semillas: en primer lugar están las leguminosas de bajo contenido de grasas (arveja, lenteja, garbanzo, haba, etc.) y en segundo lugar las que poseen un contenido alto de grasas, estas reciben el nombre de oleaginosas y sus principales ejemplares son el maní y la soya, con valores promedio de 48% y 18% respectivamente [19]. La soya y el maní son utilizados como fuentes de aceite principalmente, en un plano secundario queda el aporte proteico que brindan.

Las semillas de las leguminosas son alimentos que contienen un alto porcentaje de materia seca, carbohidratos solubles, los cuales varían entre un 50 y 70%, un contenido de fibras medio de 8%, minerales entre los cuales destacan el calcio y hierro [20]. Pero su más grande ventaja radica en que poseen un elevado contenido de proteínas, en su mayoría se encuentran aproximadamente entre un 17% a un 25% [21]; son muy ricas en aminoácidos como la lisina, que cumple funciones claves en el desarrollo de células del cerebro humano y en el crecimiento, se la asocia con el desarrollo de inteligencia, rapidez de reflejos, y otras funciones cerebrales como la memoria y el aprendizaje. Esto convierte a las leguminosas en el complemento ideal de los cereales, razones como esta resaltan la importancia de incluirlas en la dieta básica del ser humano.

1.5 VARIEDADES DE LEGUMINOSAS ESTUDIADAS

1.5.1 ARVEJA

Las arvejas, también conocidas como guisantes o chícharos pertenecen a la familia *Leguminosae*, y su nombre científico es *Pisum sativum*. Oriunda del Oriente Próximo, es

una planta que ha sido cultivada junto con cereales hace más de 7000 años [22]. Tienen un valor importante como alimento desde que se las empezó a cultivar ya hace miles de años atrás. Sus atributos nutritivos fueron recién evidenciados en el transcurso del último siglo, con lo cual ha ganado credibilidad y aceptación en el mundo moderno en donde se la considera como un alimento de buena calidad [23]. El consumo del grano tierno y grano maduro y seco de arveja es muy alto en todas las regiones del país.

La semilla madura de la arveja tiene un porcentaje de proteína bruta alto (22,4%), además contiene niveles altos de lisina, aminoácido que no se encuentra en abundancia en los cereales [24].

1.5.2 GARBANZO

El garbanzo (*Cicer arietinum*) se encuentra entre las leguminosas de grano seco más cultivadas alrededor del mundo, ocupando un segundo lugar de importancia, por detrás del fréjol. Posee un valor nutritivo relativamente alto, con un contenido de proteína bruta situado entre el 17% y 24%, y grasas entre 4% y 10%. Además se considera que sus proteínas son las de mayor valor nutritivo entre las leguminosas de grano debido a su composición en aminoácidos [24].

1.5.3 HABAS

El haba (*Vicia faba*) es una de las leguminosas en grano más promisorias desde un punto de vista económico y agronómico. Además de aprovechar el grano seco, el haba también es

cultivada y apetecida por sus frutos verdes y tiernos, que en conjunto constituyen un alimento grandioso para el hombre. Se desconoce su centro de origen exacto, pero en términos generales se puede decir que procede de Oriente Próximo. Es una especie que comparte algunas características con las leguminosas ya antes mencionadas.

Las semillas tienen un contenido proteico muy variable (24% al 32%), que está sujeto sobre todo a la variedad. Estas proteínas son ricas en lisina, pero en cambio son muy pobres en otros aminoácidos tales como metionina y triptófano [24].

El consumo de haba puede ser en fresco, se aprovechan las vainas, granos; también se consume el grano bien seco, tostado o incluso como harina, puede ser procesado, emplearse como producto enlatado.

1.5.4 LENTEJA

La lenteja (*Lens esculenta*) proviene del sur oeste de Asia, y rápidamente se extendió hacia zona mediterránea, lugar desde el cual fue difundida a muchos países, y en América su cultivo es reciente. Su cultivo está mayoritariamente destinado para el consumo humano, del cual se aprovecha el grano seco principalmente, pero también se la utiliza como planta forrajera que sirve de alimento del ganado. Con un contenido proteínico medio de 25% y muy rico en hierro se lo considera un alimento apropiado para una dieta balanceada [24].

1.5.5 MANÍ

El maní (*Arachis hypogaea*) es originario de Sudamérica, probablemente de Brasil, hoy en día se ha extendido su cultivo ampliamente en regiones que poseen climas cálidos alrededor de todo el mundo. El maní es un alimento magnífico, contiene más proteína comparado con la carne animal, lo cual lo hace un alimento adecuado para familias de escasos recursos.

La semilla de maní es una fuente energética y proteínica muy rica y nutritiva. Contiene un porcentaje de grasa que oscila entre 45% y 54%, y valores entre 20% y 30% de proteína. También contiene otros nutrientes importantes como calcio, fósforo, hierro, rivotravina, niacina, tiamina y cistina [25].

1.5.6 SOYA

La soya (*Glycine max*) es un alimento que tuvo su origen en China, y a partir de los años 50 comenzó a adquirir importancia significativa a nivel mundial, debido a que existió un aumento en la demanda de aceites de origen vegetal.

La soya es una leguminosa muy rica en proteínas de alta calidad (aproximadamente 37%) [26], con una gran cantidad y presencia de casi todos los aminoácidos esenciales, sólo la metionina está ausente, este aminoácido actúa en el cuerpo como un antioxidante, además ayuda en el transporte de grasas hacia las células para convertirla en energía. Su deficiencia se ve complementada al combinar la ingesta de soya con cereales.

Por su valor nutritivo y costo relativamente bajo, es una muy buena alternativa para la alimentación de los ecuatorianos. Actualmente se observa claramente un incremento en el consumo de productos elaborados a base de soya, tales como la leche, carne, queso, entre otros.

CAPÍTULO 2

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

El tipo de muestreo que se usó fue el aleatorio simple, el cual consistió en la toma de cinco muestras de cada variedad de leguminosa secas, las que fueron adquiridas en diferentes mercados populares (Iñaquito, El Camal) y supermercados de la ciudad de Quito (Supermaxi, Santa María, Mi Comisariato). Se adquirió un total de 30 muestras, cada una de aproximadamente medio kilo (una libra).

2.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Equipos

- Molino eléctrico de granos Victoria

Material

- Bolsas plásticas Ziploc

Procedimiento

- Previo a la molienda, se limpia adecuadamente el molino para evitar interferencias en los análisis.
- Colocar la leguminosa en el molino, y molerla hasta obtener una muestra homogénea; la muestra debe tener un tamaño de partícula entre 0,5 y 1mm o tenga el aspecto de harina.
- Almacenar correctamente la muestra en una funda de plástico.
- Limpiar el molino terminado el proceso de molienda.

2.3 MÉTODOS

Los métodos empleados fueron los descritos por la AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2005). Los análisis corresponden a los métodos listados en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Análisis y Métodos de la AOAC

Análisis	Método
Humedad	AOAC 925.10
Cenizas	AOAC 923.03
Grasa (cruda)	AOAC 920.39
Fibra (cruda)	AOAC 978.10
Proteína total	AOAC 920.87

2.3.1 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Equipos

- Estufa Binder ® FD 115
- Balanza Analítica Mettler Toledo ® ML204

Materiales

- Crisoles de acero inoxidable con tapa
- Desecador de vidrio 30 cm
- Espátula de acero inoxidable

Fundamento del método

El principio de la determinación de la humedad es la pérdida de peso que experimenta un alimento cuando es sometido a un secado en la estufa, en el lapso de 1 hora, a una temperatura de $130\pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta obtener un peso constante. La materia seca es el residuo que queda posterior al secado.

Procedimiento

- Tarar la cápsula en la estufa durante 1 hora a $130\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Pesar la cápsula fría junto con su tapa (P_c).

- Pesar aproximadamente 2g de la muestra homogenizada (P_m).
- Colocar la cápsula destapada con la muestra en la estufa y dejar secar por el lapso de 1 hora.
- Retirar la cápsula de la estufa, colocarla en un desecador y esperar a que se enfríe.
- Pesar la cápsula fría junto con su tapa que contiene la materia seca hasta obtener un peso constante (P_f).

Cálculos

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

Donde:

$\%H$ = Porcentaje de humedad.

P_m = Peso de la muestra.

P_c = Peso de la cápsula tarada junto con la tapa.

P_f = Peso de la muestra seca + cápsula + tapa.

2.3.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Equipos

- Mufla Barnstead/Thermolyne ® 48000
- Balanza Analítica Mettler Toledo ® ML204

Materiales

- Crisoles de porcelana.
- Pinza para crisoles.
- Desecador de vidrio de 30cm.
- Espátula de acero inoxidable.

Fundamento del método

La determinación de cenizas de un alimento es un método gravimétrico que se basa en incineración de la muestra seca a 550°C, obteniendo como resultado cenizas grises o un residuo de peso constante. El residuo está constituido por óxidos, carbonatos, fosfatos y sustancias minerales.

Procedimiento

- Tarar el crisol de porcelana en la mufla por 1 hora a 550°C.
- Pesarse el crisol una vez que se haya enfriado o mantenga peso constante (P_i).
- Pesar de 3 a 5g de la muestra seca (P_m).
- Colocar el crisol con la muestra en la mufla y calcinarla durante 3 horas a 550°C.
- Retirar el crisol con cuidado y colocarlo en el desecador.
- Pesarse el crisol junto con las cenizas una vez que haya alcanzado una temperatura adecuada o peso constante (P_f).

Cálculos

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

Donde:

%C = Porcentaje de cenizas

P_m = Peso de la muestra

P_i = Peso del crisol tarado

P_f = Peso del crisol + cenizas

2.3.3 DETERMINACIÓN DE GRASA CRUDA (EXTRACTO ETÉREO)

Equipos

- Plancha calefactora para Soxhlet Sebelitine-188®
- Rotavapor Brinkmann ®
- Estufa Binder ® FD 115
- Balanza analítica Mettler Toledo ® ML204

Materiales

- Cartuchos de extracción de celulosa (33mm x 80mm)
- Equipo de vidrio Soxhlet de 250ml
- Núcleos de ebullición
- Algodón
- Desecador de vidrio de 30cm

Reactivos

- Éter de petróleo
- Éter etílico

Fundamento del método

Para la determinación del extracto etéreo, principalmente formado por lípidos, ácidos grasos y materia insaponificable, sustancias que son solubles en solventes orgánicos no polares, se utiliza el equipo de extracción Soxhlet, que es un método de extracción líquido-sólido, basado en una extracción cíclica continua, empleando un solvente orgánico que al evaporarse, asciende hasta el refrigerante donde se condensa y cae por goteo al compartimento que contiene la muestra, extrayendo el analito de interés, cuando el solvente alcanza el tubo de sifonación, el solvente junto con las sustancias solubles regresan al balón para comenzar un ciclo nuevamente.

Procedimiento

- Pesar aproximadamente 2g de muestra seca en un cartucho de celulosa (P_m).
- Tapar con algodón el cartucho para evitar que la muestra sobrenade.
- Colocar el cartucho en el extractor Soxhlet.
- Tarar un balón junto con núcleos de ebullición a $105 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Una vez frío, pesar el balón (P_i).
- Colocar aproximadamente 250ml de éter de petróleo o éter etílico en el balón.

- Ensamblar el equipo Soxhlet, y realizar el proceso de extracción por el lapso de 4h, con un goteo de 5 a 6 gotas por segundo aproximadamente.
- Una vez finalizada la extracción, eliminar el solvente en un rotavapor.
- Secar el balón en la estufa a $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos.
- Pesar el balón una vez que haya alcanzado la temperatura ambiente o mantenga su peso constante (P_f).

Cálculos

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

Donde:

$\%G$ = Porcentaje de grasa cruda o extracto etéreo.

P_i = Peso del balón tarado + núcleos de ebullición.

P_m = Peso de la muestra seca.

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

2.3.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA BRUTA

Equipos

- Equipo de digestión Velp Scientifica ® DK 6
- Equipo de destilación Velp Scientifica ® UDK 129
- Scrubber Velp Scientifica ®
- Bomba Aspiradora de gases Velp Scientifica ®

- Balanza Analítica Mettler Toledo ® ML204

Materiales

- Tubos de digestión de vidrio de 250ml
- Erlenmeyers de 250ml
- Vasos de precipitación de 100ml
- Bureta semiautomática de 50ml
- Pipeta volumétrica de 25ml
- Papel libre de nitrógeno
- Espátula de acero inoxidable

Reactivos

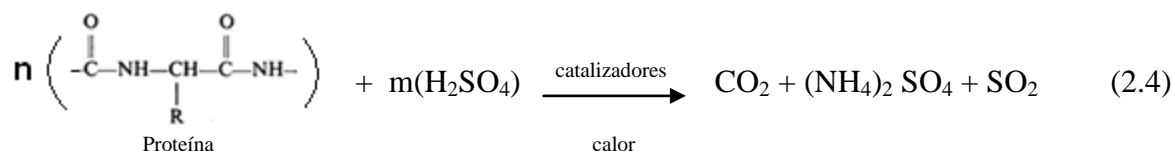
- Ácido sulfúrico concentrado 96% p/p
- Agua destilada
- Indicador de Tashiro (rojo de metilo al 0.1 % p/v y azul de metileno al 0.1 % p/v en relación de 2:1, en alcohol etílico).
- Pastillas Kjeldahl Velp-Scientifica® (3,5g K_2SO_4 , 0,105g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 0,105g TiO_2)
- Solución de ácido Bórico al 4% p/v
- Solución de hidróxido de sodio al 40% p/v
- Solución valorada de ácido clorhídrico 0,1 N

Fundamento del método

La determinación de proteína bruta por el método Kjeldahl consiste de tres etapas:

- La digestión ácida que tiene como fin mineralizar la materia orgánica de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de potasio en presencia de un catalizador de sulfato de cobre.
- La etapa de destilación, el nitrógeno mineralizado se encuentra en la solución ácida como sulfato de amonio, se desplaza como amoniaco por la adición hidróxido de sodio concentrado y es destilado por arrastre de vapor en forma de amoniaco.
- Titulación, titular el amoniaco destilado, que se recolecta en una solución de ácido bórico y se valora con una solución patrón de ácido clorhídrico o sulfúrico.

Digestión:



Neutralización y destilación:



Titulación:



Procedimiento

Digestión

- Pesar aproximadamente 0,5g de muestra seca sobre un papel libre de nitrógeno e insertarlo dentro de un tubo de digestión.
- Colocar 2 pastillas Kjeldahl dentro del tubo.
- Agregar 12 ml de ácido sulfúrico concentrado al tubo.
- Colocar el tubo de digestión en el módulo de digestión y programado a 420°C durante 1 hora.
- Colocar el extractor de gases sobre los tubos de digestión, encender la bomba aspiradora de gases para evitar una contaminación por los vapores emanados.
- Una vez finalizada la digestión, retirar los tubos del módulo de digestión y aguardar hasta que estén fríos.

Destilación

- Colocar un erlenmeyer de 250ml que contenga 30ml de la solución de ácido bórico al 4% y de 5 a 7 gotas del indicador de Tashiro en la salida del equipo de destilación.
- Colocar el tubo de digestión en el equipo de destilación, que agregara automáticamente 50ml de la solución de hidróxido de sodio al 40%.

- Iniciada la secuencia de destilación por arrastre de vapor, recolectar 150ml del destilado sobre la solución de ácido bórico al 4%.

Titulación

- Titular el destilado con una solución de HCl 0,1M valorada hasta que exista un cambio de color verde a un tono rosado ligero.

Cálculos

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

$$\% Proteína = \% N \times F \quad (2.9)$$

Donde

%N = Porcentaje de nitrógeno.

V_{HCl} = Volumen de HCl 0,1M gastado.

M_{HCl} = Molaridad exacta del HCl.

P_m = Peso de la muestra seca.

F = Factor para convertir de %N a %Proteína.

2.3.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

Equipos

- Equipo para determinación de fibra cruda Velp Scientifica® FIWE-6

- Mufla Barnstead/Thermolyne ® 48000
- Balanza Mettler Toledo ® ML204
- Estufa Binder FD 115

Materiales

- Crisol de vidrio poroso (P-2)
- Desecador de vidrio de 30cm
- Espátula de acero inoxidable
- Pinzas para crisol

Reactivos

- Solución de ácido sulfúrico $0,128 \pm 0,003M$
- Solución de hidróxido de sodio $0,313 \pm 0,005M$
- N-octanol
- Acetona
- Agua destilada

Fundamento del método

El fundamento para la determinación de fibra bruta consiste en someter a la muestra seca a dos hidrólisis sucesivas, una ácida (ácido sulfúrico) y otra básica (hidróxido de sodio). El residuo obtenido es secado, y posteriormente calcinado; la diferencia de peso entre el crisol con el residuo seco y el crisol con las cenizas es la fibra cruda.

Procedimiento

- Tarar los crisoles de vidrio poroso en la mufla a 550°C durante 1 hora.
- Pesar aproximadamente 1g de muestra seca en el crisol tarado (P_m).
- Colocar el crisol en el equipo de determinación de fibra cruda, añadir 150ml de la solución de H_2SO_4 previamente calentada y prender la placa calefactora.
- Añadir de 3 a 5 gotas de n-octanol como agente antiespumante.
- Una vez que la solución ha empezado a hervir, programar el equipo para que la solución hierva durante 30min.
- Finalizada la secuencia, vaciar los módulos y lavarlos 3 veces con 30ml de agua destilada desionizada.
- Activar el compresor del equipo para mezclar y obtener un mejor lavado.
- Utilizando la bomba de vacío, vaciar una vez acabada cada secuencia de lavado.
- Posterior a esto, añadir 150ml de la solución de NaOH, añadir de 3 a 5 gotas de n-octanol, y una vez que ha empezado a hervir, dejar que lo haga por 30min.
- Lavar nuevamente 3 veces con 30ml de agua destilada caliente y repetir el mismo proceso que se utilizó con el H_2SO_4 .
- Para finalizar, lavar con 30ml de agua destilada fría.
- Lavar los crisoles con 25 ml de acetona.
- Colocar los crisoles en la estufa a 105°C durante una hora para secar.
- Sacar los crisoles y ponerlos en el desecador y dejarlos ahí hasta que se enfríen.
- Pesar los crisoles una vez que estén fríos o tengan peso constante (P_0)

- Colocar los crisoles en la mufla a 550°C durante 3 horas, para retirarlos la temperatura debe ser menor a 200°C para evitar deformaciones por el choque térmico.
- Colocar los crisoles en el desecador y una vez fríos pesarlos (P_1).

Cálculos

$$\%F_c = \frac{P_0 - P_1}{P_m} \times 100 \quad (2.10)$$

Donde

$\%F_c$ = Porcentaje de fibra cruda.

P_0 = Peso del crisol + fibra + cenizas.

P_1 = Peso del crisol + cenizas.

P_m = Peso de la muestra seca.

2.4 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS

2.4.1 MEDIA

La media de la muestra, que también recibe el nombre de media aritmética o promedio, es la suma de un conjunto de valores divididos entre el número total de elementos que conforman el conjunto.

Está definida por la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.11)$$

La media de una población de N elementos se calcula de igual manera, la única diferencia es que la suma de los valores se dividen entre el tamaño de la población. Es estadístico muestral es el estimador del parámetro de la población μ .

Se calculó la media de cada triplicado y la media total para cada parámetro analizado.

2.4.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La desviación estándar de un grupo de datos representa la variabilidad de los datos muestrales. Para determinar la desviación estándar, tan solo se toma la raíz cuadrada de la variancia, así obtenemos:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

La desviación estándar se utiliza principalmente para medir la variación promedio alrededor de la media.

Se calculó la desviación estándar de cada triplicado y la desviación estándar total para cada parámetro analizado, con esto busca saber la precisión de los métodos utilizados.

2.4.3 PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN

Cuando se realiza una prueba de significación se está comprobando la veracidad de una hipótesis, a la que se denomina hipótesis nula. Se adopta como hipótesis nula que establece que el método no se encuentra sujeto a errores sistemáticos. El término nulo se lo utiliza para enfatizar que no existe diferencia, entre lo que se observa y el valor conocido, que la variación puede atribuirse a causas aleatorias [27]. La hipótesis nula se rechaza cuando la diferencia observada entre los valores comparados presentan una diferencia significativa es decir que está fuera del intervalo de confianza con el que se está trabajando, en este caso correspondiente al 95%; si se rechaza H_0 se acepta hipótesis alterna que sugiere que los errores se deben a causas sistemáticas que generan diferencias significativas en el método empleado.

Se usó el programa Microsoft Excel para el cálculo de las pruebas de significación.

2.4.3.1 PRUEBA t DE STUDENT

La prueba t consiste en comparar dos conjuntos de mediciones de réplicas hechas con dos métodos diferentes; uno será el método aceptado y el otro será el método de prueba. Al calcular el valor t, se debe hacer una comparación con los valores tabulados para el nivel de confianza con el cual se esté trabajando; en el caso de que el valor calculado de t sobrepase al valor tabulado, existe una diferencia significativa entre los resultados de los métodos para el nivel de confianza escogido. Por otra parte si no lo excede, se puede decir que no hay diferencia significativa.

Hay varias maneras en las que se puede emplear la prueba t. La que se usó se aplica cuando se tiene a disponibilidad un valor aceptado de μ , por ende se podrá realizar la prueba para determinar si los datos obtenidos en este proyecto son iguales o difieren estadísticamente en un nivel de confianza correspondiente a 95%.

La ecuación viene dada por:

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

En éste trabajo, la prueba t se usó para verificar si los valores considerados en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos que data del 65 difieren significativamente con los resultados obtenidos para las seis variedades de leguminosas con las que se trabajó.

La prueba t con frecuencia se usa para expresar intervalos de confianza, además de comparar resultados de diferentes experimentos. Un intervalo de confianza es una expresión que nos dice que la media verdadera, μ , se encuentra probablemente a una determinada distancia de la media muestral, \bar{x} ; así podemos inferir en donde se encuentra el valor verdadero empleado los valores muestrales, el nivel de confianza usado es 95% [28].

El intervalo de confianza esta dado por:

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{t_{\alpha/2} s}{\sqrt{N}} \quad (2.14)$$

Donde:

μ = Media verdadera

$t_{\alpha/2}$ = Valor estadístico de la tabla t de Student

\bar{x} = Promedio de la muestra

s = Desviación estándar

N = Tamaño de la muestra

2.4.3.2 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

El análisis de varianza (ANOVA, del inglés *Analysis of Variance*) es una técnica estadística de gran utilidad que se usa principalmente para separar y estimar las diferentes causas de variación de un método.

Esta técnica tiene la capacidad de comparar simultáneamente más de dos medias, un hecho que pueden presentarse muy a menudo en trabajos analíticos, determinando si existen o no diferencias significativa entre ellas.

Para comprender el análisis de varianza suponemos que se poseen k muestras aleatorias independientes, de tamaño n, que han sido extraídas de una única población normal. A partir de ellas hay dos maneras independientes de estimar la varianza de la población σ^2 :

- Primeramente tenemos una llamada varianza dentro de los grupos, o cuadrados medios del error, que se la representa por lo general como MCD (Media de Cuadrados Dentro de los grupos) la que se calcula como la media de las k varianzas

muestrales. El MCD es un cociente: el numerado adopta el nombre de suma de cuadrados del error (SCE) y el denominador son los grados de libertad, ya que son los términos independientes de la suma de cuadrados [29].

- En segundo lugar se tiene la varianza entre grupos, o cuadrados medios de los tratamientos, representada por MCE (Media de Cuadrados entre Grupos). Se lo calcula a partir de la varianza de las medias muestrales y también es un cociente; el numerador es la suma de cuadrados de los tratamientos (SCT) y el denominador es $(k-1)$ grados de libertad [29].

MCD y MCE estiman la varianza poblacional sujeta a la hipótesis de que las k muestras provengan de la misma población. Para saber si existe una diferencia significativa se hace uso de la distribución de Fisher-Snedecor. El valor calculado de F , producto de la relación de MCE/MCD , es comparado con los valores tabulados de la distribución F con un 95% de confianza. Si el nivel crítico asociado al estadístico F , es mayor al que se expone en la tabla, la hipótesis de igualdad de medias será rechazada y se podrá tener como conclusión que no todas las medias poblacionales comparadas son iguales.

En este trabajo el ANOVA se usó para saber si entre las medias muestrales de una misma variedad de leguminosa existen diferencias significativas, o por el contrario, si todas pertenecen a una misma población.

Para tener una idea general, la tabla a continuación expone las formulas utilizadas en el ANOVA:

Tabla 2.2 Fórmulas empleadas en el ANOVA

Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F
Entre Grupos	k-1	$SCE = n \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$MCE = \frac{SCE}{k-1}$	$\frac{MCE}{MCD}$
Dentro de los grupos (Error)	(n-1)k	$SCT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$MCD = \frac{SCT}{(n-1)k}$	
Total	kn-1	$SC_{Total} = SCE + SCT$		

Donde:

k = número de grupos

n = número de réplicas por grupo

x_{ij} = valor de cada réplica

\bar{x}_i = media de cada grupo

\bar{x} = media total

Se realizó un análisis de varianza para observar si existen diferencias significativas entre las cinco muestras de cada tipo de leguminosa analizada en el trabajo realizado.

2.4.3.3 PRUEBA DHS DE TUKEY

La prueba DHS (Diferencias Honestamente Significativas) de Tukey examina con un modelo estadístico todas las diferencias entre las medias muestrales que se estén estudiando. La prueba de Tukey consiste en comparar el valor absoluto de las diferencias entre las medias con el valor que nos otorga la fórmula del DHS [30]. El modelo estadístico de Tukey es el que se expone a continuación:

$$DHS = q_{a,gl_d;(1-\alpha)} \sqrt{\frac{MCD}{n}} \quad (2.15)$$

Donde:

$q_{a,gl_d;(1-\alpha)}$ = valor que se encuentra en la tabla de Tukey para a tratamientos y los grados de libertad dentro de los grupos

MCD = Media de Cuadrados Dentro de los grupos

n = número de repeticiones en base a las que se calculo las medias muestrales.

Si el valor absoluto de la diferencia entre un par de medias supera el DHS, se da por entendido que esa diferencia es estadísticamente significativa. Como consecuencia se llegará a la conclusión que las esperanzas asociadas a dicha diferencia son distintas con un nivel de significación α (0,05) [31].

La prueba de Tukey tiene el mismo fin que el ANOVA, pero nos indica de una manera más detallada que medias muestrales difieren significativamente.

CAPÍTULO 3

3.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron los análisis de humedad, cenizas, grasas, proteína y fibra en las seis variedades de leguminosas maduras y secas (arveja, haba, garbanzo, lenteja, maní y soya). Cada una de las muestras se realizó por triplicado. El único parámetro que no se lo determinó en el laboratorio fue el extracto libre de nitrógeno (ELN), conformado por carbohidratos solubles en su mayoría, que fue obtenido por diferencia de 100 menos la suma de todos los anteriores parámetros. Las tablas siguientes presentan los datos obtenidos tras los análisis expuestos anteriormente.

Tabla 3.1 Datos de los principales componentes nutricionales de la lenteja

Muestra	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Fibra	%Cenizas	%ELN
1	12,12	0,74	25,08	5,38	2,90	53,77
	12,14	0,73	25,26	5,33	2,88	53,65
	12,13	0,72	25,36	5,44	2,81	53,53
2	12,45	0,63	25,23	5,04	2,80	53,85
	12,49	0,64	24,86	5,16	2,82	54,04
	12,46	0,71	24,89	5,11	2,75	54,09
3	11,83	0,69	25,74	4,69	2,74	54,31
	11,83	0,61	25,35	4,59	2,75	54,88
	11,84	0,70	25,67	4,83	2,77	54,20
4	12,40	0,72	24,88	5,27	2,85	53,89
	12,39	0,69	24,78	5,46	2,81	53,87
	12,33	0,68	25,01	5,23	2,79	53,97
5	12,27	0,89	24,87	5,41	2,91	53,64
	12,29	0,91	25,23	5,21	2,93	53,43
	12,29	0,91	25,23	5,39	2,98	53,20

Tabla 3.2 Datos de los principales componentes nutricionales de la arveja

Muestra	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Cenizas	%Fibra	%ELN
1	13,94	1,40	23,68	2,64	5,78	52,57
	13,93	1,54	23,82	2,64	5,58	52,49
	14,04	1,44	23,82	2,61	5,60	52,49
2	11,58	1,27	22,92	2,93	5,78	55,51
	11,44	1,24	22,55	2,92	5,47	56,38
	11,51	1,20	22,57	2,87	5,85	56,01
3	12,23	1,07	20,45	2,75	7,18	56,33
	12,12	1,02	20,43	3,07	6,87	56,49
	12,08	0,98	20,16	2,71	7,24	56,83
4	13,48	1,11	22,83	3,15	7,47	51,96
	13,11	1,11	23,13	3,13	7,11	52,42
	13,44	1,12	23,13	3,13	7,48	51,70
5	14,08	1,12	23,05	2,55	5,71	53,49
	14,30	1,08	23,50	2,52	5,84	52,76
	14,33	1,03	23,55	2,48	5,85	52,74

Tabla 3.3 Datos de los principales componentes nutricionales del garbanzo

Muestra	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Ceniza	%Fibra	%ELN
1	12,08	7,35	21,74	3,06	4,95	50,83
	11,76	7,50	21,66	3,08	4,85	51,15
	11,77	7,42	22,19	3,07	5,33	50,22
2	9,33	5,82	21,74	3,11	4,84	55,16
	9,35	5,87	21,42	3,16	4,81	55,38
	9,45	5,80	21,30	3,15	4,78	55,51
3	9,66	5,75	21,38	3,06	5,44	54,71
	9,61	5,57	21,68	3,13	5,54	54,48
	9,65	5,55	21,63	3,10	5,63	54,44
4	11,13	6,21	20,99	3,18	3,92	54,58
	11,20	6,32	20,86	3,21	3,94	54,48
	11,38	6,29	21,16	3,22	3,73	54,23
5	11,05	6,59	20,78	3,55	3,73	54,30
	11,46	6,57	20,95	3,57	3,85	53,59
	11,49	6,48	20,55	3,51	4,00	53,97

Tabla 3.4 Datos de los principales componentes nutricionales del haba

Muestra	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Fibra	%Cenizas	%ELN
1	10,85	1,64	27,29	9,34	3,48	47,40
	10,90	1,50	27,60	9,40	3,47	47,13
	10,95	1,52	27,47	9,54	3,40	47,11
2	10,37	1,51	26,07	9,79	3,29	48,98
	10,38	1,49	25,76	10,01	3,26	49,09
	10,36	1,51	25,92	9,82	3,28	49,12
3	13,26	1,82	25,03	9,87	3,44	46,58
	13,40	1,81	25,86	10,26	3,43	45,23
	13,33	1,80	25,57	9,90	3,37	46,03
4	11,60	1,52	28,42	10,26	3,53	44,67
	11,59	1,53	28,80	10,04	3,46	44,58
	11,66	1,54	28,56	10,44	3,43	44,36
5	12,71	1,71	28,47	10,39	3,52	43,21
	12,58	1,70	28,27	10,68	3,46	43,31
	12,61	1,74	28,40	10,45	3,56	43,24

Tabla 3.5 Datos de los principales componentes nutricionales del maní

Muestra	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Fibra	%Cenizas	%ELN
1	6,78	50,03	29,89	4,06	2,54	6,70
	6,77	50,45	30,56	4,59	2,58	5,05
	6,70	50,21	30,56	4,17	2,44	5,92
2	6,68	48,63	30,37	3,93	2,98	7,41
	6,70	48,87	30,43	4,00	3,00	6,99
	6,66	48,62	30,41	3,87	2,94	7,51
3	7,65	50,97	30,77	4,06	2,44	4,10
	7,84	50,72	30,87	3,94	2,48	4,15
	7,67	50,78	30,43	3,94	2,42	4,77
4	7,36	50,89	31,48	4,08	2,65	3,54
	7,38	50,66	32,13	4,14	2,65	3,05
	7,45	50,78	31,07	4,21	2,60	3,89
5	5,80	51,75	30,90	4,27	2,89	4,38
	5,77	51,76	30,91	4,32	2,90	4,34
	5,97	51,81	30,99	4,30	2,79	4,14

Tabla 3.6 Datos de los principales componentes nutricionales de la soya.

Muestra	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Fibra	%Cenizas	%ELN
1	8,03	22,75	37,29	8,64	5,46	17,84
	7,98	22,62	38,24	8,47	5,41	17,29
	7,88	22,75	38,37	7,98	5,29	17,72
2	9,28	23,73	38,80	7,16	5,36	15,66
	9,25	23,10	38,76	6,49	5,35	17,04
	9,22	23,63	38,48	6,89	5,26	16,52
3	8,70	24,95	40,86	5,57	5,58	14,34
	8,87	25,14	41,23	5,80	5,45	13,52
	8,80	25,01	41,12	5,78	5,34	13,95
4	9,70	22,03	39,72	7,50	5,26	15,78
	9,89	22,13	39,80	7,04	5,23	15,90
	9,91	22,22	39,42	6,89	5,18	16,39
5	13,00	23,35	39,01	7,07	5,44	12,14
	12,79	23,26	39,28	6,73	5,41	12,54
	12,77	23,03	38,54	7,01	5,41	13,25

3.2 TRATAMIENTO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.2.1 PROMEDIOS

A continuación se presentan los promedios de cada triplicado y el promedio total para cada uno de los parámetros realizados en las seis variedades de leguminosas estudiadas en la presente disertación; exceptuando el extracto libre de nitrógeno debido a que no se lo determinó de manera analítica.

Tabla 3.7 Promedios del porcentaje de humedad de las seis variedades de leguminosas

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	13,97	11,87	12,13	10,90	6,75	7,96
2	11,51	9,38	12,47	10,37	6,68	9,25
3	12,14	9,64	11,83	13,33	7,72	8,79
4	13,34	11,23	12,37	11,62	7,40	9,83
5	14,24	11,33	12,28	12,63	5,85	12,85
Promedio	13,04	10,69	12,22	11,77	6,88	9,74

Los porcentajes de humedad de las seis variedades de leguminosas son diferentes en su mayoría, y tenemos al maní como el de menor porcentaje de humedad con aproximadamente un 7%, lo sigue la soya con cerca de un 10%, la particularidad de estas dos leguminosas es que debido a su gran cantidad de ácidos grasos, los contenidos de humedad deben ser reducidos para que estos no se deterioren con facilidad.

Para el resto de leguminosas (arvejas, garbanzos, lentejas y habas) los porcentajes de humedad son bastante similares, y el de mayor porcentaje es la arveja, con un 13%. Hay que resaltar la importancia del contenido de humedad en las leguminosas, como se expuso en la introducción [14], se establece que las leguminosas secas deben tener un máximo de 13% de humedad, así se reduce los riesgos de contaminación y proliferación de bacterias e insectos que pueden afectar la frescura y salud del grano.

Tabla 3.8 Promedios del porcentaje de Grasa (Extracto etéreo) de las seis variedades de leguminosas

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	1,46	7,42	0,73	1,55	50,23	22,71
2	1,24	5,83	0,66	1,50	48,70	23,49
3	1,02	5,62	0,67	1,81	50,82	25,03
4	1,11	6,27	0,70	1,53	50,77	22,13
5	1,08	6,54	0,90	1,72	51,78	23,21
Promedio	1,18	6,34	0,73	1,62	50,46	23,31

En lo que se refiere a contenido de grasas, existe una diferenciación clara de dos grupos, por un lado están las oleaginosas en las que se encuentran el maní y la soya, que tienen porcentajes bastante altos de grasa, y dentro de este grupo destaca con gran notoriedad el maní, que tiene un 50%. En el otro extremo tenemos al resto de leguminosas, dentro de las cuales el garbanzo sobresale ya que posee aproximadamente un 6% de grasas, y la que menos contenido tiene es la lenteja, con un porcentaje de 0,73%.

Tabla 3.9 Promedios del porcentaje de Proteína Bruta de las seis variedades de leguminosas

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	23,77	21,86	25,24	27,46	30,34	37,97
2	22,68	21,49	24,99	25,91	30,40	38,68
3	20,34	21,56	25,59	25,49	30,69	41,07
4	23,03	21,00	24,89	28,59	31,56	39,65
5	23,37	20,76	25,11	28,38	30,93	38,94
Promedio	22,64	21,34	25,16	27,17	30,78	39,26

La proteína es un nutriente que está presente de manera importante en toda leguminosa, siendo la soya la que más contenido de proteína tiene, posee un porcentaje cercano al 40%, siendo así la leguminosa con mayor aporte proteico. Dentro de las leguminosas que tiene el porcentaje de proteínas más bajo, pero aun así muy importante, encontramos al garbanzo, con un 21,34%, ciertamente es un porcentaje considerable pero dentro de las leguminosas estudiadas este es el más bajo.

Tabla 3.10 Promedios del porcentaje de Fibra cruda de las seis variedades de leguminosas

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	5,65	5,04	5,38	9,43	4,27	8,36
2	5,70	4,81	5,10	9,87	3,93	6,85
3	7,10	5,54	4,70	10,01	3,98	5,72
4	7,35	3,86	5,32	10,25	4,14	7,14
5	5,80	3,86	5,34	10,51	4,30	6,94
Promedio	6,32	4,62	5,17	10,01	4,13	7,00

Los porcentajes de fibra más altos corresponden a las habas, con un porcentaje del 10%, a estas leguminosas se debe hacer una aclaración, debido a la dificultad para remover las cascaras secas se optó por hacer el análisis de todo el grano, dando como resultado un alto contenido de fibra, las leguminosas restantes no tuvieron ese inconveniente. El dato de fibra más bajo corresponde al garbanzo, con un 4,62%.

Tabla 3.11 Promedios del porcentaje de Cenizas de las seis variedades de leguminosas

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	2,63	3,07	2,86	3,45	2,52	5,39
2	2,91	3,14	2,79	3,28	2,97	5,32
3	2,85	3,10	2,75	3,41	2,44	5,45
4	3,14	3,20	2,82	3,48	2,63	5,22
5	2,52	3,55	2,94	3,51	2,86	5,42
Promedio	2,81	3,21	2,83	3,43	2,69	5,36

Los porcentajes de cenizas son bastante similares entre ellos, dentro de los cuales destaca como el más alto el porcentaje de la soya, correspondiente a 5,36%, lo que la hace la leguminosa con mayor contenido de minerales dentro de las estudiadas. La leguminosa de menor contenido de cenizas, pero no menos importante es el maní, que posee un porcentaje de 2,69%, no muy lejano al de otras leguminosas como la arveja y lenteja.

3.2.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

En el siguiente apartado se hará un análisis de la desviación estándar de cada grupo nutritivo de las seis variedades de leguminosas, se detallará en tablas los datos que se han obtenido.

Tabla 3.12 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para humedad de las seis variedades de leguminosas.

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	0,0638	0,1812	0,0097	0,0506	0,0441	0,0769
2	0,0666	0,0669	0,0187	0,0143	0,0244	0,0327
3	0,0757	0,0285	0,0058	0,0734	0,1046	0,0877
4	0,2064	0,1297	0,0391	0,0380	0,0493	0,1146
5	0,1346	0,2441	0,0088	0,0685	0,1082	0,1282
Total	1,0949	1,0358	0,2300	1,1277	0,6742	1,7325

Los resultados de la desviación estándar para el análisis de humedad en casos como la soya es un tanto alto, pero para las demás leguminosas son adecuadas. El dato que sobresale es el de la soya, debido a que existen un dato más alto en comparación con la media (9,74%) correspondiente a 12,85, y por otro lado un dato más bajo de 7,96. Esta diferencia es la causa de la desviación estándar más alta dentro del análisis de humedad, que se debe al factor antes mencionado. Otro de los factores que influye esta variabilidad en algunas leguminosas (arveja, garbanzo, habas y soya) es el mecanismo de secado que se haya empleado durante la producción. En los mercados populares no existe el control que puede haber en supermercados.

**Tabla 3.13 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para grasas
(extracto etéreo) de las seis variedades de leguminosas**

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	0,0729	0,0756	0,0072	0,0780	0,2089	0,0760
2	0,0383	0,0400	0,0418	0,0133	0,1414	0,3390
3	0,0433	0,1128	0,0505	0,0077	0,1328	0,0969
4	0,0059	0,0534	0,0199	0,0101	0,1145	0,0923
5	0,0415	0,0569	0,0096	0,0174	0,0329	0,1609
Total	0,1649	0,6570	0,0963	0,1267	1,0521	1,0233

Los datos de desviación estándar en el porcentaje de grasa son bastante bajos en el caso de las leguminosas que no contienen grandes cantidades de ácidos grasos (arveja, garbanzo, lenteja, habas), pero se marca una diferencia con el maní y la soya, que de estos dos el de mayor dispersión es ligeramente el maní, y la principal causa se debe a que existe un valor de 48,70, mientras su media que corresponde a 50,46% y el resto de datos no excede el 51%. Por su lado la soya también presenta una dispersión relativamente alta en comparación con el resto de leguminosas, y todo radica en que dentro de los datos se tiene un valor de 25,03%, algo alejado de la media (23,31) y del resto de datos que están mucho más cercanos a ella (ver tabla 3.8).

Tabla 3.14 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para proteína de las seis variedades de leguminosas

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	0,0847	0,2826	0,1420	0,1565	0,3889	0,5926
2	0,2109	0,2278	0,2062	0,1537	0,0299	0,1736
3	0,1635	0,1633	0,2084	0,4227	0,2318	0,1882
4	0,1742	0,1489	0,1131	0,1907	0,5321	0,2009
5	0,2751	0,2036	0,2124	0,1025	0,0466	0,3732
Total	1,2557	0,4495	0,2933	1,3226	0,5286	1,1276

Los valores para la desviación estándar en el parámetro de proteína son un tanto elevados si se los compara con los otros análisis. Dentro de esto la arveja es la que mayor desviación tiene, lo que se relaciona con el tercer dato de las muestras, que corresponde a 20,34%, un tanto alejado de la media de 22,64%, y los valores restantes rondan el 23% (ver Tabla 3.9). Las leguminosas como la arveja y la soya siguen ésta tendencia, si bien podría ser un punto a tomar en consideración, es algo que no afecta en demasía, ya que los porcentajes de proteína varían con notoriedad porque dependen de factores como el cultivo, el clima y zona donde haya sido cosechada la leguminosa.

Tabla 3.15 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para fibra de las seis variedades de leguminosas

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	0,1109	0,2550	0,0532	0,1047	0,2827	0,3448
2	0,2001	0,0292	0,0615	0,1188	0,0672	0,3348
3	0,1982	0,0946	0,1207	0,2177	0,0722	0,1232
4	0,2124	0,1156	0,1224	0,2018	0,0640	0,3189
5	0,0788	0,1387	0,1098	0,1545	0,0211	0,1838
Total	0,7830	0,6980	0,2741	0,4007	0,1923	0,9028

En la fibra tenemos nuevamente a la soya como principal objeto de discusión, ya que de entre las seis leguminosas, es la que posee una desviación más alta, y esto se debe a que existen datos extremos en relación a la media (7,00%), por un lado se tiene el dato más bajo correspondiente a 5,72% y en el otro extremo está el valor de 8,36%; la variabilidad entre estos datos hace que la desviación estándar resulte ser más considerable respecto a las demás leguminosas.

Tabla 3.16 Desviación estándar de los datos de porcentaje obtenidos para cenizas de las seis variedades de leguminosas

Muestra	Arveja	Garbanzo	Lenteja	Habas	Maní	Soya
1	0,0198	0,0113	0,0447	0,0426	0,0690	0,0834
2	0,0296	0,0255	0,0364	0,0103	0,0330	0,0567
3	0,1985	0,0353	0,0122	0,0410	0,0323	0,1191
4	0,0120	0,0215	0,0340	0,0514	0,0259	0,0442
5	0,0324	0,0330	0,0376	0,0470	0,0626	0,0181
Total	0,2376	0,1808	0,0742	0,0913	0,2115	0,1043

En el caso de las cenizas, los valores de las desviaciones son bastante bajos en todos los casos, no existe mayor novedad en este parámetro.

Al obtener los promedios de cada grupo nutritivo y sus respectivas desviaciones estándar totales (S), se sugiere la siguiente tabla que contenga la composición nutricional proximal para cada variedad de leguminosa estudiada.

**Tabla 3.17 Composición de las seis variedades de leguminosas según el análisis
Bromatológico**

	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Fibra	%Cenizas
Arveja	13,04	1,18	22,64	6,32	2,81
S	<i>1,0949</i>	<i>0,1649</i>	<i>1,2557</i>	<i>0,7830</i>	<i>0,2376</i>
Garbanzo	10,69	6,34	21,34	4,62	3,21
S	<i>1,0358</i>	<i>0,6570</i>	<i>0,4495</i>	<i>0,6980</i>	<i>0,1808</i>
Lenteja	12,22	0,73	25,16	5,17	2,83
S	<i>0,2300</i>	<i>0,0963</i>	<i>0,2933</i>	<i>0,2741</i>	<i>0,0742</i>
Haba	11,77	1,62	27,17	10,01	3,43
S	<i>1,1277</i>	<i>0,1267</i>	<i>1,3226</i>	<i>0,4007</i>	<i>0,0913</i>
Maní	6,88	50,46	30,78	4,13	2,69
S	<i>0,6742</i>	<i>1,0521</i>	<i>0,5286</i>	<i>0,1923</i>	<i>0,2115</i>
Soya	9,74	23,31	39,26	7,00	5,36
S	<i>1,7325</i>	<i>1,0233</i>	<i>1,1276</i>	<i>0,9028</i>	<i>0,1043</i>

3.3 PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN

3.3.1 PRUEBA t DE STUDENT

Para poder llevar a cabo la prueba t se empleó los valores que se encontraron en la Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos. Los valores tomados de la tabla del año 1965 son los siguientes:

Tabla 3.18 Valores de los principales nutrientes de la Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos de 1965

Leguminosa	%Humedad	%Grasa	%Proteína	%Fibra	%Cenizas
Arveja	13,2	1,0	23,3	5,7	2,4
Garbanzo	13,1	4,6	17,8	3,5	2,3
Lenteja	14,1	0,9	21,9	4,4	1,9
Habas	12,3	1,4	25,1	1,9	2,7
Maní	6,4	46,3	29,6	1,7	2,6
Soya	5,0	23,0	27,9	4,8	5,9

Para realizar la prueba t se tomó el promedio total de cada parámetro analizado de las seis variedades de leguminosas. Debido a que no se conocía datos importantes como la desviación estándar y el número de muestras utilizadas en los ensayos realizados para determinar los promedios presentados en la Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos no se puede hacer una comparación de los métodos, pero se puede tomar el valor promedio como un valor aceptado y compararlo para observar si con el transcurso del

tiempo se han generado diferencias significativas, con lo que se hace uso de la fórmula

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu)\sqrt{N}}{s}$$

Para construir los intervalos de confianza se utilizó el valor crítico 2,145 presentado en la Tabla t de Student (Anexo 2). El nivel de confianza usado para la prueba t corresponde al 95%. Cualquier valor de los datos de la tabla del 65 fuera del intervalo de confianza, o si el resultado para la prueba t es mayor al valor crítico usado, tendrá una diferencia significativa. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación.

Tabla 3.19 Resultados de la Prueba t de Student e intervalos de confianza para las seis variedades de leguminosas

	Leguminosa	Valor tabla del 65	IC	Valor para t	Criterio
%Humedad	Arveja	13,2	12,43 - 13,65	0,5636	H₀ Aceptada
	Garbanzo	13,1	10,12 - 11,27	9,0065	H ₀ Rechazada
	Lenteja	14,1	12,09 - 12,34	31,7175	H ₀ Rechazada
	Habas	12,3	11,15 - 12,39	1,8206	H₀ Aceptada
	Maní	6,4	6,51 - 7,25	2,7566	H ₀ Rechazada
	Soya	5,0	8,78 - 10,70	10,5912	H ₀ Rechazada
%Grasa	Arveja	1,0	1,09 - 1,27	4,2587	H ₀ Rechazada
	Garbanzo	4,6	5,97 - 6,70	10,2447	H ₀ Rechazada
	Lenteja	0,9	0,68 - 0,79	6,7127	H ₀ Rechazada
	Habas	1,4	1,55 - 1,69	6,8194	H ₀ Rechazada
	Maní	46,3	49,88 - 51,04	15,3208	H ₀ Rechazada
	Soya	23,0	22,75 - 23,88	1,1915	H₀ Aceptada
%Proteína	Arveja	23,3	21,94 - 23,33	2,0399	H₀ Aceptada
	Garbanzo	17,8	21,09 - 21,58	30,4607	H ₀ Rechazada
	Lenteja	21,9	25,00 - 25,33	43,0780	H ₀ Rechazada
	Habas	25,1	26,43 - 27,90	6,0486	H ₀ Rechazada
	Maní	29,6	30,49 - 31,08	8,6738	H ₀ Rechazada
	Soya	27,9	38,64 - 39,89	39,0221	H ₀ Rechazada

%Fibra	Arveja	5,7	5,89 - 6,75	3,0667	H ₀ Rechazada
	Garbanzo	3,5	4,24 - 5,01	6,2306	H ₀ Rechazada
	Lenteja	4,4	5,02 - 5,32	10,8646	H ₀ Rechazada
	Habas	1,9	9,79 - 10,24	78,4240	H ₀ Rechazada
	Maní	1,7	4,02 - 4,23	48,8607	H ₀ Rechazada
	Soya	4,8	6,50 - 7,50	9,4390	H ₀ Rechazada
%Cenizas	Arveja	2,4	2,68 - 2,94	6,6553	H ₀ Rechazada
	Garbanzo	2,3	3,11 - 3,31	19,5016	H ₀ Rechazada
	Lenteja	1,9	2,79 - 2,87	48,6319	H ₀ Rechazada
	Habas	2,7	3,37 - 3,48	30,7594	H ₀ Rechazada
	Maní	2,6	2,57 - 2,80	1,5820	H₀ Aceptada
	Soya	5,9	5,30 - 5,42	20,0159	H ₀ Rechazada

Como se puede ver en las tablas la mayoría de parámetros para las variedades de leguminosas estudiadas presentan diferencias significativas con respecto a los valores expuestos en la Tabla del año 1965, a excepción de 5 valores que son la Humedad en la arveja y habas, la grasa en la soya, la proteína en la arveja y el porcentaje de cenizas en el maní.

3.3.2 ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

En este apartado se realizará el ANOVA de los cinco grupos de nutrientes para las seis variedades de leguminosas. Se elaboró el análisis entre muestras de una misma variedad de leguminosa, y como criterio F se tomó según la tabla el valor de 3,48, cualquier valor que supere este indicará que existe una media que no corresponde a la misma población.

Tabla 3.20 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para la arveja

Humedad						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	16,3626	4,1582	277,32	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,1499	0,0150			
Total	14	16,7826				
Grasa						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,3600	0,0900	43,17	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0208	0,0021			
Total	14	0,3808				
Proteína						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	21,7067	5,4267	147,13	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,3688	0,0369			
Total	14	22,0755				
Fibra						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	8,2977	2,0744	72,56	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,2859	0,0286			
Total	14	8,5836				
Cenizas						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,7070	0,1767	21,12	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0837	0,0084			
Total	14	0,7907				

Tabla 3.21 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para el garbanzo

Humedad						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	14,7905	3,6976	161,47	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,2290	0,0229			
Total	14	15,0195				
Grasa						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	5,9906	1,4976	286,55	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0523	0,0052			
Total	14	6,0429				
Proteína						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	2,3845	0,5961	13,42	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,4442	0,0444			
Total	14	2,8287				
Fibra						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	6,6068	1,6517	76,89	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,2148	0,0215			
Total	14	6,8216				
Cenizas						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,4506	0,1127	157,57	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0071	0,0007			
Total	14	0,4578				

Tabla 3.22 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para la lenteja

Humedad						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,7365	0,1841	441,11	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0042	0,0004			
Total	14	0,7406				
Grasa						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,1202	0,0301	31,06	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0097	0,0010			
Total	14	0,1299				
Proteína						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,8765	0,2191	6,68	0,007	H ₀ rechazada
Error	10	0,3281	0,0328			
Total	14	1,2047				
Fibra						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,9557	0,2389	24,78	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0964	0,0096			
Total	14	1,0521				
Cenizas						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,0650	0,0163	13,96	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0121	0,0012			
Total	14	0,0771				

Tabla 3.23 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para el haba

Humedad						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	17,7742	4,4435	1556,31	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0286	0,0029			
Total	14	17,8027				
Grasa						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,2114	0,0528	39,31	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0134	0,0013			
Total	14	0,2248				
Proteína						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	23,9435	5,9859	109,37	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,5473	0,0547			
Total	14	24,4908				
Fibra						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	1,9737	0,4934	18,01	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,2740	0,0274			
Total	14	2,2478				
Cenizas						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,0998	0,0249	14,76	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0169	0,0017			
Total	14	0,1167				

Tabla 3.24 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para el maní

Humedad						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	6,3084	1,5771	285,56	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0552	0,0055			
Total	14	6,3636				
Grasa						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	15,3057	3,8264	200,48	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,1909	0,0191			
Total	14	15,4965				
Proteína						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	2,9294	0,7324	7,45	0,005	H ₀ rechazada
Error	10	0,9824	0,0982			
Total	14	3,9118				
Fibra						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,3291	0,0823	4,37	0,027	H ₀ rechazada
Error	10	0,1884	0,0188			
Total	14	0,5175				
Cenizas						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,6032	0,1508	65,61	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0230	0,0023			
Total	14	0,6261				

Tabla 3.25 ANOVA de los cinco nutrientes analizados para la soya

Humedad						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	41,9336	10,4834	1184,45	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,0885	0,0089			
Total	14	42,0222				
Grasa						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	14,3318	3,5830	108,91	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,3290	0,0329			
Total	14	14,6608				
Proteína						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	16,6065	4,1516	34,81	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	1,1928	0,1193			
Total	14	17,7993				
Fibra						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	10,6476	2,6619	34,88	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,7633	0,0763			
Total	14	11,4109				
Cenizas						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	0,0990	0,0247	4,65	0,022	H ₀ rechazada
Error	10	0,0533	0,0053			
Total	14	0,1523				

Una vez realizado los ANOVA de los cinco parámetros analizados para cada variedad de leguminosa se puede observar de acuerdo a los resultados obtenidos que en la totalidad de los casos se ha tenido que rechazar la hipótesis nula, la cual dicta que todas las medias provienen de una misma población con un nivel de confianza del 95%, observando la colección de datos que se tiene se piensa que al menos una muestra de cada variedad de leguminosa proviene de una población diferente al resto de las muestras, sus medias tienen diferencias significativas.

3.3.3 PRUEBA DHS DE TUKEY

La prueba de Tukey se aplica una vez realizado el ANOVA, así se puede apreciar de mejor manera cuales son exactamente las medias que difieren significativamente al compararlas entre ellas; a continuación se presentan diversas tablas en donde se exponen las comparaciones de los cinco nutrientes para cada variedad de leguminosa estudiada:

Tabla 3.26 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes de la arveja

Parámetro	Comparación	Diferencia	DHS	Criterio
Humedad	1 con 2	2,46	0,31	H ₀ rechazada
	1 con 3	1,83	0,31	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,63	0,31	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,27	0,31	H₀ aceptada
	2 con 3	0,64	0,31	H ₀ rechazada
	2 con 4	1,84	0,31	H ₀ rechazada
	2 con 5	2,73	0,31	H ₀ rechazada
	3 con 4	1,20	0,31	H ₀ rechazada
	3 con 5	2,10	0,31	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,90	0,31	H ₀ rechazada

Grasa	1 con 2	0,22	0,11	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,43	0,11	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,35	0,11	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,38	0,11	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,21	0,11	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,12	0,11	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,16	0,11	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,09	0,11	H₀ aceptada
	3 con 5	0,05	0,11	H₀ aceptada
4 con 5	0,03	0,11	H₀ aceptada	
Proteína	1 con 2	1,09	0,48	H ₀ rechazada
	1 con 3	3,43	0,48	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,74	0,48	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,41	0,48	H₀ aceptada
	2 con 3	2,34	0,48	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,35	0,48	H₀ aceptada
	2 con 5	0,69	0,48	H ₀ rechazada
	3 con 4	2,68	0,48	H ₀ rechazada
	3 con 5	3,02	0,48	H ₀ rechazada
4 con 5	0,34	0,48	H₀ aceptada	
Fibra	1 con 2	0,05	0,42	H₀ aceptada
	1 con 3	1,44	0,42	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,70	0,42	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,15	0,42	H₀ aceptada
	2 con 3	1,39	0,42	H ₀ rechazada
	2 con 4	1,65	0,42	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,10	0,42	H₀ aceptada
	3 con 4	0,26	0,42	H₀ aceptada
	3 con 5	1,29	0,42	H ₀ rechazada
4 con 5	1,55	0,42	H ₀ rechazada	
Cenizas	1 con 2	0,28	0,23	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,21	0,23	H₀ aceptada
	1 con 4	0,51	0,23	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,11	0,23	H₀ aceptada
	2 con 3	0,06	0,23	H₀ aceptada
	2 con 4	0,23	0,23	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,39	0,23	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,29	0,23	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,33	0,23	H ₀ rechazada
4 con 5	0,62	0,23	H ₀ rechazada	

En cuanto a lo que se refiere a humedad, la única muestra que no presenta diferencias significativas es la muestra 1 con respecto a la 5. Las muestras que no presentan diferencia significativa en el parámetro de grasa son 3 con respecto a 4 y 5, y 4 con respecto a 5. La proteína tiene como muestras sin diferencia significativa a 1 respecto a 5, 2 respecto a 4 y 4 respecto a 5. Para la fibra la muestra 1 con respecto a 2 y 5 no tiene diferencias significativas, al igual que 2 respecto a 5, estos 3 valores se encuentran por debajo de la media, pero son muy cercanos; en el otro extremo se tiene a la muestra 3 respecto a 4, que no presenta diferencias significativas, y ambos valores sobrepasan la media, son los más altos (ver Tabla 3. 10). Las cenizas no presentan diferencia significativa para las siguientes muestras; 1 respecto a 3 y 5, 2 respecto a 3.

Tabla 3.27 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes del garbanzo

Parámetro	Comparación	Diferencia	DHS	Criterio
Humedad	1 con 2	2,49	0,38	H ₀ rechazada
	1 con 3	2,23	0,38	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,64	0,38	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,54	0,38	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,26	0,38	H₀ aceptada
	2 con 4	1,85	0,38	H ₀ rechazada
	2 con 5	1,95	0,38	H ₀ rechazada
	3 con 4	1,59	0,38	H ₀ rechazada
	3 con 5	1,69	0,38	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,10	0,38	H₀ aceptada

Grasa	1 con 2	1,59	0,18	H ₀ rechazada
	1 con 3	1,80	0,18	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,15	0,18	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,88	0,18	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,21	0,18	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,44	0,18	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,71	0,18	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,65	0,18	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,92	0,18	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,27	0,18	H ₀ rechazada
Proteína	1 con 2	0,37	0,53	H₀ aceptada
	1 con 3	0,30	0,53	H₀ aceptada
	1 con 4	0,86	0,53	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,10	0,53	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,07	0,53	H₀ aceptada
	2 con 4	0,49	0,53	H₀ aceptada
	2 con 5	0,73	0,53	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,56	0,53	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,80	0,53	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,24	0,53	H₀ aceptada
Fibra	1 con 2	0,23	0,37	H₀ aceptada
	1 con 3	0,50	0,37	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,18	0,37	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,18	0,37	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,73	0,37	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,95	0,37	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,95	0,37	H ₀ rechazada
	3 con 4	1,67	0,37	H ₀ rechazada
	3 con 5	1,68	0,37	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,00	0,37	H₀ aceptada
Cenizas	1 con 2	0,07	0,07	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,03	0,07	H₀ aceptada
	1 con 4	0,13	0,07	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,47	0,07	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,04	0,07	H₀ aceptada
	2 con 4	0,06	0,07	H₀ aceptada
	2 con 5	0,41	0,07	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,10	0,07	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,45	0,07	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,35	0,07	H ₀ rechazada

La prueba de Tukey aplicada a los valores de los nutrientes del garbanzo nos indica que en humedad la muestra 2 respecto a 3 y 4 respecto a 5 no presentan diferencias significativas. En cuanto a la grasa todas las muestras presentaron diferencias significativas, por lo tanto el contenido de ácidos grasos y solubles en solventes polares varían de acuerdo a la muestra. La proteína no presenta diferencia significativa en las siguientes muestras; 1 con respecto a 2 y 3, 2 respecto a 3 y 4 y por último a 4 respecto a 5. El parámetro de fibra solo presenta 2 muestras que no difieren significativamente, 1 respecto a 2 y 4 respecto a 5. Finalmente para las cenizas 1 respecto a 3, y 2 respecto a 3 y 4 no tienen diferencias significativas.

Tabla 3.28 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes de la lenteja

Parámetro	Comparación	Diferencia	DHS	Criterio
Humedad	1 con 2	0,33	0,05	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,30	0,05	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,24	0,05	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,15	0,05	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,63	0,05	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,09	0,05	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,18	0,05	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,54	0,05	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,45	0,05	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,09	0,05	H ₀ rechazada
Grasa	1 con 2	0,07	0,08	H₀ aceptada
	1 con 3	0,06	0,08	H₀ aceptada
	1 con 4	0,03	0,08	H₀ aceptada
	1 con 5	0,17	0,08	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,01	0,08	H₀ aceptada
	2 con 4	0,04	0,08	H₀ aceptada
	2 con 5	0,25	0,08	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,03	0,08	H₀ aceptada
	3 con 5	0,24	0,08	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,21	0,08	H ₀ rechazada

Proteína	1 con 2	0,25	0,45	H₀ aceptada
	1 con 3	0,35	0,45	H₀ aceptada
	1 con 4	0,35	0,45	H₀ aceptada
	1 con 5	0,13	0,45	H₀ aceptada
	2 con 3	0,60	0,45	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,10	0,45	H₀ aceptada
	2 con 5	0,12	0,45	H₀ aceptada
	3 con 4	0,70	0,45	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,47	0,45	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,22	0,45	H₀ aceptada
Fibra	1 con 2	0,28	0,25	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,68	0,25	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,07	0,25	H₀ aceptada
	1 con 5	0,05	0,25	H₀ aceptada
	2 con 3	0,40	0,25	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,21	0,25	H₀ aceptada
	2 con 5	0,23	0,25	H₀ aceptada
	3 con 4	0,61	0,25	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,64	0,25	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,02	0,25	H₀ aceptada
Cenizas	1 con 2	0,07	0,09	H₀ aceptada
	1 con 3	0,11	0,09	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,04	0,09	H₀ aceptada
	1 con 5	0,08	0,09	H₀ aceptada
	2 con 3	0,04	0,09	H₀ aceptada
	2 con 4	0,03	0,09	H₀ aceptada
	2 con 5	0,15	0,09	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,07	0,09	H₀ aceptada
	3 con 5	0,19	0,09	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,13	0,09	H ₀ rechazada

La prueba de Tukey aplicada al parámetro de humedad de la lenteja nos indica que todas las muestras presentan diferencias significativas. Para la grasa la gran mayoría de muestras no presenta diferencias significativas, a excepción de la muestra 5 con respecto a las demás, la muestra 5 tiene como media 0,9%, mientras que el resto de muestras son cercanas a la media (ver Tabla 3.8) de 0,73%. El parámetro de proteína indica que la muestra 2 respecto a 3, y 3 respecto a 4 y 5 son las únicas que presentan diferencias significativas. La fibra

presenta diferencias significativas entre las muestras 1 y 2 y la muestra 3 con respecto a todas, esto se debe a que la muestra tres presenta una media de 4,70%, muy alejado del resto de medias (ver Tabla 3.10) y de la media total (5,17%). Y finalmente, las cenizas de la muestra que presentan diferencias significativas son la 1 respecto a 3, 2 respecto a 5, 3 respecto a 5 y 4 respecto a 5.

Tabla 3.29 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes del habas

Parámetro	Comparación	Diferencia	DHS	Criterio
Humedad	1 con 2	0,53	0,13	H ₀ rechazada
	1 con 3	2,43	0,13	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,72	0,13	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,73	0,13	H ₀ rechazada
	2 con 3	2,96	0,13	H ₀ rechazada
	2 con 4	1,25	0,13	H ₀ rechazada
	2 con 5	2,26	0,13	H ₀ rechazada
	3 con 4	1,72	0,13	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,70	0,13	H ₀ rechazada
4 con 5	1,02	0,13	H ₀ rechazada	
Grasa	1 con 2	0,05	0,09	H₀ aceptada
	1 con 3	0,25	0,09	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,02	0,09	H₀ aceptada
	1 con 5	0,16	0,09	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,31	0,09	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,03	0,09	H₀ aceptada
	2 con 5	0,21	0,09	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,28	0,09	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,09	0,09	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,18	0,09	H ₀ rechazada

Proteína	1 con 2	1,54	0,58	H ₀ rechazada
	1 con 3	1,97	0,58	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,14	0,58	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,92	0,58	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,43	0,58	H₀ aceptada
	2 con 4	2,68	0,58	H ₀ rechazada
	2 con 5	2,47	0,58	H ₀ rechazada
	3 con 4	3,11	0,58	H ₀ rechazada
	3 con 5	2,89	0,58	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,21	0,58	H₀ aceptada
Fibra	1 con 2	0,45	0,41	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,59	0,41	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,82	0,41	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,08	0,41	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,14	0,41	H₀ aceptada
	2 con 4	0,37	0,41	H₀ aceptada
	2 con 5	0,63	0,41	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,23	0,41	H₀ aceptada
	3 con 5	0,49	0,41	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,26	0,41	H₀ aceptada
Cenizas	1 con 2	0,17	0,10	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,04	0,10	H ₀ aceptada
	1 con 4	0,03	0,10	H₀ aceptada
	1 con 5	0,06	0,10	H₀ aceptada
	2 con 3	0,14	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,20	0,10	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,24	0,10	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,06	0,10	H₀ aceptada
	3 con 5	0,10	0,10	H₀ aceptada
	4 con 5	0,04	0,10	H₀ aceptada

La humedad en las habas difiere significativamente en todas sus muestras. En cuanto a la grasa, las muestras que no que presentan medias estadísticamente diferentes son; 1 respecto a 2 y 4, y 2 respecto a 4. La proteína en las habas es un parámetro que difiere bastante entre medias, solo dos muestras no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey, la muestra 2 respecto a 3 y 4 respecto a 5. La fibra presenta a las siguientes muestras cuyas medias no difieren entre sí, la muestra 2 con respecto a 3 y 4, la 3 respecto a 4 y por último

la 4 con respecto a la 5. En el parámetro de cenizas, la muestra 1 con respecto a 4 y 5, la muestra 3 con respecto a 4 y 5 y finalmente la muestra 4 respecto a 5 no presentan diferencias significativas.

Tabla 3.30 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes del maní

Parámetro	Comparación	Diferencia	DHS	Criterio
Humedad	1 con 2	0,07	0,19	H₀ aceptada
	1 con 3	0,97	0,19	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,65	0,19	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,90	0,19	H ₀ rechazada
	2 con 3	1,04	0,19	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,72	0,19	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,83	0,19	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,32	0,19	H ₀ rechazada
	3 con 5	1,88	0,19	H ₀ rechazada
	4 con 5	1,55	0,19	H ₀ rechazada
Grasa	1 con 2	1,53	0,35	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,59	0,35	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,54	0,35	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,55	0,35	H ₀ rechazada
	2 con 3	2,12	0,35	H ₀ rechazada
	2 con 4	2,07	0,35	H ₀ rechazada
	2 con 5	3,07	0,35	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,05	0,35	H₀ aceptada
	3 con 5	0,96	0,35	H ₀ rechazada
	4 con 5	1,00	0,35	H ₀ rechazada
Proteína	1 con 2	0,07	0,78	H₀ aceptada
	1 con 3	0,36	0,78	H₀ aceptada
	1 con 4	1,22	0,78	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,60	0,78	H₀ aceptada
	2 con 3	0,29	0,78	H₀ aceptada
	2 con 4	1,16	0,78	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,53	0,78	H₀ aceptada
	3 con 4	0,87	0,78	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,24	0,78	H₀ aceptada
	4 con 5	0,63	0,78	H₀ aceptada

Fibra	1 con 2	0,34	0,34	H₀ aceptada
	1 con 3	0,29	0,34	H₀ aceptada
	1 con 4	0,13	0,34	H₀ aceptada
	1 con 5	0,02	0,34	H₀ aceptada
	2 con 3	0,05	0,34	H₀ aceptada
	2 con 4	0,21	0,34	H₀ aceptada
	2 con 5	0,36	0,34	H ₀ rechazada
	3 con 4	0,16	0,34	H₀ aceptada
	3 con 5	0,32	0,34	H₀ aceptada
	4 con 5	0,15	0,34	H₀ aceptada
Cenizas	1 con 2	0,45	0,12	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,08	0,12	H₀ aceptada
	1 con 4	0,11	0,12	H₀ aceptada
	1 con 5	0,34	0,12	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,53	0,12	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,34	0,12	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,12	0,12	H₀ aceptada
	3 con 4	0,19	0,12	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,41	0,12	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,23	0,12	H ₀ rechazada

El parámetro de humedad solo tiene una muestra cuya media no posee diferencias significativas, se trata de la muestra 1 respecto a 2. Continuando con las grasas, también encontramos que solo existe una muestra que no tiene diferencias significativas, es la muestra 3 respecto a 4. A diferencia de los anteriores parámetros, la proteína presenta muchas más medias que no difieren entre sí, así que se facilitarían la discusión señalando cuales son las que si presentan diferencia alguna; están las muestras 1, 2 y 3 que difieren de manera significativa de la muestra 4. El caso de la fibra es particular, el análisis de ANOVA indicaba que al menos una de las medias analizadas difería de las demás, la única comparación que dio como resultado una hipótesis nula rechazada en la prueba de Tukey es la muestra 2 con respecto a la 5. Para finalizar con las cenizas, se obtuvo que la muestra 1 no posee diferencias significativas con respecto a 3 y 4, y la muestra 2 respecto a 5.

Tabla 3.31 Prueba de Tukey para los cinco nutrientes de la soya

Parámetro	Comparación	Diferencia	DHS	Criterio
Humedad	1 con 2	1,29	0,24	H ₀ rechazada
	1 con 3	0,83	0,24	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,87	0,24	H ₀ rechazada
	1 con 5	4,89	0,24	H ₀ rechazada
	2 con 3	0,46	0,24	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,58	0,24	H ₀ rechazada
	2 con 5	3,60	0,24	H ₀ rechazada
	3 con 4	1,05	0,24	H ₀ rechazada
	3 con 5	4,06	0,24	H ₀ rechazada
	4 con 5	3,02	0,24	H ₀ rechazada
Grasa	1 con 2	0,78	0,45	H ₀ rechazada
	1 con 3	2,33	0,45	H ₀ rechazada
	1 con 4	0,58	0,45	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,51	0,45	H ₀ rechazada
	2 con 3	1,54	0,45	H ₀ rechazada
	2 con 4	1,36	0,45	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,28	0,45	H₀ aceptada
	3 con 4	2,91	0,45	H ₀ rechazada
	3 con 5	1,82	0,45	H ₀ rechazada
	4 con 5	1,08	0,45	H ₀ rechazada
Proteína	1 con 2	0,72	0,86	H₀ aceptada
	1 con 3	3,10	0,86	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,68	0,86	H ₀ rechazada
	1 con 5	0,97	0,86	H ₀ rechazada
	2 con 3	2,39	0,86	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,96	0,86	H ₀ rechazada
	2 con 5	0,26	0,86	H₀ aceptada
	3 con 4	1,42	0,86	H ₀ rechazada
	3 con 5	2,13	0,86	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,71	0,86	H₀ aceptada

Fibra	1 con 2	1,51	0,69	H ₀ rechazada
	1 con 3	2,65	0,69	H ₀ rechazada
	1 con 4	1,22	0,69	H ₀ rechazada
	1 con 5	1,42	0,69	H ₀ rechazada
	2 con 3	1,13	0,69	H ₀ rechazada
	2 con 4	0,29	0,69	H₀ aceptada
	2 con 5	0,09	0,69	H₀ aceptada
	3 con 4	1,43	0,69	H ₀ rechazada
	3 con 5	1,22	0,69	H ₀ rechazada
	4 con 5	0,21	0,69	H₀ aceptada
Cenizas	1 con 2	0,07	0,18	H₀ aceptada
	1 con 3	0,07	0,18	H₀ aceptada
	1 con 4	0,16	0,18	H₀ aceptada
	1 con 5	0,03	0,18	H₀ aceptada
	2 con 3	0,13	0,18	H₀ aceptada
	2 con 4	0,10	0,18	H₀ aceptada
	2 con 5	0,10	0,18	H₀ aceptada
	3 con 4	0,23	0,18	H ₀ rechazada
	3 con 5	0,04	0,18	H₀ aceptada
	4 con 5	0,19	0,18	H ₀ rechazada

Una vez más, en la soya el parámetro de humedad presenta a todas sus muestras con diferencias significativas entre ellas. Para el parámetro de grasa, no varía mucho la situación y la única muestra que no presenta diferencia significativa es la 2 respecto a la 5. La proteína presenta solo tres emparejamientos que no presentan diferencias significativas, la muestra 1 con 2, la 2 con 5 y finalmente la 4 con 5. La fibra, al igual que en la proteína, tiene tres emparejamientos cuyas diferencias fueron más bajas que el valor del DHS, la muestra 2 con 4 y 5, y la muestra 4 con 5. Rompiendo la tendencia está el parámetro de cenizas, en cual los emparejamientos mayoritariamente resultaron no tener diferencias significativas, excepto la muestra 3 con 4 y la 4 con 5.

En una apreciación general, se hace evidente que para el parámetro de humedad, casi ninguna leguminosa tiene medias estadísticamente parecidas, como máximo se encuentra un emparejamiento que no presenta diferencias significativas, esto resalta la variabilidad en el contenido de agua en las leguminosas, debido a las condiciones de almacenamiento, producción, distribución se hace difícil encontrar granos con contenidos de humedad parecidos. Por otro lado, los otros parámetros presentaban mayor número de emparejamientos a en los cuales la hipótesis nula era aceptada, se aprecia de mejor manera cuales son las muestras cuyas medias pertenecen a otra población.

CAPÍTULO 4

4.1 CONCLUSIONES

- Observando los resultados obtenidos, se pone en manifiesto que las leguminosas estudiadas en su totalidad se destacan por su alto contenido de proteínas; sobresaliendo la soya, que presenta el siguiente perfil con un contenido de proteínas del (39%), grasas (23%) y carbohidratos (15%); estos datos reafirman a las leguminosas como un alimento de muy buena calidad en dieta de las familias ecuatorianas.
- Los valores obtenidos para fibra, cenizas y humedad son relativamente parecidos entre las leguminosas estudiadas, pero se marca una clara diferencia cuando se habla de contenido de grasas, ya que el maní y soya poseen contenidos mucho más altos en comparación a las cuatro variedades restantes, con valores próximos al 50% y 23% respectivamente.
- La humedad en las leguminosas como arveja, garbanzo, haba y lenteja no supera el 13%, lo cual le da estabilidad en su lugar de almacenamiento, ya que por debajo del valor antes mencionado, hongos y bacterias tienen dificultades para su proliferación y reproducción; por otro lado la soya y el maní tienen valores aún más bajos, que tiene una estrecha relación con el contenido de grasas elevado, la actividad

enzimática que degrada los ácidos grasos se ve disminuida mientras menos agua contenga el grano.

- El hecho de tener valores tan dispersos en el parámetro de humedad evidencia el poco control de calidad que tienen los granos secos antes de ser ofrecidos a la venta, siendo un parámetro muy importante especialmente considerando posibles fuentes de deterioro por contaminación con microorganismos del ambiente, principalmente si estos productos permanecen expuestos por mucho tiempo en mercados populares en donde se encuentran a la intemperie.
- Las habas predominan en el contenido de fibra, con un 10%, y esto principalmente se debe a que los análisis se los realizó junto con su cáscara.
- Con los resultados que fueron obtenidos al realizar la prueba t de Student y los intervalos de confianza calculados, se concluye que los valores reportados en la tabla de composición nutricional del año 1965 difieren significativamente con los resultados en este trabajo. Hay que tomar en cuenta que la Tabla de Composición Química de Alimentos Ecuatorianos fue elaborada hace mas de 40 años, los instrumentos, métodos de análisis han ido evolucionando. Con datos actuales se proporciona una mejor información para el consumidor en general.
- Tras realizar el análisis de varianza, y complementariamente la prueba DHS de Tukey, se llega a la conclusión de que las diferencias significativas encontradas se las atribuye directamente a la muestra, lo que se debe a la variabilidad de las

muestras constituidas por materias primas procedentes de diferentes fuentes cuyos procesos de producción post cosecha no son estándares, además factores como la zona de cultivo, cosecha y distribución pueden influir en la composición nutritiva. El ANOVA nos dice que existe al menos una muestra cuya media no pertenece a la misma población. Complementariamente al ANOVA, la prueba DHS de Tukey, indica exactamente las medias que presentan diferencias significativas o pertenecen a otra población, al compararlas unas con otras, así se obtuvo un análisis estadístico minucioso.

- Conociendo que no todas las muestras pertenecen a una misma población, pero, si corresponden a una variedad de leguminosa, presentar un valor promedio de la composición nutritiva de las seis leguminosas como referencia no es adecuado, ya que debido a factores como la especie, la zona de cultivo, el método de producción, entre otros; las leguminosas no presentan valores fijos; y analizando los resultados obtenidos en el ANOVA y prueba de Tukey, lo más recomendable es diseñar una tabla con rangos para representar la calidad nutritiva de cada leguminosa estudiada. A continuación se propone una tabla en la que se expresan rangos para cada nutriente:

Tabla 4.1 Rangos de los principales nutrientes de las variedades de leguminosas estudiadas

	Humedad	Grasa	Proteína	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
Arveja	11,51-14,24	1,02-1,46	20,3-23,8	5,65-7,35	2,52-3,14	52,03-56,55
Garbanzo	9,38-11,87	5,62-7,42	20,8-21,9	3,86-5,54	3,07-3,55	50,73-55,35
Lenteja	11,83-12,47	0,66-0,90	24,9-25,6	4,70-5,38	2,75-2,94	53,42-54,46
Habas	10,37-13,33	1,50-1,81	25,5-28,6	9,43-10,51	3,28-3,51	43,25-49,06
Maní	5,85-7,72	48,70-51,78	30,3-31,6	3,93-4,30	2,44-2,97	3,49-7,30
Soya	7,96-12,85	22,13-25,04	38,0-41,1	5,72-8,36	5,22-5,45	12,64-17,62

- Este trabajo proporciona información actualizada, de los principales nutrientes de los alimentos estudiados en forma aproximada, que como se ha demostrado su consumo puede ser un gran aporte nutritivo; la utilidad también radica en el conocimiento de la composición de los alimentos el consumidor puede usarlo como un criterio más al momento de escoger los alimentos que incluirá en su dieta diaria y la de su familia.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se necesita ser más riguroso en controles y pruebas de calidad para este tipo de alimentos. Por otro lado, puede ser considerado otro factor de variación el tipo de procesamiento que tenga cada supermercado o mercado, no todos son iguales, pero sería conveniente establecer un estándar que guíe hacia una buena calidad de alimentos.

- Una vez que se determinaron los grupos nutritivos de las seis variedades de leguminosas, como un estudio posterior y complementario se podría analizar compuestos específicos de interés:
 - Para las proteínas se sugiere determinar en qué proporción se encuentran los aminoácidos esenciales en las variedades estudiadas en este trabajo. Conociendo la cantidad de cada aminoácido se puede complementar la dieta al balancear alimentos ricos en ciertos aminoácidos y pobres en otros.
 - En cuanto a lo que se refiere a grasas, para el maní y la soya que tienen altos porcentajes de estos, se recomienda realizar un estudio en Cromatografía de Gases acerca de la composición y concentración sus ácidos grasos, para conocer en qué proporción están tanto ácidos grasos saturados como insaturados, y la cantidad de ácidos grasos esenciales que contiene cada leguminosa.
 - Sabiendo que la cantidad de cenizas dentro de las leguminosas tiene relevancia, sería de gran utilidad conocer la concentración de minerales existentes en estos vegetales, por medio de un estudio empleando la técnica de Absorción Atómica.
- La soya es un alimento muy rico en proteínas, por lo cual recomienda aumentar el interés hacia alimentos hechos a partir de la soya, tales como leche, queso, carne, entre otros; con esto fomentar el consumo de esta variedad de productos son nutritivos para las personas.

- Debido que los alimentos estudiados en este trabajo presentan diferencias significativas con los valores presentados en la tabla de 1965, es conveniente que se realicen estudios de la composición proximal de otros alimentos para construir una tabla con valores actualizados.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Barrera V., Tapia C., Monteros A. (2004), *Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*, INIAP, Ecuador
- [2] Greenfield H., Southgate D.A.T. (2003), Bases de composición de alimentos. Obtención, Gestión y Utilización, 2ª edición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma
- [3] Soriano J. (2006), *Nutrición Básica humana*, Universitat de Valencia, España.
- [4] Marín Z. (2008), *Elementos de Nutrición Humana*, Edición Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.
- [5] Vázquez C., De Cos A. I., López-Nomdedeu C. (2005), *Alimentación y Nutrición. Manual Teórico-Práctico*, 2ª Edición, Ediciones Díaz de Santos, España.
- [6] Moreno R. (2000), *Nutrición y Dietética para Tecnólogos de Alimentos*, Ediciones Días de Santos, España.
- [7] Ospina J. (2002), *Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos*, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- [8] Macarulla J. y Goñi F. (1994), *Bioquímica Humana*, Editorial Reverté, España.

- [9] Teijón J. M. (2001), *Bioquímica Estructural*, Editorial Tébar, España.
- [10] Allinger N., Jhonson C., Lebel N. (1986), *Química Orgánica*, 2ª edición, Editorial Reverté, España.
- [11] <http://www.kelloggs.es/nutricion/abcnutricion/pdf/capitulo5.pdf>
- [12] Badui S. (1990), *Química de los Alimentos*, 2ª edición, Editorial Alhambra Mexicana, México.
- [13] Fornaguera J. y Gómez G. (2011), *Bioquímica: la Ciencia de la Vida*, Editorial Universidad Estatal a Distancia, España.
- [14] Teijón J. M., Garrido A., Blanco D., Villaverde C., Mendoza C. y Ramírez J. (2006), *Fundamentos de Bioquímica Estructural*, Ediciones Tébar, España.
- [15] Gil A. (2010), *Tratado de Nutrición. Tomo II: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*, 2ª edición, Editorial Panamericana, España.
- [16] <http://www.guatequimica.com/tutoriales/carbohidratos/Disacaridos.htm>
- [17] Rodríguez V., Magro E. (2008), *Bases de la Alimentación Humana*, Netlibro, España.

[18] Goyaoga C. (2005), *Estudio de factores no nutritivos en “Vicia Faba I.”: Influencia de la germinación sobre su valor nutritivo*, Universidad Complutense de Madrid, España.

[19] Nadal S., Moreno M. y Cubero J. (2004), *Las leguminosas de grano en la agricultura moderna*, Mundi-Prensa Libros, España.

[20] Ministerio de Agricultura de República Dominicana,
<http://www.agricultura.gob.do/Perfiles/Leguminosas/tabid/81/language/es-DO/Default.aspx>

[21] Herrera C., Bolaños N. Lutz G. (2003), *Química de Alimentos: Manual de Laboratorio*, Editorial de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

[22] Smartt J. (1990), *Grain legumes: evaluation and genetic resources*, Cambridge University, EEUU.

[23] Racz V. (1997), *Composición Nutricional de la Arveja forrajera. Guía de la Industria Forrajera*, 2ª edición, Instituto Canadiense Internacional de Granos, Canadá.

[24] Guerrero A. (1999), *Cultivos Herbáceos Extensivos*, 6ª edición, Mundi-Prensa, España.

[25] *Información agrometeorológica necesaria para el cultivo de maní*,
http://www.imn.ac.cr/publicaciones/estudios/agroclimatologia_maní.pdf

[26]

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/329/2/03%20AGI%20209%20TESIS.pdf>

[27] Miller J.C., Miller J.N. (1993), *Estadística para Química Analítica*, 2ª edición, Addison-Wesley Iberoamericana, EEUU

[28] Harris D. (2007), *Análisis químico cuantitativo*, 3ª edición, Editorial Reverté, España

[29] *Bases del análisis de varianza*, http://www.hrc.es/bioest/Anova_2.html

[30] Vargas A. (1995), *Estadística Descriptiva e Inferencial*, Universidad de Castilla-La Mancha, España.

[31] Di Rienzo J., Casanoves F., González L., Tablada E., Díaz M., Robledo C., Balzarini M. (2005), *Estadística para las Ciencias Agropecuarias*, 6ª edición, Editorial Brujas, Argentina

[32] Voet D., Voet J., Pratt C. (2006), *Fundamentos de Bioquímica*, 2ª edición, Editorial Médica Panamericana, España

[33] Berg J. Stryer L. y Tymoczko J. (2008), *Bioquímica*, 6ª edición, Editorial Reverté, España.

[34] AOAC (2005). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 18^a edición, USA.

ANEXO 1

EQUIPOS EMPLEADOS

1. BALANZA ANALÍTICA



Balanza analítica Mettler Toledo ® ML204

2. ESTUFA



Estufa Binder ® FD 115

3. MUFLA



Mufla Barnstead/Thermolyne ® 48000

4. EQUIPO SOXHLET



Equipo de 6 planchas calefactoras para Soxhlet Sebelinte-188®

5. ROTAVAPOR



Rotavapor Brinkmann®

6. SISTEMA DE DIGESTION KJELDAHL



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

7. EQUIPO DE DESTILACIÓN KJELDAHL



Equipo de destilación Velp Scientific® UDK 129

8. EQUIPO DE DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA



Equipo para determinación de fibra Velp Scientific® FIWE 6

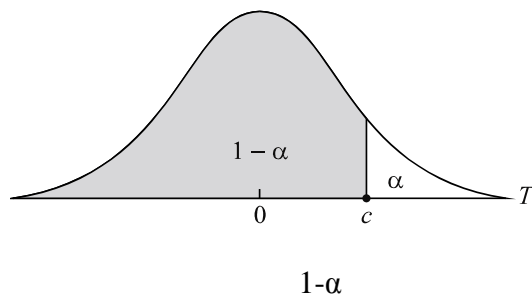
ANEXO 2

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS LEGUMINOSAS ECUATORIANAS

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

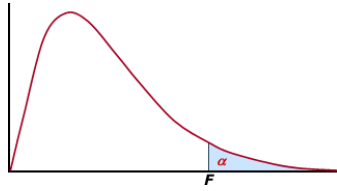
ANEXO 3

TABLAS ESTADÍSTICAS TABLA de la distribución t de Student



<i>r</i>	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

TABLA de la distribución de Fisher-Snedcor



Grados de libertad del numerador

Grados de libertad del denominador

	1	2	3	4	5
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534
35	4.121	3.267	2.874	2.641	2.485
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449
45	4.057	3.204	2.812	2.579	2.422
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305
120	3.920	3.072	2.680	2.447	2.290

TABLA DE TUKEY

n-1 tratamientos

	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

Ejemplos de cálculos de pruebas de significación

Ejemplo de cálculo del ANOVA

Tabla N° 1ª Datos correspondientes al porcentaje de humedad de la arveja

Muestra	% Humedad	Promedio
1	13,94	13,97
	13,93	
	14,04	
2	11,58	11,51
	11,44	
	11,51	
3	12,23	12,14
	12,12	
	12,08	
4	13,48	13,34
	13,11	
	13,44	
5	14,08	14,24
	14,30	
	14,33	
Promedio Total		13,04

Tabla N° 2ª ANOVA correspondiente al porcentaje de humedad de la arveja

Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	P	Criterio
Entre Grupos	4	16,3626	4,1582	277,32	0,000	H ₀ rechazada
Error	10	0,1499	0,0150			
Total	14	16,7826				

Entre Grupos	k-1	$SCE = n \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$MCE = \frac{SCE}{k-1}$
---------------------	-----	--	-------------------------

Se tiene 5 muestras de arveja, por lo tanto los grados de libertad serán: $5-1 = 4$

Suma de cuadrados

$$SCE = 3 \times [(13,97-13,04)^2 + (13,04-11,51)^2 + (13,04-12,14)^2 + 13,34-13,04)^2 + 14,24-13,04)^2]$$

$$SCE = 16,63\dots$$

Media de cuadrados

$$MCE = 16,63\dots/4$$

$$MCE = 4,15\dots$$

Dentro de los grupos (Error)	(n-1)k	$SCT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$MCD = \frac{SCT}{(n-1)k}$
-------------------------------------	--------	--	----------------------------

Para cada muestra se hizo tres réplicas, por lo tanto los grados de libertad serán:

$$(3-1)5 = 10$$

Suma de cuadrados

$$\begin{aligned} \text{SCT} = & (13,94-13,97)^2 + (13,93-13,97)^2 + (14,04-13,97)^2 + (11,58-11,51)^2 + (11,44-11,51)^2 \\ & + (11,51-11,51)^2 + (12,23-12,14)^2 + (12,12-12,14)^2 + (12,08-12,14)^2 + (13,48-13,34)^2 + \\ & (13,11-13,34)^2 + (13,44-13,34)^2 + (14,08-14,24)^2 + (14,30-14,24)^2 + (14,33-14,24)^2 \end{aligned}$$

$$\text{SCT} = 0,14\dots$$

Media de cuadrados

$$\text{MCD} = 0,14\dots/10$$

$$\text{MCD} = 0,01\dots$$

Total	kn-1	$\text{SC}_{\text{Total}} = \text{SCE} + \text{SCT}$
-------	------	--

Los grados de libertad total son iguales a $[(5*3)-1] = 14$

Suma de cuadrados

$$\text{SC}_{\text{Total}} = 16,63\dots + 0,14\dots$$

$$\text{SC}_{\text{Total}} = 16,78\dots$$

F
$\frac{\text{MCE}}{\text{MCD}}$

$$F = 4,16\dots/0,01\dots$$

$$F = 277,32\dots$$

Donde:

k = número de grupos

n = número de réplicas por grupo

x_{ij} = valor de cada réplica

\bar{x}_i = media de cada grupo

\bar{x} = media total

Ejemplo de cálculo de la prueba DHS de Tukey

$$DHS = q_{a,gl_d;(1-\alpha)} \sqrt{\frac{MCD}{n}}$$

$$DHS = 4,33 \sqrt{\frac{0,0150}{3}}$$

$$DHS = 0,31$$

Donde:

$q_{a,gl_d;(1-\alpha)}$ = valor que se encuentra en la tabla de Tukey para a (5) tratamientos y los grados de libertad dentro de los grupos (10)

MCD = Media de Cuadrados Dentro de los grupos

n = número de repeticiones en base a las que se calculo las medias muestrales.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Iván Andrés Polo Chávez, C.I. 1719218974 autor del trabajo de graduación intitulado: “Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de seis variedades de leguminosas: arveja, garbanzo, haba, lenteja, maní y soya”, previo a la obtención del grado académico de **LICENCIADO 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 Noviembre de 2012

Sr. Iván Polo
C.I. 1719218974