

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

Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos:
yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y
harina de trigo integral

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

VALERIA LIZETTE CORAL TORRES

Quito, 2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que la disertación de Licenciatura en Ciencias Químicas con mención en Química Analítica, de la candidata Valeria Lizette Coral Torres ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Fecha:

Dr. Ramiro Gallegos

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y amor a quien ha estado a mi lado en cada paso de mi vida y ha sido mi inspiración y ejemplo a seguir. Mami, no lo habría logrado sin ti.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, a mi familia, sobre todo a mi madre, ya que su esfuerzo, dedicación y sacrificio han sido una de los principales motores para poder cumplir mis metas, su amor y apoyo incondicional me exhortaron siempre a centrarme en mis objetivos, incluso en los momentos más difíciles. Mi padre que siempre me vio grande y me enseñó que la dedicación es clave para cumplir mis sueños. A mi hermano por estar a mi lado, siendo un soporte, brindándome su amor incondicional y siendo inspiración de responsabilidad y constancia.

A los profesores que fueron parte de mi formación universitaria que con sus conocimientos, experiencias compartidas y consejos hicieron de mí, no solo una profesional, sino una mejor persona, especialmente al Dr. Ramiro Gallegos, quien con su ayuda constante, sabiduría, paciencia y recomendaciones me ha dado la oportunidad de realizar y culminar este trabajo en excelencia.

A todos mis amigos, sin los cuales esta etapa de mi vida no hubiera estado completa y con quienes ha sido un gran placer compartir estos años de universidad, especialmente a Andrés, Jessica y Pamela por estar a mi lado en cada momento y brindarme su ayuda y apoyo durante la realización de este trabajo, además de mostrarme con su ejemplo a ser una mejor estudiante y una mejor persona. A mis amigos del PL71 quienes con su constante apoyo e inspiración estuvieron a mi lado durante esta etapa. Finalmente agradecer a todos quienes forman parte de la Escuela de Ciencias Químicas de la PUCE por haberme permitido ser parte de esta escuela durante mis años de estudio y haberme brindado la posibilidad y los recursos necesarios para llevar a cabo mi tesis, además de dejar en mi la semilla de lo que es trabajar para buscar la excelencia y el mejoramiento continuo.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue la determinación química proximal en siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral.

En el primer apartado de este trabajo se entrega la fundamentación teórica acerca del análisis proximal y su importancia en el área de la nutrición, también se describe desde el punto de vista bioquímico cada uno de los grupos nutricionales analizados y finalmente información básica sobre los alimentos escogidos para el análisis.

El segundo apartado contiene la descripción detallada de los métodos de la AOAC para el análisis de humedad, cenizas, grasa, fibra y proteína, utilizados para la realización del trabajo. También se incluye una explicación sobre los análisis estadísticos realizados, prueba t de Student, ANOVA y Tukey, que son de suma importancia en el presente trabajo y cómo fueron aplicados.

En el tercer apartado se encuentran los resultados, en el caso de las raíces y tubérculos (yuca, zanahoria blanca y amarilla) existe un alto contenido de humedad (63-90%), el grupo de granos y cereales (harina de maíz, harina de trigo integral, avena y chocho) contiene mayor cantidad de proteína (7-16%), en los parámetros grasa y fibra todos los alimentos presentan valores menores al 9% y en general las muestras presentan contenido alto de carbohidratos. (23-78%).

Mediante la aplicación de la prueba t de Student fue posible concluir que los datos del trabajo actual y los de la tabla ecuatoriana de 1965 difieren significativamente y en el caso de la harina de trigo integral no se encontraron datos de su contenido nutricional en la tabla de 1965.

Finalmente con la ANOVA y la prueba de Tukey se determinó que, en la totalidad de parámetros analizados, por los menos una de las muestras presenta diferencias significativas en comparación con las otras, lo que demuestra una variabilidad entre las muestras como un factor a tomar en cuenta cuando se realiza la determinación de composición nutricional.

ABSTRACT

The main objective of this work was the proximal chemical determination in seven foods: cassava, yellow carrot, white carrot, Andean lupin, rolled oat, cornmeal and whole wheat flour.

The first section of this paper gives the theoretical foundation for proximate analysis and its importance in the area of nutrition, each of the analyzed nutritional groups is also described from the biochemical point of view, and finally basic nutritional information on food choices for analysis.

The second section contains the detailed description of the AOAC methods for the analysis of humidity, ashes, total protein, total fat (etheral extract) and raw fiber, used for the carrying of the work. An explanation of the statistical analysis like Student's t test, Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey's test, and how they were applied is also included.

The results are displayed in the third section, they showed that roots and tubers (cassava and white/yellow carrot) have a high humidity content (63-90%), while the grain group and cereals (cornmeal, whole wheat flour, oat and Andean lupin) contain high quantities of protein (7-16%). In fat and fiber parameters foods have values that don't exceed 9% and overall samples have representative carbohydrate content (4-78%).

It was possible to conclude that the data of the current work and the 1965 table of nutritional composition of Ecuadorian food differ significantly by applying the Student's t test, and in the case of whole wheat flour no data was found on the 1965 table.

Finally it was determined that in all analyzed parameters at least one sample shows significant differences compared with the others by using ANOVA and DHS Tukey's test, which shows variability between samples as a factor to consider when nutritional composition determination is realized.

INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Resumen	v
Abstract	vii
Introducción	1
Capítulo 1	3
1. Fundamentación teórica.....	3
1.1 Análisis proximal	3
1.1.1 Humedad	4
1.1.2 Cenizas.....	5
1.1.3 Proteína Bruta	5
1.1.4 Extracto Etéreo o Grasa Total.....	5
1.1.5 Fibra Cruda	6
1.2 Limitaciones del Análisis Proximal.....	6
1.3 Nutrición Humana.....	7
1.4 Nutrientes.....	11
1.4.1 Agua.....	12
1.4.2 Minerales	14
1.4.2.1 Composición Mineral de los Alimentos	15
1.4.3 Proteínas	16

1.4.3.1 Calidad de una Proteína	17
1.4.4 Lípidos	18
1.4.4.1 Acidos Grasos	19
1.4.4.2 Glicéridos	21
1.4.5 Carbohidratos.....	22
1.4.5.1 Monosacáridos	23
1.4.5.2 Oligosacáridos.....	24
1.4.5.3 Polisacáridos	25
1.4.5.4 Celulosa.....	26
1.4.5.5 Almidón	27
1.4.6 Fibra.....	29
1.5 Raíces y Tubérculos.....	30
1.5.1 Yuca.....	31
1.5.2 Zanahoria Amarilla	32
1.5.3 Zanahoria Blanca	33
1.6 Granos y Cereales	33
1.6.1 Chocho	34
1.6.2 Avena.....	34
1.6.3 Harina de Maíz	35
1.6.4 Harina de Trigo Integral	36
Capítulo 2.....	37
2. Parte Experimental.....	37

2.1 Muestreo	37
2.2 Preparación de la Muestra.....	37
2.3 Métodos	39
2.3.1 Determinación de Humedad	40
2.3.2 Determinación de Cenizas	41
2.3.3 Determinación de Grasa Cruda (Extracto etéreo).....	43
2.3.4 Determinación de Proteína Bruta.....	45
2.3.5 Determinación de Fibra Cruda.....	50
2.4 Tratamiento Estadístico de Datos	53
2.4.1 Media	53
2.4.2 Desviación Estándar	53
2.4.3 Pruebas de Significación.....	54
2.4.3.1 Conceptos.....	54
2.4.3.2 Prueba t de Student	56
2.4.3.3 ANOVA	58
2.4.3.4 Prueba de Tukey	61
Capítulo 3.....	63
3. Resultados y discusión	63
3.1 Codificación de muestras	63
3.2 Análisis y Discusión de Resultados	65
3.2.1 Humedad	71
3.2.2 Cenizas	74

3.2.3 Proteína	76
3.2.4 Grasa	79
3.2.5 Fibra	81
3.2.6 Análisis general.....	83
3.3 Pruebas de Significación.....	84
3.3.1 Prueba t de Student	84
3.3.2 ANOVA	88
3.3.3 Prueba DHS Tukey	97
Capítulo 4.....	115
4.1 Conclusiones.....	115
4.2 Recomendaciones	119
Capítulo 5.....	121
5. Bibliografía	121
Anexos	125

INDICE DE TABLAS

Capítulo 2	37
Tabla 2.1 Análisis y Métodos de la AOAC	39
Tabla 2.2 Fórmulas ANOVA.....	61
Capítulo 3	63
Tabla 3.1 Lugar de procedencia, marca y codificación de las muestras de los siete alimentos analizados.....	63
Tabla 3.2 Principales componentes nutricionales de harina de maíz	65
Tabla 3.3 Principales componentes nutricionales de harina de trigo integral	66
Tabla 3.4 Principales componentes nutricionales de avena laminada	67
Tabla 3.5 Principales componentes nutricionales de yuca	68
Tabla 3.6 Principales componentes nutricionales de zanahoria amarilla	68
Tabla 3.7 Principales componentes nutricionales de zanahoria blanca	69
Tabla 3.8 Principales componentes nutricionales de chocho	70
Tabla 3.9 Promedio de los porcentajes de humedad de los alimentos analizados.....	71
Tabla 3.10 Prueba de Dixon para valores de humedad de muestras HT5 y AV5	72
Tabla 3.11 Desviación estándar del porcentaje de humedad de los alimentos analizados..	73
Tabla 3.12 Media y desviación estándar de la humedad de la harina de trigo sin valor descartado	74
Tabla 3.13 Promedio del porcentaje de cenizas de los alimentos analizados	74
Tabla 3.14 Desviación estándar del porcentaje de cenizas de los alimentos analizados.....	75

Tabla 3.15 Promedio de los porcentajes de proteína bruta de los alimentos analizados.....	76
Tabla 3.16 Desviación estándar del porcentaje de proteína bruta de alimentos analizados	78
Tabla 3.17 Promedio de los porcentajes de grasa de los alimentos analizados	79
Tabla 3.18 Desviación estándar del porcentaje de grasa de los alimentos analizados	80
Tabla 3.19 Promedio de los porcentajes de fibra cruda de los alimentos analizados	81
Tabla 3.20 Desviación estándar del porcentaje de fibra de los alimentos analizados	82
Tabla 3.21 Composición de los alimentos analizados y desviación en los análisis de humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra.....	84
Tabla 3.22 Valores de los nutrientes analizados, tomados de la Tabla de la Composición de los Alimentos Ecuatorianos.....	85
Tabla 3.23 Intervalos de confianza y resultados de la prueba t de Student para seis alimentos analizados.....	87
Tabla 3.24 Test de Cochran.....	88
Tabla 3.25 Resultados ANOVA para los cinco nutrientes analizados en harina de maíz...	90
Tabla 3.26 Resultados ANOVA para los cinco nutrientes analizados en harina de trigo integral	91
Tabla 3.27 Resultados ANOVA para los cinco nutrientes analizados en avena.....	92
Tabla 3.28 Resultados ANOVA para los cinco nutrientes analizados en yuca.....	93
Tabla 3.29 Resultados ANOVA para los cinco nutrientes analizados en zanahoria amarilla.....	94
Tabla 3.30 Resultados ANOVA para los cinco nutrientes analizados en zanahoria blanca	95

Tabla 3.31 Resultados ANOVA para los cinco nutrientes analizados en chocho.....	96
Tabla 3.32 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en harina de maíz.....	98
Tabla 3.33 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en harina de trigo integral	100
Tabla 3.34 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en avena.....	102
Tabla 3.35 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en yuca.....	105
Tabla 3.36 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en zanahoria amarilla	107
Tabla 3.37 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en zanahoria blanca	109
Tabla 3.38 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en chocho.....	112
Capítulo 4	115
Tabla 4.1 Rango de valores de los principales nutrientes de harina de maíz, harina de trigo, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho	118

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 1	3
Figura 1.1 Pirámide alimenticia, Departamento de Agricultura de Estados Unidos.....	9
Figura 1.2 Pirámide alimenticia, Universidad de Harvard	10
Figura 1.3 Ácidos grasos biológicos más comunes	20
Figura 1.4 Estructura de los mono, di y triglicéridos	21
Figura 1.5 Reacciones de la ciclación para una aldosa (glucosa) y una cetosa (fructosa). Proyecciones de Fischer y Haworth	24
Figura 1.6 Estructura de los principales disacáridos	25
Figura 1.7 Estructura primaria de la celulosa	27
Figura 1.8 A:Estructura de la amilosa; B: Estructura de la amilopectina cerca de un punto de ramificación	28

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1	125
Equipo	125
Anexo 2	129
Tablas Estadísticas	129
Anexo 3	131
Ejemplos de cálculos de pruebas de significación	131

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador uno de los principales problemas que se busca erradicar es la deficiente nutrición de las personas, sobre todo de aquellas que forman parte de la población que vive en condiciones de pobreza y no tiene acceso a ciertos productos ricos en nutrientes. Además, el cambio profundo en el estilo de vida, que ha incluido diferencias en la alimentación, deja a un lado alimentos que poseen los nutrientes que el cuerpo necesita para un correcto desarrollo y desenvolvimiento tanto físico como intelectual.

Por lo tanto es de suma importancia buscar opciones que sean accesibles para todas las personas y que a su vez puedan ser fácilmente incluidas en la dieta diaria; entre ellas están tubérculos como la yuca, zanahoria amarilla y zanahoria blanca; granos como el chocho y la avena, y harinas como la de maíz o la de trigo integral.

En el caso de los tubérculos, se sabe que son alimentos ricos en carbohidratos que representan la principal fuente de energía para los seres vivos, además de poseer una gran cantidad de agua necesaria para que el cuerpo funcione de forma correcta, ya que la mayoría de los procesos del cuerpo necesitan de la presencia de agua. Los granos, en cambio, son ricos en proteínas, en especial el chocho, que puede ser un gran sustituto de la carne animal y es mucho más económico; la avena tiene una cantidad considerable de carbohidratos. Tanto la harina de maíz como la harina de trigo integral tienen un alto contenido de carbohidratos y en el caso de la segunda posee fibra que es necesaria para una adecuada digestión. Finalmente, todos estos productos poseen minerales que representan un grupo importante en la nutrición.

De cara a las necesidades actuales en lo referente a la nutrición es necesario realizar aportes para, en lo posible, contribuir a mejorar este problema, y como parte de la solución uno de los pasos es dar a conocer a la ciudadanía la composición nutricional de los alimentos expuestos anteriormente; por medio de la construcción de una tabla de información nutricional actualizada que contenga datos obtenidos recientemente y bajo las condiciones actuales en las que se encuentran estos alimentos; teniendo como punto de referencia la tabla nutricional de alimentos ecuatorianos que data del año 1965.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 ANÁLISIS PROXIMAL

El análisis proximal o de Weende es sin duda el más conocido y usado para la determinación de la calidad nutritiva parcial de un alimento. Debido a que este análisis fue desarrollado en 1860 y, que con el desarrollo de la ciencia se ha determinado que algunos de los métodos utilizados antiguamente no se recomiendan para la creación de bases de datos nutricionales, es importante seguir tomando en cuenta, mas si no el procedimiento, los conceptos aplicados, ya que inclusive en la actualidad son los que predominan en las opiniones sobre la composición de los alimentos y su análisis; además, a pesar de que hay otros parámetros menos generales que se toman en cuenta en el área nutricional, el análisis proximal sigue constituyendo la base del análisis de alimentos inclusive con fines legislativos en muchos países, donde a partir de los conceptos tradicionales se han generado métodos de mayor confiabilidad [1].

Con el análisis proximal no se identifican compuestos químicos específicos sino que permite separar una serie de fracciones que presentan ciertas características comunes de solubilidad o insolubilidad en diferentes reactivos [2]. Con este análisis se obtiene seis principios nutritivos, o grupos, dentro de los cuales podrían estar incluidos los siguientes compuestos:

- Humedad: agua y compuestos volátiles.
- Ceniza: materia inorgánica en general.
- Proteína bruta: proteínas, péptidos, aminoácidos, bases nitrogenadas, amidas, nitrógeno vitamínico.
- Extracto etéreo: grasas, ceras, resinas, lípidos complejos, pigmentos, vitaminas liposolubles.
- Fibra bruta: celulosa, hemicelulosa, lignina insoluble.
- Extracto libre de nitrógeno (ELN): almidón, azúcares, pectinas, pigmentos, vitaminas hidrosolubles.

Los cinco primeros grupos se obtienen de la experimentación, mientras que el extracto libre de nitrógeno (ELN) es un parámetro derivado de un cálculo simple: la diferencia del peso total menos el peso de las fracciones restantes.

1.1.1 HUMEDAD

La humedad se define como la cantidad de agua que posee un alimento. Dentro de este parámetro también se utiliza el término “*materia seca*” que se obtiene de la resta del peso total menos el contenido de agua (humedad). Las principales razones para conocer el contenido de humedad en alimentos son: evitar el desarrollo de microorganismos, evitar afectaciones en la textura del alimento y para la adecuada conservación de los alimentos por el mayor tiempo posible. En el caso de las harinas para evitar la aglomeración de las partículas ya que son materiales pulverulentos.

1.1.2 CENIZAS

Las cenizas de un alimento es un término analítico que se refiere al residuo inorgánico que queda después de la calcinación de la materia orgánica; constituido principalmente por óxidos, carbonatos, fosfatos y sustancias minerales. Las cenizas normalmente, no son estructuralmente las sustancias inorgánicas presentes en el alimento original debido a las pérdidas por volatilidad o a la interacción química entre los constituyentes. Es importante la determinación de este parámetro debido a que constituye un método sencillo para el control de calidad de algunos alimentos. Tanto los granos como los tubérculos poseen minerales de suma importancia en la nutrición (calcio, magnesio y hierro).

1.1.3 PROTEÍNA BRUTA

En el análisis rutinario de alimentos se realiza principalmente el análisis de proteína total mas que de proteínas o aminoácidos individualmente. En el caso de los tubérculos, como la yuca, zanahoria blanca y zanahoria amarilla, el contenido de proteínas es bajo; pero en los granos como chocho, avena y en las harinas de maíz y trigo integral el contenido de proteína es importante, por lo que pueden incluirse en la alimentación como fuentes proteicas más accesibles que las de origen animal.

1.1.4 EXTRACTO ETÉREO O GRASA TOTAL

Los lípidos son los componentes estructurales de los alimentos tanto de origen animal como vegetal. En el caso de los tubérculos el contenido de grasa es bajo al igual que en las

harinas, en cambio, en el caso de algunos granos el contenido lipídico puede ser considerable.

1.1.5 FIBRA CRUDA

La fibra representa la parte no digerible de los alimentos. Sus componentes se pueden agrupar en cuatro grandes grupos que son: los polisacáridos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y pectina; los polisacárido no estructurales como gomas y mucílagos que tienen la característica de ser solubles; las sustancias estructurales no polisacáridas entre ellas principalmente la lignina; y otras sustancias como la cutina, taninos, proteínas y materia inorgánica.

La fibra cruda es el residuo obtenido tras el tratamiento de los vegetales con ácidos y bases, se refiere a los componentes del alimento que no pueden ser digeridos, que son los polisacáridos estructurales y la lignina [3]. Tanto la avena como la harina de trigo integral tienen un alto contenido de fibra lo que nutricionalmente deriva a una mejor digestión después de consumidos estos alimentos porque la fibra interviene en el metabolismo de lípidos y carbohidratos.

1.2 LIMITACIONES DEL ANÁLISIS PROXIMAL

Dependiendo tanto del tipo de nutriente que se esté analizando como de la matriz en la cual se realice el análisis, existen distintas limitaciones del método.

En el caso de la determinación de cenizas no se realiza un desglose del contenido de minerales ni de su biodisponibilidad, además que algunos minerales como el potasio, cobalto, hierro y cobre pueden llegar a perderse por volatilización debido a la intensidad con la que arde la flama y las altas temperaturas a las que se exponen las muestras.

En el análisis de proteína bruta se debe tomar en cuenta que también se incluye el nitrógeno no proteínico y que a pesar de ser un valor referencial del nitrógeno proveniente de proteína existe un margen de error; además, no se realiza un análisis de la calidad proteica (aminoácidos esenciales contenidos en la muestra).

El resultado de extracto etéreo o grasa total que se obtiene del análisis proximal puede contener también sustancias que no lipídicas, como hormonas, vitaminas liposolubles o pigmentos, que sobreestiman su valor o a su vez puede darse la pérdida de ácidos grasos volátiles lo cual produciría una disminución en el valor.

Respecto al extracto libre de nitrógeno se sabe que dentro de este valor pueden estar contenidas las cantidades de alcoholes, ácidos orgánicos, taninos, vitaminas hidrosolubles, resinas, hemicelulosa y lignina. Y la mayor fuente de error se da en este valor ya que al ser un cálculo incorpora los errores de las demás determinaciones.

1.3 NUTRICIÓN HUMANA

Etimológicamente el término nutrición proviene del latín “*nutriré*”, que significa alimentar, y constituye la base científica para el conocimiento de los procesos mediante los cuales el organismo digiere, absorbe, transporta y utiliza las sustancias nutritivas

proporcionadas por los alimentos [4]. Sustancias que son necesarias para que el organismo vivo pueda realizar sus funciones vitales y a su vez mantenga un estado óptimo de salud.

La nutrición depende de la alimentación; y, aunque estos términos estén directamente relacionados no tienen el mismo significado. La alimentación es un proceso totalmente consciente y voluntario que consiste en la búsqueda y selección de una serie de productos naturales o transformados procedentes del medio externo, que aportan los elementos necesarios para el funcionamiento natural del organismo. La alimentación termina cuando el alimento llega a la boca del individuo y es un proceso que se ve influenciado por una serie de factores exógenos como la economía, la cultura, la educación y otros.

El estudio de la nutrición se ve directamente ligado con ramas de la ciencia como la Química, la Bioquímica, la Biología y otras; lo que demuestra que el análisis de alimentos tiene que tomar en cuenta las bases de todas estas ciencias para que pueda ser entendido por completo y llegar de la forma que se busca a quienes vayan a beneficiarse de este.

Los nutrientes son las sustancias químicas y los compuestos moleculares, tanto orgánicos como inorgánicos, que se necesitan para que el ser humano pueda cumplir sus funciones vitales. Algunos nutrientes pueden ser sintetizados por el organismo a partir de moléculas determinadas y otros deben ser incluidos en la alimentación diaria, ya que no se producen internamente. Independientemente del valor monetario de los alimentos, su valor nutricional depende de los nutrientes que estos aporten [4].

Para dar una guía al consumidor sobre la ingesta diaria adecuada de distintos tipos de alimentos y a su vez dividir a estos dependiendo de su composición se han creado

herramientas como la pirámide de alimentos, ideada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, en la cual se muestra la clasificación de los alimentos y cómo deberían ser consumidos diariamente, como se puede observar en la Figura 1.1; sin embargo, en la última década la Universidad de Harvard creó una nueva pirámide basada en estudios y evidencias científicas y que, además, es flexible con las raciones recomendadas de acuerdo a la edad, sexo y cantidad de actividad física que realiza la persona (Figura 1.2) [5].



Figura 1.1 Pirámide alimenticia, Departamento de Agricultura de Estados Unidos [5]

En la Figura 1.1 los productos que poseen menor cantidad de azúcar agregado y lípidos son los derivados de cereales y pastas, los cuales según esta pirámide deberían consumirse en mayor cantidad, mientras que las grasas y azúcares que se encuentran en la parte superior de la pirámide son los menos recomendados para la ingesta.

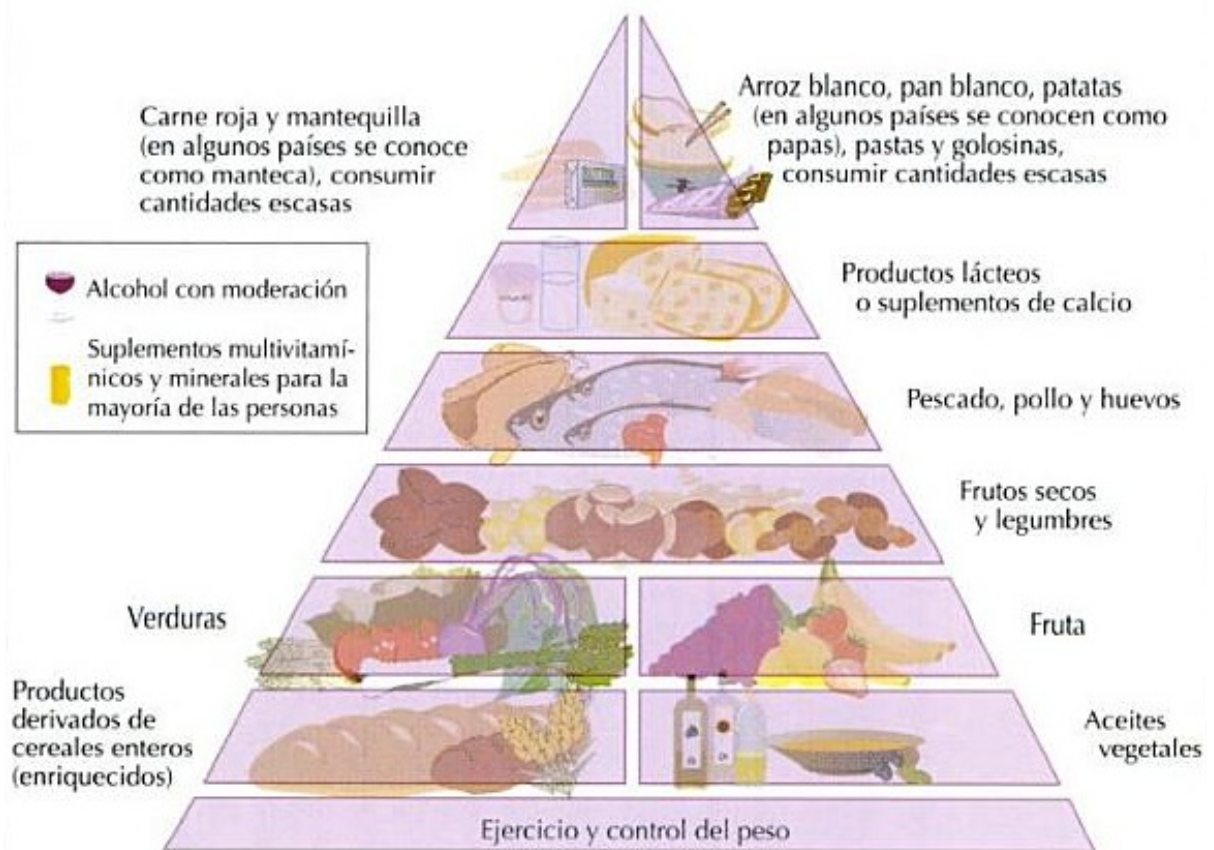


Figura 1.2 Pirámide alimenticia de la Universidad de Harvard [5]

La clara diferencia entre las pirámides propuestas por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y la Universidad de Harvard se evidencia al observar la Figura 1.2, en la cual se incluye como base de la pirámide el ejercicio y control de peso y, además, en la base se encuentran los aceites vegetales junto a los derivados de cereales enteros; otros granos y las pastas están en la punta de la pirámide, es decir, que deben consumirse en pequeñas cantidades; se toma en cuenta, también, el uso de multivitamínicos y el consumo de alcohol. Los alimentos incluidos en este trabajo están dentro de muchos de los grupos de las pirámides desde la harina de trigo integral y la avena que formarían parte de la base, pasando por el chocho, la zanahoria tanto blanca como amarilla, que estarían en la mitad de la pirámide, hasta llegar a la punta con la yuca y la harina de maíz, con este antecedente

se observa la importancia del trabajo, ya que cada uno de los alimentos son significativos en una dieta que contenga nutrientes provenientes de distintas fuentes.

Además de las pirámides alimenticias otra manera de dar información nutricional de los alimentos de forma local es por medio del uso de tablas de contenido nutricional, se habla del ámbito local ya que el contenido de nutrimentos varía según el área donde se producen los mismos, sobre todo, por factores ambientales y de calidad del suelo o agua que se utiliza para su producción. Actualmente, el Ecuador cuenta con una tabla de composición de alimentos que data del año 1965 y que además no está completa, por ello según la Dra. Jeanette Heredia, los profesionales en el área de la nutrición han optado por utilizar la tabla de composición nutricional de Perú, que se encuentra más actualizada y que por ser un país similar en características puede servir como una guía.

1.4 NUTRIENTES

Son sustancias necesarias para que las funciones vitales del ser humano se produzcan de manera adecuada. Para el estudio y determinación de los nutrientes esenciales en los alimentos, estos han sido divididos en distintos grupos que son: agua, proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales y vitaminas.

Para saber el potencial nutricional de los alimentos es importante conocer cada uno de estos grupos y el contenido de los mismos en las matrices utilizadas en el trabajo.

1.4.1 AGUA

Por todas sus características el agua es esencial para la vida; como reguladora de la temperatura corporal, como disolvente y vehículo portador de nutrientes y productos catabólicos, como reactante y medio de reacción, como lubricante y plastificador, como estabilizadora de la conformación de biopolímeros, como probable inductora del comportamiento dinámico de macromoléculas, incluyendo sus propiedades catalíticas y de muchas otras formas. Es decir que la vida orgánica depende íntimamente de una molécula inorgánica relativamente pequeña [6].

La molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno unidos en forma covalente a uno de oxígeno. Es altamente polar y no es lineal debido al par de electrones libres del oxígeno que son considerados como dos fuerzas separadas, que conjuntamente con los enlaces covalentes, forman una molécula tetraédrica. El ángulo formado entre el oxígeno y los hidrógenos es de $104,15^\circ$. Esta molécula no posee una carga determinada pero sí un dipolo eléctrico potente que le permite la creación de puentes de hidrógeno estables con otras moléculas iguales o diferentes, siempre y cuando éstas sean de naturaleza polar [7].

El agua no tiene valor energético debido a que no sufre cambios químicos en el transcurso de su utilización biológica, por lo tanto, no se la considera un nutrimento; sin embargo, sin ella no podrían llevarse a cabo las reacciones bioquímicas; por ejemplo, que macromoléculas como proteínas, enzimas, carbohidratos o ácidos nucleicos se vuelvan activas cuando adquieren sus correspondientes estructuras secundarias, terciarias, etc., lo que se produce por la interacción que establecen con el agua.

El agua es el único componente químico de los alimentos que se puede considerar presente en todos ellos. El conocimiento de su presencia en alimentos resulta fundamental para entender las características singulares de los mismos e incluso principios aplicables a la tecnología de producción y conservación. Su cantidad, su forma molecular, su localización dentro del producto alimenticio, son factores que afectan de modo significativo a sus características específicas como textura, color, apariencia, entre otras [8]. El agua es un factor categórico en la propagación o inhibición de las diferentes reacciones que pueden aumentar o disminuir la calidad nutritiva y sensorial de los alimentos.

El agua se encuentra dentro de los alimentos normalmente en tres diferentes formas. La primera como agua libre que se localiza dentro de los poros del material alimenticio y en los espacios intergranulares, esta agua conserva sus propiedades fisicoquímicas a los niveles normales y sirve como agente dispersante para sustancias coloidales y también como disolvente para componentes que se cristalizan. En segundo lugar, el agua adsorbida sobre las superficies macromoleculares de los coloides de almidones, pectina, celulosa o proteínas, de una forma fuertemente enlazada a ellas mediante enlaces de hidrógeno o por fuerzas de Van der Waals. Y una última fracción que es considerada como agua de cristalización, esto quiere decir, agua que está combinada con otros componentes [8].

Tanto la avena como la harina de maíz y de trigo integral presentan bajo contenido de agua, debido a que para su almacenamiento y para mantener sus propiedades es necesario controlar la humedad de estos alimentos, si se produce un aumento de 0,5% en el rango entre 14,2% y 15,5% se provoca el desarrollo de hongos y, dependiendo de las condiciones de temperatura, el crecimiento de bacterias [9].

Los tubérculos, como yuca, zanahoria blanca y amarilla, se caracterizan por tener un alto contenido de agua. La variación de humedad en los tubérculos depende de factores como el lugar y clima en el que se los produce, además, del manejo en la etapa de almacenamiento de los mismos, por ello mientras más húmedo sea el medio en que se encuentren estos productos mayor será la velocidad de descomposición y la reproducción de microorganismos [10].

1.4.2. MINERALES

En los alimentos se encuentran muchas formas químicas de los minerales, que se suelen denominar como especies; las cuales incluyen complejos, compuestos e iones libres. Dada la diversidad de las propiedades químicas de los minerales, además del número y variedad de los componentes no minerales de los alimentos que pueden unir elementos minerales; y, de los cambios químicos que tienen lugar en el alimento durante su procesado y almacenamiento, no resulta sorprendente que el número de especies minerales sea también grande [6].

En los organismos vivos los minerales desempeñan funciones biológicas importantes de carácter estructural, regulador y como activadores o inhibidores enzimáticos. Según esta actividad biológica pueden diferenciarse los minerales esenciales o indispensables de los no esenciales. Que un mineral sea indispensable depende de: presencia normal en todos los tejidos, concentración constante y característica en cada tejido, la reducción de ingesta de minerales esenciales da lugar a la aparición de alteraciones bioquímicas y fisiológicas; y, su administración desaparece o previene las alteraciones producidas por su carencia [11].

Atendiendo a las cantidades de minerales esenciales necesarias para el organismo se distinguen los macroelementos y los oligoelementos (elementos traza); los primeros están presentes en mayor proporción en los tejidos por lo que tienen que ser aportados por la dieta en cantidades superiores a 100 mg al día, en este grupo se incluyen al calcio, fósforo, cloro, magnesio, sodio, potasio y azufre. Los elementos traza se requieren en cantidades menores a los 100 mg diarios y dentro de este grupo se encuentran el hierro, manganeso, cromo, cobalto, cobre, flúor, yodo, molibdeno, selenio y zinc [12].

1.4.2.1 COMPOSICIÓN MINERAL DE LOS ALIMENTOS

Se puede determinar la composición mineral de un alimento de dos formas: como cenizas y como minerales individuales.

Las cenizas se encuentran en bases de datos de nutrientes de los alimentos como un componente inmediato de estos; con el valor del contenido de cenizas se puede tener una estimación del contenido total de inorgánicos. Los minerales se encuentran en las cenizas en forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, nitratos, cloruros y otros haluros; por esta razón el contenido de cenizas de un alimento sobreestima el contenido mineral total, en gran medida debido al oxígeno presente en muchos de los aniones [6].

Los minerales individuales se determinan al incinerar el alimento, normalmente en medio ácido, se mide las concentraciones de estos en la solución resultante; para realizar esta medición se utilizan métodos químicos e instrumentales, estos últimos resultan más rápidos y precisos.

La composición mineral de un alimento depende de muchos factores por lo que los valores oscilarán entre límites bastante amplios. En el caso de los granos, harinas y tubérculos, al ser plantas, los principales factores que influyen y controlan su contenido de minerales son la fertilidad del suelo, la genética de la planta y el ambiente en el que crece.

1.4.3 PROTEINAS

Las proteínas son compuestos nitrogenados de gran importancia en el área nutricional, posición que está incluso implícita en su nombre, que deriva del griego *proteois*, que significa “de primera clase”. Las proteínas son polímeros muy complejos constituidos hasta por 20 aminoácidos distintos, siendo los aminoácidos la unidad monomérica de las proteínas [6].

Las proteínas forman parte de casi todos los alimentos aunque en la mayoría de ellos en proporciones reducidas. Las tres funciones principales de la materia viva (nutrición, crecimiento y reproducción) están vinculadas a las moléculas proteicas y a las estructuras que las integran [8]. Estas sustancias desempeñan funciones biológicas importantes en el ser humano entre las principales: catalizadores enzimáticos, estructural, síntesis de anticuerpos y hormonas, reserva y protección. Los órganos del hombre están compuestos fundamentalmente de proteínas y se calcula que existen alrededor de cinco millones de tipos con propiedades y características muy específicas.

Cada proteína está bioquímicamente caracterizada por cuatro categorías estructurales:

- Primaria: orden secuencial de aminoácidos en cadenas polipeptídicas.

- Secundaria: plegamiento de segmentos de estructura primaria, estabilizados por enlaces de hidrógeno.
- Ternaria: disposición espacial de las estructuras secundarias, formando una molécula más o menos compacta estable gracias a enlaces disulfuro y a otras fuerzas no covalentes.
- Cuaternaria: agregación de subunidades de estructuras secundarias y ternarias para formar unidades oligoméricas.

1.4.3.1 CALIDAD DE UNA PROTEÍNA:

La cantidad de aminoácidos esenciales va a determinar el valor nutritivo o calidad de una proteína, la determinación de este parámetro es útil para determinar su capacidad para satisfacer las necesidades de nitrógeno y aminoácidos del consumidor. Este valor puede modificarse por: los procesos tecnológicos a los que es sometido un alimento, la presencia de antinutrientes (inhibidores de enzimas digestivas) y el grado de digestibilidad de la proteína (mayor en proteínas globulares que en fibrosas).

Se utilizan distintos modelos para realizar el cálculo de la calidad de una proteína; el *valor biológico* (VB) que permite determinar la fracción de nitrógeno absorbido por el organismo, la *digestibilidad* (D) definida como el porcentaje de nitrógeno ingerido que no aparece en las heces, la *utilización proteica neta* (UPN) que es la proporción de nitrógeno consumido que queda retenido por el organismo, la *relación de eficacia proteica* (REP) que se define como el aumento de peso corporal de una persona en crecimiento dividido para la ingesta proteica durante el tiempo de estudio y finalmente *Score de aminoácido* (AaS) que relaciona el contenido de un determinado aminoácido respecto al estándar y se

compara con el requerimiento de aminoácidos esenciales para cada grupo de edad (valores establecidos por organismos internacionales) [13]. La proteína de referencia para comparar la cantidad y calidad de sus aminoácidos es la albúmina del huevo, a partir de ello se define a una proteína de alta calidad como aquella que posee todos los aminoácidos que el organismo necesita en la cantidad adecuada [14].

El análisis de proteína bruta, realizado dentro del análisis proximal de un alimento, muestra el contenido de nitrógeno mas no de aminoácidos por lo tanto no es un indicativo de la calidad de la proteína.

1.4.4 LÍPIDOS

Los lípidos constituyen un grupo diverso de compuestos generalmente solubles en solventes orgánicos pero con escasa solubilidad en agua; son componentes principales del tejido adiposo y, junto con proteínas y carbohidratos, son los principales componentes estructurales de las células vivas. Un 99% de los lípidos de origen vegetal o animal son los ésteres de glicerol y los ácidos grasos [6].

Los lípidos desempeñan gran cantidad de funciones en los tejidos, además de ser una importante fuente de energía, son parte estructural de membranas celulares y sistemas de transporte de diversos nutrientes; son vitaminas y hormonas; y actúan como aislantes naturales en el hombre y en los animales [7]. Los lípidos de los alimentos exhiben propiedades físicas y químicas singulares, su composición, estructura cristalina, propiedades de fusión y capacidad de asociación con el agua y otras moléculas no lipídicas ofrecen especial importancia en relación con sus propiedades funcionales en numerosos

alimentos. Además, durante el procesado, almacenamiento y manipulación de alimentos los lípidos sufren complejos cambios químicos y reaccionan con otros constituyentes, produciendo compuestos tanto favorables como desfavorables para la calidad del alimento.

1.4.4.1 ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos con grupos laterales hidrocarbonados de cadena larga; pocas veces se encuentran en la naturaleza de forma libre y aparecen mayormente en forma esterificada integrando los triacilglicéridos. A pesar de haber ácidos grasos diferentes en lo referente a estructura y enlaces una gran mayoría comparte ciertas características, entre las principales:

- Son ácidos orgánicos principalmente monocarboxílicos que constan de una cadena alquílica apolar generalmente sin ramificar y un grupo carboxílico (-COOH) terminal ionizable, por esta razón las moléculas lipídicas son anfipáticas y tienden a formar monocapas, micelas o vesículas al contacto con el agua.
- Normalmente contienen un número par de átomos de carbono, aunque en la naturaleza también se encuentran ácidos grasos de cadena impar. Los más abundantes son los de 14 a 24 átomos de carbono, predominando los de 16 a 18.
- Pueden ser saturados o contener una o más insaturaciones, también se conocen algunos con enlaces triples. Existen también ácidos de cadena ramificada, con cadenas cicladas e hidroxiaácidos [15].

Para una dieta equilibrada es necesario ingerir la cantidad suficiente de ácidos grasos poliinsaturados, mereciendo especial mención los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico; estos tres ácidos se suelen llamar en conjunto ácidos grasos esenciales ya que resultan imprescindibles en la dieta humana debido a la incapacidad del cuerpo de sintetizarlos [16].

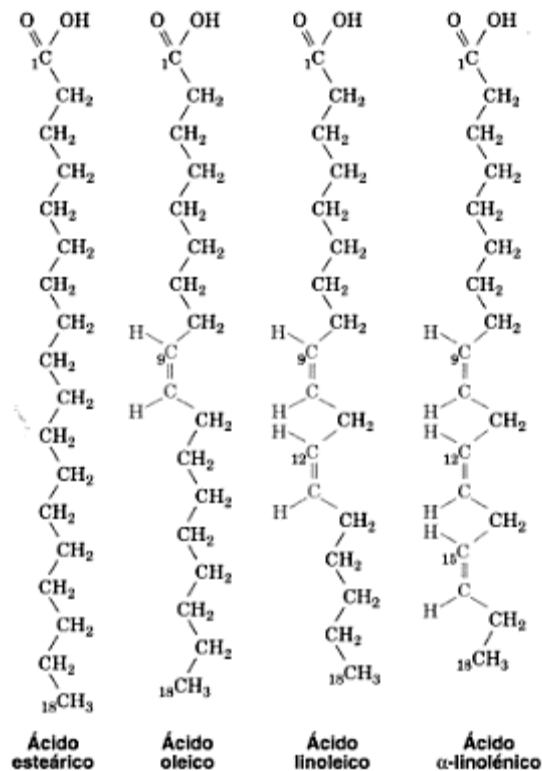


Figura 1.3 Ácidos grasos biológicos más comunes [16]

En la Figura 1.3 se muestra los ácidos grasos biológicamente más comunes, es decir, aquellos que se encuentran en organismos vivos con mayor frecuencia; todos ellos de cadenas de más de 14 átomos de carbono.

1.4.4.2 GLICÉRIDOS

Los glicéridos o acilgliceroles son ésteres de ácidos grasos con la glicerina, aquellos con un ácido graso esterificado son monoglicéridos, los que poseen dos esterificaciones son diglicéridos y aquellos que tienen tres ácidos grasos esterificados son los triglicéridos, siendo los últimos la forma más común de encontrar a los lípidos llegando a alcanzar hasta el 99% de la totalidad de estos.

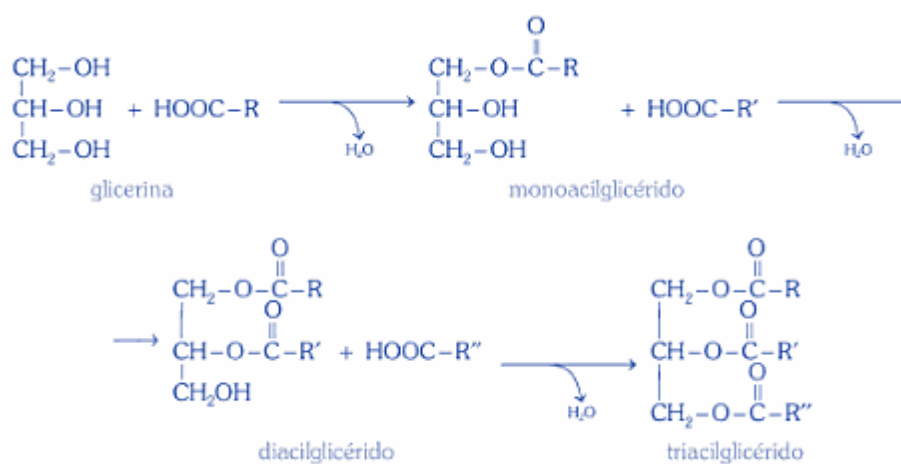


Figura 1.4 Estructura de los mono, di y triglicéridos [16]

Los triglicéridos difieren en la identidad y posición de los ácidos grasos que esterifica la glicerina pudiendo ser: simples, cuando los tres ácidos grasos son iguales, o mixtos cuando contienen dos o más ácidos diferentes. La importancia de los triglicéridos se da debido a que son compuestos que sirven para el almacenamiento de energía altamente concentrada, además, esta grasa almacenada va a cumplir funciones como la protección de órganos, aislamiento del cuerpo contra la pérdida de calor, regulación de actividades fisiológicas, entre otras [16].

1.4.5 CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos constituyen los alimentos que integran la dieta en mayor cantidad, debido a su alta variedad, su gran oferta en el mercado y su relativo bajo costo. Los carbohidratos son compuestos orgánicos químicamente formados por la unión de átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno dispuestos en forma específica como polihidroxialdehído y polihidroxiacetona. Su estructura química determina su funcionalidad y las características que repercuten de diferente manera en los alimentos, principalmente, en el sabor, la viscosidad, la estructura y el color; es decir, las propiedades de los alimentos dependen en gran parte del tipo de carbohidratos que contengan y las reacciones en que estos intervienen.

Los carbohidratos de origen vegetal son mucho más abundantes debido a que se forman a partir de la fotosíntesis que se realiza en las plantas, en el caso de aquellos de origen animal los únicos carbohidratos son: la lactosa (presente en la leche de los mamíferos) y el glucógeno (presente en el hígado y músculos) [4].

Para realizar una clasificación de los hidratos de carbono se toma en cuenta diversos criterios como su estructura química, abundancia en la naturaleza, uso en alimentos, poder edulcorante, etc.; sin embargo, se prefiere el criterio de la estructura química, que se basa en el tamaño de la molécula o en el número de átomos de carbono que contiene, según la cual, los carbohidratos pueden ser: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos [7].

En alimentos de origen vegetal como el chocho, yuca, zanahoria, avena y harinas los principales carbohidratos que se encuentran son la celulosa y el almidón.

1.4.5.1 MONOSACÁRIDOS

Los monosacáridos o azúcares simples son derivados aldehídicos o cetónicos de polihidroxicóholes de cadena recta que contienen como mínimo tres átomos de carbono; estas sustancias no pueden hidrolizarse para formar sacáridos más simples. Los monosacáridos simples son sólidos, blancos, cristalinos, insolubles en agua y en general poseen un sabor dulce. Los monosacáridos o azúcares libres se encuentran en muy pocos alimentos bajo su forma libre, pues, lo normal es que tomen parte de estructuras complejas o que estén combinados con otras moléculas orgánicas.

Los azúcares simples se clasifican según la naturaleza química de su grupo carbonilo y el número de átomos de carbono. Si el grupo carbonilo es un aldehído, como en la glucosa, el azúcar es una aldosa. Si el grupo carbonilo es una acetona, como en la ribulosa por ejemplo, el azúcar es una cetosa. Según el número de átomos de carbono los monosacáridos pueden ser: triosas, tetrosas, pentosas, hexosas, heptosas, etc.

Los monosacáridos son representados mediante las proyecciones de Fischer y de Haworth; en la primera los carbonos están en una cadena lineal abierta. Debido a su alta reactividad, el carbonilo interacciona con los grupos hidroxilo (-OH) de la misma molécula produciendo hemiacetales intramoleculares que originan azúcares cíclicos, representados en la proyección de Haworth [7].

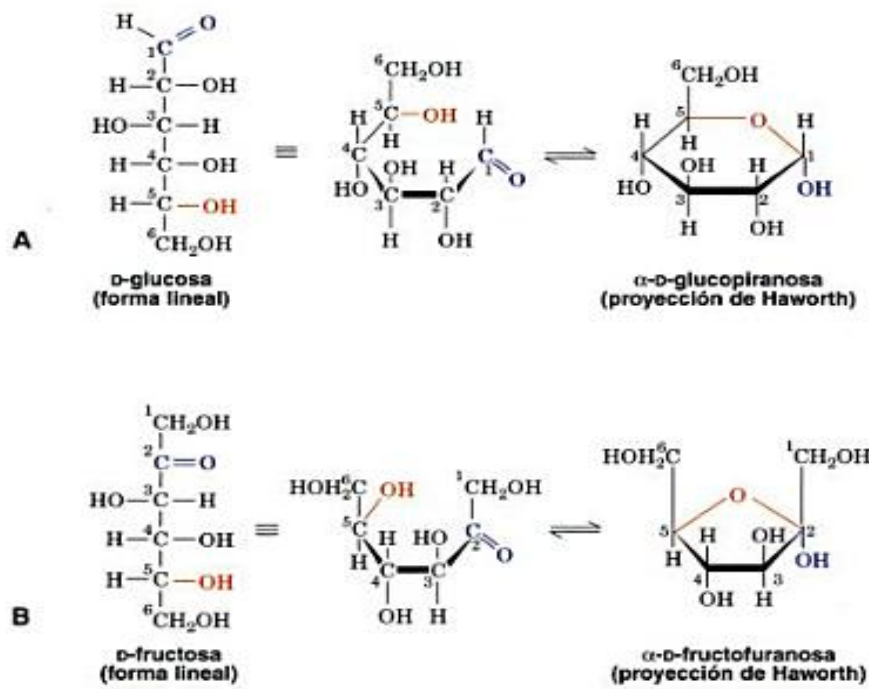


Figura 1.5 Reacciones de ciclación para una aldosa (glucosa) y una cetosa (fructosa).

Proyecciones de Fischer y Haworth

1.4.5.2 OLIGOSACÁRIDOS

Se forman por condensación de dos o más monosacáridos simples. En general, reacciona un grupo aldehído de un monosacárido con el grupo hidroxilo (o con el grupo cetona o aldehído) de otro, originando así un disacárido. Por sus propiedades químicas se clasifican en: reductores, cuando conservan un grupo cetona o aldehído libre; y, no reductores, si no les queda libre ningún grupo aldehído o cetona. Dentro de los azúcares importantes en la dieta humana existen tanto del un tipo como del otro. Los azúcares reductores más importantes son: maltosa (glucosa + glucosa) que proviene de la digestión parcial del almidón y del glucógeno, lactosa (galactosa + glucosa) que es el azúcar de la leche. En el

caso de los azúcares no reductores la más importante es la sacarosa (glucosa + fructosa) que es el azúcar de mesa, obtenida de la caña de azúcar y de la remolacha [17].

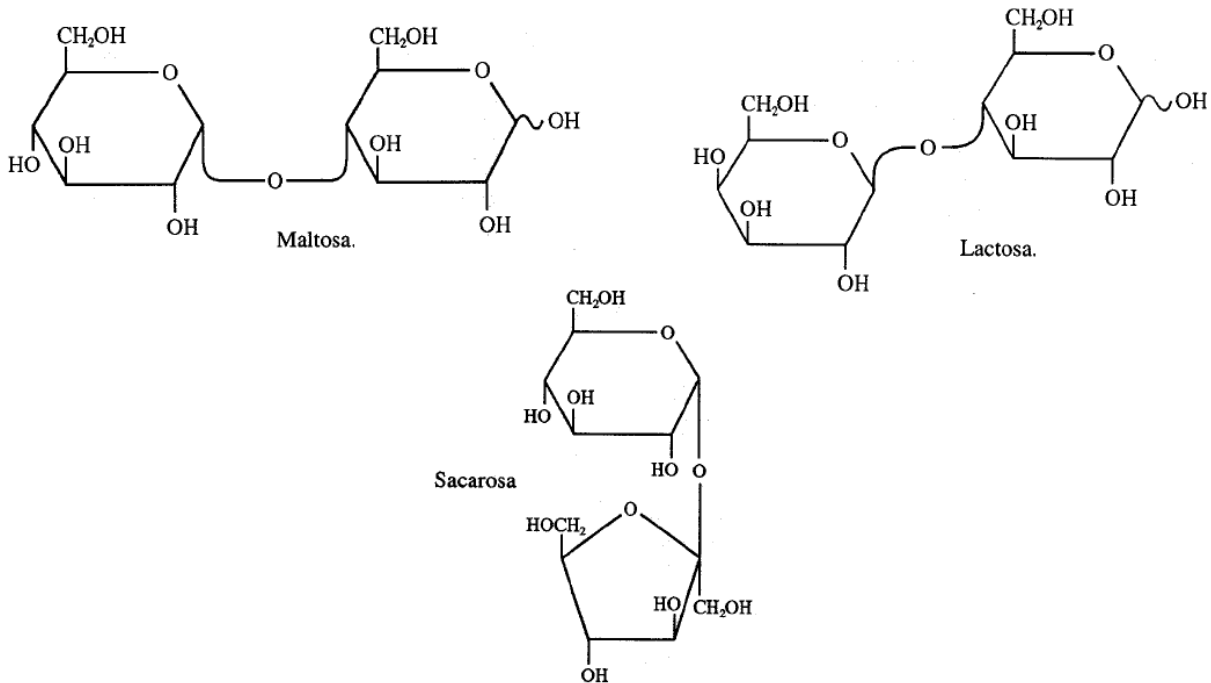


Figura 1.6 Estructura de los principales disacáridos [6]

1.4.5.3 POLISACÁRIDOS

Los polisacáridos, también conocidos como glucanos, son monosacáridos ligados entre sí por enlaces glucosídicos. Se clasifican entre sí en homopolisacáridos y heteropolisacáridos si presentan un tipo de residuo de monosacárido o más. Los homopolisacáridos pueden clasificarse a su vez según la identidad de su unidad monomérica; por ejemplo, los glucanos son polímeros de glucosa mientras que los galactanos son polímeros de galactosa. Aunque la secuencia de monosacáridos de los heteropolisacáridos, en principio, puede ser

tan variada como las de las proteínas; estas suelen estar compuestas por solo algunos tipos de monosacáridos que alternan en una secuencia repetitiva.

La gran mayoría de los polisacáridos naturales contienen cientos de monómeros y en ocasiones, varios miles. No producen verdaderas soluciones, sino más bien dispersiones de tamaño coloidal; puros no tienen color, aroma o sabor. Su peso molecular, que puede llegar a ser hasta de millones, es en realidad un promedio, puesto que las moléculas no son iguales.

Los polisacáridos, al contrario de las proteínas y los ácidos nucleicos, forman polímeros ramificados y lineales; esto se debe a que los enlaces glucosídicos pueden estar formados por cualquiera de los hidroxilos de un monosacárido [16].

De los hidratos de carbono contenidos en la mayoría de los tejidos animales y vegetales, los polisacáridos son los más abundantes; los azúcares libres generalmente están en una menor concentración. Interaccionan fuertemente con las proteínas en los sistemas biológicos, lo cual determina muchas de las funciones celulares [7].

1.4.5.4 CELULOSA

Es el polisacárido estructural de todo el reino vegetal; es considerado el compuesto orgánico más abundante en toda la naturaleza y es una fuente de glucosa prácticamente inagotable ya que se renueva continuamente mediante la fotosíntesis. Es un homopolisacárido lineal de unidades de D-glucopiranosas (forma cíclica de la glucosa) cuyos monómeros se unen mediante enlaces glucosídicos β (1,4), es decir que reaccionan los grupos hidroxilo de sus carbonos 1 y 4; su peso molecular llega a ser hasta de varios

millones y su alta resistencia mecánica y química se debe a que sus cadenas paralelas se alinean sobre un eje longitudinal y establecen un gran número de puentes de hidrógeno intermoleculares, lo que da origen a microfibrillas altamente estructuradas. A pesar de tener muchos hidroxilos libres es muy poco soluble en agua debido a que estos grupos no se hidratan porque están actuando entre sí.

Se encuentra en las frutas, las hortalizas y los cereales como constituyente estructural de las paredes celulares, y también es producida por ciertos microorganismos. En el arroz, el maíz y el trigo se localiza en el pericarpio y en el germen junto con las hemicelulosas y la lignina, y representan el 1; 2,5 y 2 % del grano, respectivamente.

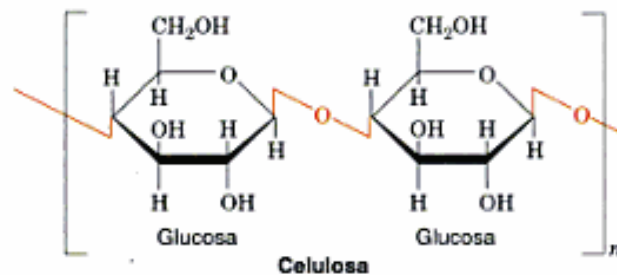


Figura 1.7 Estructura primaria de la celulosa. Aquí n puede ser varios miles [16]

1.4.5.5 ALMIDÓN

Este carbohidrato ha sido parte fundamental de la dieta del ser humano desde tiempos prehistóricos, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales. Después de la celulosa, es probablemente el polisacárido más abundante e importante. Se encuentra en los cereales, los tubérculos y en algunas frutas como polisacárido de reserva energética y su concentración varía con el estado de madurez del alimento.

Químicamente, es una mezcla de dos polisacáridos muy similares: la amilosa y la amilopectina; el primero es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos α (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana, cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa.

Por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidos a un tronco central (similar a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Tiene un alto peso molecular [7].

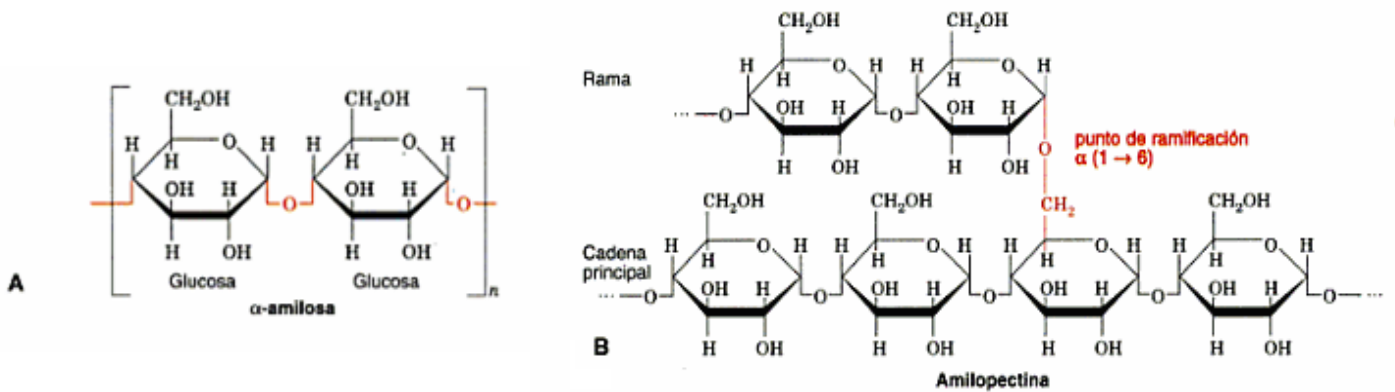


Figura 1.8 A: Estructura de la amilosa; B: Estructura de la amilopectina cerca de un punto de ramificación [16].

En términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17-27% de amilosa y el resto de amilopectina; sin embargo, es importante apuntar que tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente por su capacidad de hidratación y gelatinización.

1.4.6 FIBRA

Con este nombre se designa a un amplio grupo de polisacáridos, considerados estructurales, que no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos, incluyendo al ser humano, pero que cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo.

La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre los que destacan la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas; también se incluye en estos la lignina, aún cuando ésta no es un carbohidrato, sino más bien una cadena de compuestos fenólicos como la vainillina, el aldehído siríngico y alcoholes.

Se puede realizar una distinción entre fibra cruda y fibra dietética. La primera, es la que se consigna generalmente en las tablas de composición de los alimentos y se determina analíticamente mediante digestión ácida y básica; ambas ocasionan la pérdida de una gran cantidad de polisacáridos que se incluyen en la fibra dietética, la cual representa el total de los polímeros. La determinación de fibra cruda representa la pérdida de alrededor del 70-80% de hemicelulosa, 30-50% de celulosa y hasta el 90% de lignina [7].

En el interior del organismo la fibra actúa como una esponja, reteniendo agua, ácidos biliares y agentes carcinogénicos. Es un hecho que las distintas fibras tienen efectos diferentes a su paso por el intestino delgado y grueso, dependiendo de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales; por ejemplo las células de vegetales y frutas están constituidas principalmente por hemicelulosas y sustancias pécticas. En cereales, en cambio, se presenta una matriz de hemicelulosa parcialmente enlazada con ésteres fenólicos y proteínas, así como celulosa estrechamente enlazada con xiloglucanos. Otras propiedades inherentes a la fibra son la capacidad de intercambio de iones, capacidad de formar soluciones viscosas con el agua (que varían según la concentración, temperatura, pH y tamaño de partícula), además almacena e inmoviliza el agua dentro de su matriz en cantidades variables (dependiendo del tipo de polisacárido), e influye en la actividad metabólica de los polisacáridos a través del tracto intestinal [18].

1.5 RAÍCES Y TUBÉRCULOS

Los tubérculos son un tipo de tallos engrosados; ciertas plantas acumulan sustancias de reserva (principalmente almidón) en sus tallos generalmente subterráneos, de manera que estos aumentan de tamaño.

Las raíces y tubérculos son fuentes de carbohidratos en la alimentación; su gran valor nutricional reside principalmente en su capacidad potencial de constituir una de las fuentes de energía alimentaria más baratas, sobre todo en países en desarrollo. La energía aportada equivale aproximadamente a una tercera parte de la que proporciona un peso equivalente de cereales, esto debido a que los tubérculos poseen una gran cantidad de agua.

La composición nutricional de los tubérculos varía, como ocurre en todos los cultivos, de un lugar a otro, en función del clima, suelo, variedad del cultivo y otros factores. El principal nutriente que aportan los tubérculos es la energía en forma de carbohidratos; el contenido de proteínas es bajo (1-2%) y, en casi todas las proteínas de las raíces, los aminoácidos limitantes son los azufrados. Las raíces y tubérculos carecen en su mayoría de vitaminas y minerales, a excepción de vitaminas A, B y potasio, pero contienen cantidades considerables de fibra alimentaria [19].

1.5.1 YUCA

La yuca es una especie de raíz amilácea perteneciente a la familia de las *Eufrobiáceas* que comprende más de 7000 especies distribuidas por regiones cálidas del mundo. Es un arbusto de tamaño variable que va de 1 a 5 m de altura.

En el Ecuador es cultivada en llanuras tropicales, pero se encuentran sembríos de yuca en todas las provincias del país incluyendo Galápagos. La yuca ecuatoriana se utiliza en el consumo interno y también se exporta principalmente a Estados Unidos, Colombia, Puerto Rico y Reino Unido.

La yuca “dulce”, que es la utilizada para la ingesta, es tóxica cuando recién se cosecha y pierde su toxicidad con el tiempo y resulta seguro consumirla cuando ha sido cocida. Esto no sucede con la variedad “amarga” que sigue siendo tóxica a pesar de recibir el mismo tratamiento; la toxicidad se debe al contenido de HCN (ácido cianhídrico) que posee cada variedad.

En el aspecto nutricional, la yuca es rica en carbohidratos complejos, principalmente almidón; es una buena fuente de vitaminas B2, B6 y C, como también de magnesio, potasio, calcio y hierro. Aporta grasas y proteínas en pequeñas cantidades.

1.5.2 ZANAHORIA AMARILLA

Es una hortaliza de la familia de las *Umbeíferas*, es una planta de clima frío pero es también cultivada en zonas tropicales y subtropicales. Tiene una raíz fusiforme, jugosa y comestible de unos 15-18 cm de longitud. La zanahoria es bienal (se da con una periodicidad de dos años), la raíz se forma en el primer año y normalmente las flores y semillas en el segundo año o ciclo de vida.

En el Ecuador se produce mayoritariamente en las provincias de Chimborazo, Bolívar, Cotopaxi y Tungurahua.

El color de la zanahoria se debe a la presencia de alfa y beta carotenos, que son precursores de la vitamina A, mientras más intenso es el color de la zanahoria más concentración posee de estos compuestos. En el cuerpo, los beta carotenos se transforman en vitamina A que es importante para la visión, los sistemas de defensa, la piel y tejidos internos. Además se sabe que los beta carotenos actúan como antioxidantes, previniendo enfermedades vasculares, degenerativas e incluso ayudan al desarrollo del feto [20].

Además de ser una fuente de agua, desde el punto de vista nutricional, la zanahoria posee gran cantidad de carbohidratos, vitamina A, B, C y minerales como calcio y fósforo. Tiene proteínas y lípidos en mínimas cantidades.

1.5.3 ZANAHORIA BLANCA

Pertenece a la familia de la *Apiáceas*, al igual que la zanahoria y el apio, pero pertenecen a géneros distintos. Es conocida como arracacha en la mayoría de países sudamericanos. Es propia de climas cálidos y templados; en el Ecuador el cultivo se concentra en la región de San José de Minas, en la provincia de Pichincha. Se distinguen tres variedades: una de color rojo, otra amarilla y la blanca que es la que se consume generalmente.

Su parte comestible es la raíz que se parece a una zanahoria engrosada, es de sabor agradable y de fácil digestibilidad ya que posee un almidón muy fino, alto contenido de calcio, vitamina A y niveles adecuados de niacina (vitamina B3), ácido ascórbico y fósforo. Su principal inconveniente es su corta vida en almacenamiento y su vulnerabilidad. Dada su composición nutricional, el consumo de zanahoria blanca se recomienda en niños y ancianos.

1.6 GRANOS Y CEREALES

Los cereales son plantas gramíneas que dan frutos farináceos; también se llaman cereales a estos mismos frutos, al conjunto de estas plantas y a los productos elaborados a partir de ellas. En su estructura general se puede reconocer el germen, que aparece en el núcleo de la semilla y permite el desarrollo de una nueva planta; el endospermo, que es una estructura feculosa o harinosa que envuelve al germen; la testa o capa exterior, que cubre al grano; y la cáscara, que recubre la testa y la protege. Los cereales contienen almidón, lípidos, gluten, celulosa y distintas proteínas; todos estos elementos básicos para la alimentación

humana. Además, a partir de algunos cereales es posible elaborar aceites y resinas, como es el caso del maíz.

1.6.1 CHOCHO

Pertenece al género *Lupinus* y su distribución comprende desde Colombia hasta el norte de Argentina, aunque actualmente es de importancia solo en Perú, Ecuador y Bolivia [21]. Es una leguminosa herbácea que alcanza alturas de 0,8-2,0 m.

Las vainas contienen los granos que se consumen generalmente después de un tratamiento de desamargado que consta de tres pasos importantes. El primero, el desaguado por alrededor de 18 horas; el segundo, la cocción del grano por 1 hora; y, finalmente el lavado que se lo realiza por 5 o 6 días; todo esto para eliminar el sabor amargo de la leguminosa debido a su contenido de alcaloides [21].

Además del consumo del grano entero, el chocho se utiliza para hacer harina; y, los alcaloides que contiene se utilizan como antiparasitarios. Es una legumbre rica en proteínas, calcio, sodio y sales minerales.

1.6.2 AVENA

Pertenece a la familia de las poáceas, es un cereal cuya planta alcanza 1,5 m de altura, sus hojas son lanceoladas y las flores aparecen en espigas, los granos se forman en las mismas espigas y son la parte más consumida. Se considera de estación fría por lo que las mayores

áreas de producción se localizan en los climas templados y fríos ya que es muy sensible al calor, sobre todo durante el florecimiento y la formación del grano.

La avena es un grano con alto contenido de calcio, magnesio, fósforo, manganeso, silicio, vitamina B5 y ácido fólico. Además, es muy rica en carbohidratos.

1.6.3 HARINA DE MAÍZ

El maíz es una planta gramínea originaria de América, la planta es larga y de ella salen mazorcas o espigas cubiertas de granos, que son los que se consumen. La harina de maíz es un polvo, más o menos fino, que se obtiene de la molienda del grano seco de maíz. Puede ser integral, que presenta un color amarillo, o refinada que presenta un color blanco.

Una de las características más importantes de la harina de maíz, cuando se la compara con las harinas de otros cereales, es que ésta no contiene gluten. Además de una gran cantidad de aminoácidos, carbohidratos y minerales como magnesio, fósforo, hierro, selenio y zinc; y vitaminas como la A, B y E. La harina de maíz también posee una cantidad considerable de ácidos grasos esenciales por ello el almacenamiento de este alimento debe ser adecuado (evitar la exposición a la luz y a la humedad).

Se expenden dos tipos diferentes de harina de maíz, que dependen del tratamiento que se da al maíz antes del proceso de molienda, ya sea que el grano esté crudo o haya sido previamente tostado [22].

1.6.4 HARINA DE TRIGO INTEGRAL

El trigo es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas y del género *Triticum*. Es uno de los tres granos más producidos en el mundo junto con el maíz y el arroz. El clima en el que se desarrolla debe ser preferiblemente templado. Generalmente está destinado a la producción de harina; sin embargo, si no cumple los estándares de calidad, se utiliza para la elaboración de bebidas alcohólicas.

Para la obtención de la harina primero se realiza un proceso de limpieza tanto en seco como en agua. Luego se procede a realizar los procesos de molienda y cernido.

En el caso de la harina de trigo integral ésta se obtiene de la molienda de trigo con todas sus envolturas celulósicas, es decir, sin retirar el germen y la cáscara y sin realizar el proceso de refinación posterior, por esto es que el color de la harina es oscuro. Es un alimento rico en carbohidratos, fibra, vitamina K, B, E, calcio y potasio.

CAPÍTULO 2

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

Se realizó un muestreo probabilístico, específicamente un muestreo aleatorio simple que consistió en tomar cinco muestras de cada uno de los alimentos a analizar en: mercados Mayorista, San Roque y Ofelia; una bodega ubicada en el Centro Histórico; y, supermercados Supermaxi, Santa María, Tiendas Industriales Asociadas (TIA) de la ciudad de Quito. Se adquirió entre uno y dos kilogramos de las muestras dependiendo de características como el tamaño de partícula (en el caso de las harinas), además, si se expenden como alimentos semiprosesados (harinas y avena) o frescos (yuca, zanahoria y chocho).

2.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Equipos:

- Molino eléctrico de granos Victoria.
- Licuadora Oster.
- Procesador de alimentos manual.

Procedimiento:

- Limpiar cada uno de los equipos antes de utilizarlos, ya sea el molino, la licuadora o el procesador de alimentos. Asegurarse de que estén completamente secos terminada la limpieza.
- En el caso de la avena: utilizar el molino hasta tener un tamaño de partícula homogéneo que tenga el aspecto de harina.
- Para el chocho: utilizar la licuadora hasta obtener trozos que tengan un tamaño de partícula menor a 3mm sin que se forme una pasta. Se trata el grano sin pelar.
- Con la yuca y con la zanahoria (tanto blanca como amarilla): se trabaja con el procesador de alimentos, utilizar la cuchilla que forma hilos finos de un diámetro de alrededor de 2mm o menos; es importante no aplicar demasiada presión al momento de procesar las muestras ya que se puede perder líquido de las mismas lo que afecta las posteriores determinaciones.
- Las muestras de harinas y avena se almacenan en fundas plásticas que tengan un cierre hermético; mientras que las muestras de chocho, yuca y zanahorias tienen que ser sometidas a un proceso de secado para posteriormente ser almacenadas en fundas de iguales características que las de harinas. Para realizar los procedimientos en los que es necesario que la muestra no se haya secado (determinación de humedad) es importante almacenar las muestras ya procesadas en un recipiente

hermético de vidrio en refrigeración o a su vez realizar la determinación el día en que se realiza la preparación de la muestra.

- Finalmente después de procesar las muestras, limpiar los equipos, secar y, de ser necesario, almacenar en los empaques correspondientes.

2.3 MÉTODOS

Los métodos empleados son 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

Fundamento del método

La determinación de la humedad es la pérdida de peso que experimenta un alimento sometido a un secado en la estufa, en el lapso de 1 hora, a una temperatura de 130 ± 5 °C, hasta obtener un peso constante. La materia seca es el residuo que queda posterior al secado.

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

Procedimiento

- Tarar la cápsula en la estufa durante 1 hora a 130 ± 5 °C.
- Pesar la cápsula fría junto con su tapa (P_c).
- Pesar aproximadamente 2 g 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.
- Pesarse 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

Fundamento del método

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

Equipos

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

Materiales

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

Procedimiento

- Tarar el crisol de porcelana en la mufla por 1 hora a 550 °C.
- Pesar el crisol una vez que se haya enfriado o mantenga peso constante (P_i).
- Pesar de 3 a 5 g 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.
- Pesar el crisol junto con las cenizas una vez que haya alcanzado la temperatura ambiente (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)

Fundamento del método

Para la determinación del extracto etéreo, principalmente formado por lípidos, ácidos grasos y materia insaponificable (sustancias 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.

Equipos

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

Materiales

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

Reactivos

- Éter etílico

Procedimiento

- Pesar aproximadamente 2 g 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 ± 5 °C.
- Una vez frío, pesar el balón (P_i).
- Colocar aproximadamente 250 mL de éter etílico en el balón.
- Ensamblar el equipo Soxhlet, y realizar el proceso de extracción por el lapso de 4 horas, 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 ± 5 °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

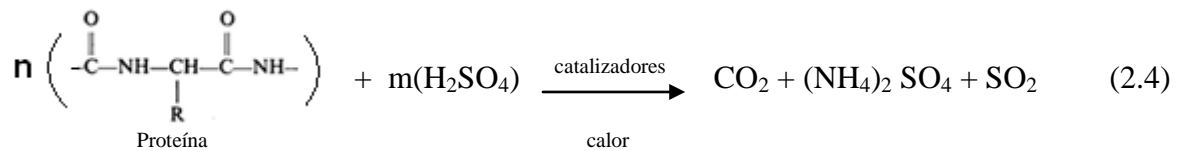
Fundamento del método

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

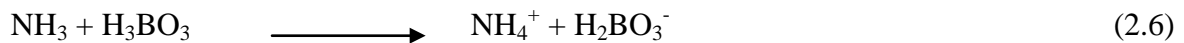
- a) La digestión ácida que tiene como fin mineralizar la materia orgánica de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de potasio en presencia de un catalizador de sulfato de cobre.

- b) La etapa de destilación, el nitrógeno mineralizado se encuentra en la solución ácida como sulfato de amonio, se desplaza como amoníaco por la adición hidróxido de sodio concentrado y es destilado por arrastre de vapor en forma de amoníaco.
- c) Titulación, titular el amoníaco 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:



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 250 mL
- Erlenmeyers de 250 mL
- Vasos de precipitación de 100 mL
- Bureta semiautomática de 50 mL
- Pipeta volumétrica de 25 mL
- 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® (3,5 g K_2SO_4 , 0,105 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 0,105 g 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

Procedimiento

Digestión

- Pesar aproximadamente 0,5 g 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 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 250 mL que contenga 30 mL 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 50 mL de la solución de hidróxido de sodio al 40%.
- Iniciada la secuencia de destilación por arrastre de vapor, recolectar 150 mL del destilado sobre la solución de ácido bórico al 4%.

Titulación

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

Cálculos

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

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

Donde

%N = Porcentaje de nitrógeno

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

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 se seca, y posteriormente calcina; la diferencia de peso entre el crisol con el residuo seco y el crisol con las cenizas es la 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 30 cm
- Espátula de acero inoxidable

- Pinzas para crisol

Reactivos

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

Procedimiento

- Tarar los crisoles de vidrio poroso en la mufla a 550 °C durante 1 hora.
- Pesar aproximadamente 1 g de muestra seca en el crisol tarado (P_m).
- Colocar el crisol en el equipo de determinación de fibra cruda, añadir 150 mL de la solución de H_2SO_4 caliente 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 30 minutos.
- Finalizada la secuencia, vaciar los módulos y lavarlos 3 veces con 30 mL de agua destilada y 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.
- Posteriormente, añadir 150 mL 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 30 minutos.

- Lavar nuevamente 3 veces con 30 mL de agua destilada caliente y repetir el mismo proceso que se utilizó con el H₂SO₄.
- 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.
- Pesarse los crisoles una vez que estén fríos o tengan peso constante (P₀)
- Colocar los crisoles en la mufla a 550 °C durante 3 horas, para retirar los 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 (P₁).

Cálculos

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

Donde

%F_c = Porcentaje de fibra cruda

P₀ = Peso del crisol + fibra + cenizas

P₁ = Peso del crisol + cenizas

P_m = Peso de la muestra seca

2.4 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS

2.4.1 MEDIA

La media, \bar{X} , es el valor promedio o media aritmética, que se obtiene al dividir la suma de todos los valores individuales por el número de medidas aceptadas, que representan el total de medidas que forman el conjunto. Está definida por:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_i + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.11)$$

Se calculó la media de cada triplicado y la media total de cada uno de los parámetros que se analizaron en el presente trabajo.

2.4.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La desviación estándar, s , es una medida de la proximidad de los datos, en mediciones repetidas, en torno al valor de la media. Cuanto menor es la desviación estándar, más estrechamente se agrupan los datos. Este parámetro estadístico está dado por la siguiente expresión:

$$s = \sqrt{\frac{\sum i (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

La cantidad $n-1$ de la ecuación 2.12 indica los grados de libertad. El cuadrado de la desviación estándar es la varianza y está expresada como porcentaje en relación al valor medio se llama desviación estándar relativa o coeficiente de variación [23].

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad (2.13)$$

Donde

CV= coeficiente de variación

s= desviación estándar

\bar{x} = media

En el presente trabajo se calculó la desviación estándar de cada triplicado; y, la total, para cada parámetro analizado, con el objetivo de conocer la precisión de los métodos utilizados para el análisis.

2.4.3 PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN

2.4.3.1 CONCEPTOS:

Distribución Normal

También llamada distribución Gaussiana es un modelo matemático utilizado para describir una distribución continua en la cual la curva es simétrica respecto a μ (media) y cuanto mayor sea el valor de σ (desviación estándar) mayor es la variabilidad de la curva [24].

Otras de sus características son que a causa de la simetría de la distribución normal de probabilidad, la mediana y la moda de la distribución también se hallan en el centro, por tanto en una curva normal, la media, la mediana y la moda poseen el mismo valor; además, las dos colas (extremos) de una distribución normal de probabilidad se extienden de manera indefinida y nunca tocan el eje horizontal.

Hipótesis Nula (H_0)

Una hipótesis es un enunciado de relación entre variables que puede ser verdadero o falso. La hipótesis nula consiste en una proposición de no diferencia, es establecida con el ánimo de rechazarla con base en los resultados obtenidos. La H_0 se rechaza o no se rechaza sin hablar de aceptarla.

Hipótesis Alterna (H_a)

Cuando se rechaza una hipótesis nula, por descarte se acepta la hipótesis alterna, esto significa que existe una verdadera asociación entre las variables o que existen diferencias significativas entre las variables que son comparadas.

Pruebas de significación

Son procedimientos que facilitan decidir si una Hipótesis nula se rechaza o no se rechaza. La aplicación de estas pruebas parte de suponer que se ha utilizado un diseño de muestreo probabilístico para obtener la información muestral que permita tomar decisiones estadísticas [25]. Cuando se plantea realizar una prueba estadística, debe definirse

previamente un nivel de significación o nivel alfa. Esto significa que arbitrariamente se decide con qué probabilidad de error se rechazará la hipótesis nula; el valor más usado es de 0,05 [26].

Error Tipo I

Consiste en rechazar una hipótesis nula siendo esta verdadera y se lo conoce como nivel de significancia estadística, a partir del cual se toma la decisión de rechazar o no la hipótesis nula. Generalmente se considera un nivel de significancia igual o mayor al 5%.

Error Tipo II

Este error se produce cuando se acepta una hipótesis nula falsa.

2.4.3.2 PRUEBA t DE STUDENT

La prueba t de Student se usa para contrastar la hipótesis nula entre medias de dos poblaciones con distribución normal. Se comparan mediciones hechas con métodos diferentes, el uno será el aceptado y el otro el método de prueba. Después de calculado el valor t se realiza una comparación con los valores tabulados dependiendo del nivel de confianza con el que se trabaje; si resulta que el valor tabulado es menor al valor calculado existe una diferencia significativa entre métodos, en el caso de que el valor tabulado sea mayor que el calculado se concluye que no existe diferencia significativa. La prueba t puede ser usada en otros casos, en lo referente al trabajo actual se usó la que se aplica al

tener un valor aceptado de μ (media verdadera) y se trabajó con un nivel de confianza del 95%, utilizando la ecuación:

$$t = \frac{(\bar{x}-\mu)\sqrt{N}}{s} \quad (2.14)$$

Dentro del trabajo actual se utiliza la prueba t de Student para determinar si es que existen o no diferencias significativas entre los resultados obtenidos respecto a los datos de la Tabla de Composición Nutricional de los Alimentos Ecuatorianos, tomada como referencia, que data de 1965.

Intervalos de Confianza

El estadístico t de Student es utilizado con el fin de expresar intervalos de confianza; siendo éste un intervalo numérico construido en torno al estadístico muestral [27]. A partir de la tabla t se obtiene el intervalo de confianza con:

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{t_{\alpha/2} \times S}{\sqrt{N}} \quad (2.15)$$

Donde

μ = Media verdadera

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

\bar{x} = Promedio de la muestra

s = Desviación estándar

N = Tamaño de la muestra

2.4.3.3. ANOVA

Condiciones Generales de Aplicación

Para poder aplicar el análisis de varianza es importante verificar las siguientes condiciones previas:

- Independencia, es decir, que los individuos estudiados sean independientes uno de otro.
- Aleatoriedad, las muestras u objetos de estudio deben haberse obtenido al azar.
- Normalidad, es decir que las muestras analizadas deben seguir una distribución normal.
- Homocedasticidad, debe haber igualdad de varianzas en las muestras analizadas, para la comprobación de este parámetro se utiliza la prueba de Cochran el cual opera sobre las varianzas poblacionales, se utiliza la fórmula:

$$Q_c = \frac{s^2_{max}}{\sum s^2} \quad (2.16)$$

Donde se compara la varianza de mayor valor con la sumatoria de las demás varianzas. En este caso la hipótesis nula es que las varianzas son homogéneas por lo cual se compara el valor obtenido con un estadístico tomado de la tabla para este

test, en este trabajo se acepta la hipótesis nula si el valor obtenido es menor al valor teórico.

Análisis de Varianza

El análisis de varianza (Analysis of Variance) es una técnica que se puede utilizar para decidir si las medias de varias poblaciones no presentan diferencias significativas, por lo tanto, puede considerarse que provienen de la misma población. El ANOVA sirve para determinar si los contrastes entre las medias muestrales revelan las verdaderas diferencias entre las poblaciones, las cuales se deben a un factor controlable, o si las diferencias entre los valores medios de la muestra no son más que causadas por variaciones dentro del método.

Si el valor estadístico (ANOVA) conduce a aceptar la hipótesis nula, se concluye que las diferencias entre las medias de las muestras se deben a la variación casual en el factor controlable (y por tanto, que los valores medios de población son iguales). Si se rechaza la hipótesis nula se concluye que las diferencias entre los valores medios de la muestra son demasiado grandes como para deberse únicamente a factores aleatorios (y por ello, las muestras analizadas no provienen de una misma población). Los datos para realizar el análisis de varianza se obtienen tomando una muestra de cada población y calculando su media muestral y varianza [28].

Para el análisis de varianza se supone que se tiene k tratamientos aleatorios independientes, de tamaño n , extraídos de una única población normal, en los cuales existen dos fuentes independientes de la varianza:

- 1) La llamada varianza dentro de grupos, en la que contribuye solamente la variación de las muestras debido al método de análisis, se la representa como DCM_w (Diferencia de Cuadrados Media dentro de los grupos) y se calcula como la media de la suma de las diferencias al cuadrado. El DCM_w es un cociente: al numerador se lo llama suma de cuadrados del error (SDC_B) y el denominador son los grados de libertad [29].

- 2) La varianza entre grupos, a la que contribuye solamente la varianza entre las distintas muestras, se la representa como DCM_B (Diferencia de Cuadrados Media entre grupos). Se calcula a partir de las varianzas de los tratamientos, siendo también un cociente: el numerador es la suma de cuadrados de los tratamientos (SDC_B) y el denominador ($k-1$) grados de libertad [29].

DCM_B y DCM_w estiman la varianza poblacional en la hipótesis de que las k muestras provengan de la misma población. La distribución muestral del cociente de dos estimaciones independientes de la varianza de una población normal sigue la distribución F con los grados de libertad correspondientes al numerador y denominador, respectivamente, por lo tanto, se puede contrastar dicha hipótesis al usar esta distribución. La distribución F (Fisher-Snedecor) y el cociente de la relación DCM_B / DCM_w se comparan con los valores tabulados en la tabla F, en este caso al 95% de confianza. Si se tiene un nivel crítico asociado al estadístico F mayor al de la tabla, la hipótesis nula será rechazada, por consiguiente, no todas las medias muestrales son iguales.

Las fórmulas utilizadas para realizar el análisis de varianza son:

Tabla 2.2 Fórmulas ANOVA

VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F
ENTRE GRUPOS	k-1	$SDC_B = n \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$DCM_B = \frac{SDC_B}{k-1}$	$\frac{DCM_B}{DCM_W}$
DENTRO DE LOS GRUPOS (ERROR)	(n-1)k	$SDC_W = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$DCM_W = \frac{SDC_W}{(n-1)k}$	-
TOTAL	kn-1	$SC_{Total} = SDC_B + SDC_W$	-	-

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

2.4.3.4 PRUEBA DE TUKEY

La prueba de Diferencia Honesta Significativa (DHS) de Tukey mide la diferencia de los valores de las medias de dos grupos en términos de varianza intragrupal. Se puede

considerar como una técnica de comparaciones múltiples y a la vez de rangos. Se suele utilizar cuando se quiere comparar cada grupo con todos los demás y el número de grupos es alto. El modelo de la prueba es:

$$DHS = v_{\alpha, \infty} \sqrt{\frac{MCD}{n}} \quad (2.17)$$

Donde

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

DCM_W o MCD = Media de Cuadrados Dentro de los grupos

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

Criterio

El criterio de la prueba se basa en realizar una comparación entre el valor absoluto de la diferencia de dos medias y el DHS, si la diferencia de las medias es mayor al DHS se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas. La prueba DHS de Tukey es un complemento del ANOVA y permite analizar de forma más detallada qué medias muestrales son las que difieren.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CODIFICACION DE MUESTRAS

Previo a los resultados, es importante codificar las muestras analizadas de cada uno de los alimentos, de esta forma el análisis de resultados y la presentación de tablas se podrá entender con mayor facilidad.

En la Tabla 3.1 se muestra el alimento, el lugar donde se obtuvo la muestra, la marca del mismo y finalmente el código con el que se los denominará de aquí en adelante.

Tabla 3.1 Lugar de procedencia, marca y codificación de las muestras de los siete alimentos analizados

HARINA DE MAIZ		
LUGAR	MARCA	CÓDIGO
Centro Histórico	Sin marca	HM1
Supermaxi	Supermaxi cruda	HM2
Supermaxi	Supermaxi tostada	HM3
Supermaxi	Del Campo	HM4
Santa María	Santa María	HM5
HARINA DE TRIGO INTEGRAL		
LUGAR	MARCA	CÓDIGO
Supermaxi	Santa Lucía	HT1
Mercado Ofelia	Santa Lucía	HT2
Mercado Mayorista	Sin marca	HT3
Mercado San Roque	Sin marca	HT4
Centro Histórico	Sin marca	HT5

AVENA		
LUGAR	MARCA	CÓDIGO
Supermaxi	La Pradera	AV1
TIA	Quaker	AV2
Santa María	Ya	AV3
Supermaxi	Supermaxi	AV4
Supermaxi	Schullo	AV5
YUCA		
LUGAR	MARCA	CÓDIGO
Mercado Mayorista	Sin marca	YC1
Mercado San Roque	Sin marca	YC2
Mercado Ofelia	Sin marca	YC3
Supermaxi	Delivalle	YC4
Supermaxi	Vermontina	YC5
ZANAHORIA AMARILLA		
LUGAR	MARCA	CÓDIGO
Mercado Mayorista	Sin marca	ZA1
Mercado San Roque	Sin marca	ZA2
Mercado Ofelia	Sin marca	ZA3
Santa María	Sin marca	ZA4
Supermaxi	Sin marca	ZA5
ZANAHORIA BLANCA		
LUGAR	MARCA	CÓDIGO
Mercado Ofelia	Sin marca	ZB1
Mercado San Roque	Sin marca	ZB2
Mercado Mayorista	Sin marca	ZB3
TIA	Sin marca	ZB4
Supermaxi	Sin marca	ZB5
CHOCHO		
LUGAR	MARCA	CÓDIGO
Mercado San Roque	Sin marca	CH1
Mercado Mayorista	Sin marca	CH2
Supermaxi	Sin marca	CH3
TIA	Sin marca	CH4
Supermaxi	M-Ch	CH5

3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó la determinación de humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra de siete alimentos (harina de maíz, harina de trigo integral, yuca, zanahoria blanca, zanahoria amarilla, chocho y avena laminada), los análisis para cada una de las muestras se realizaron por triplicado y se tomaron cinco muestras por cada alimento. El análisis de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) no se realizó de forma práctica en el laboratorio como los parámetros anteriores, se lo calculó al restar la suma de los análisis anteriores de 100. A continuación se presentan los resultados obtenidos en tablas:

Tabla 3.2 Principales componentes nutricionales de harina de maíz

Código	%Humedad	%Cenizas	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%ELN
HM1	12,92	1,37	7,28	4,94	1,39	72,08
	12,90	1,45	6,99	4,99	1,55	72,10
	12,45	1,45	7,07	4,88	1,53	72,61
HM2	12,06	1,11	8,05	3,85	1,29	73,64
	12,22	1,14	8,18	3,88	1,39	73,18
	12,12	1,09	7,93	3,83	1,30	73,73
HM3	12,48	1,17	8,32	3,43	1,44	73,16
	12,47	1,18	8,61	3,44	1,36	72,94
	12,36	1,13	8,31	3,48	1,17	73,55
HM4	10,82	1,25	9,33	3,49	1,11	74,00
	10,79	1,24	9,38	3,45	1,06	74,08
	10,60	1,24	9,37	3,47	1,16	74,16
HM5	10,07	1,12	9,46	3,90	0,89	74,56
	10,24	1,13	9,33	4,08	0,91	74,31
	10,22	1,12	9,48	4,05	0,94	74,19

La Tabla 3.2 muestra como entre las diferentes muestras de harina de maíz existen valores similares en todos los nutrientes analizados. Cabe recalcar, que entre muestras HM2 y HM3 (harina cruda y tostada) hay diferencias, aunque mínima, es adecuado analizar que

pueden darse debido a la diferencia entre los procesos previos a la molienda que tiene cada una.

Tabla 3.3 Principales componentes nutricionales de harina de trigo integral

Código	%Humedad	%Cenizas	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%ELN
HT1	11,09	1,60	11,74	1,88	1,94	71,74
	11,09	1,58	11,79	1,98	2,15	71,41
	11,09	1,61	11,81	1,96	2,09	71,43
HT2	11,11	1,59	11,90	1,90	2,09	71,40
	11,07	1,59	11,88	1,99	2,00	71,47
	11,07	1,52	11,89	2,25	2,02	71,25
HT3	10,90	1,69	14,15	5,47	6,81	60,97
	10,84	1,57	14,07	5,58	7,03	60,91
	10,78	1,74	14,18	5,50	6,79	60,70
HT4	8,66	1,64	12,02	2,84	2,37	72,47
	8,52	1,62	12,10	3,14	2,37	72,25
	8,44	1,62	11,93	3,34	2,57	72,09
HT5	3,99	1,81	12,19	2,06	2,28	77,56
	3,92	1,88	12,50	2,06	2,43	77,21
	3,74	1,85	12,34	1,98	2,42	77,67

Dentro de los valores obtenidos en el análisis de la harina de trigo integral, en general hay diferencias entre muestras en parámetros como humedad (HT5), proteína, grasa y fibra (HT3); en el caso de la muestra HT5 el valor de contenido de agua se aleja considerablemente de los valores de las otras muestras, en un próximo apartado se tomará en cuenta esta diferencia para aplicar las herramientas estadísticas necesarias.

La muestra HT3 presenta diferencias en los contenidos de proteína, grasa y, sobre todo, de fibra; la cantidad de este nutriente en este tipo de harina depende de la cantidad de germen que contenga el cereal al momento de la molienda. Debido a ello es posible inferir que en esta muestra, específicamente, es posible que el grano no haya sido sometido a un proceso de limpieza previo a la obtención de la harina.

Tabla 3.4 Principales componentes nutricionales de avena laminada

Código	%Humedad	%Ceniza	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%ELN
AV1	7,53	1,36	12,13	7,52	2,22	69,23
	7,52	1,31	12,21	7,59	2,58	68,79
	7,55	1,28	12,36	7,66	2,11	69,04
AV2	8,79	1,86	11,34	5,73	2,18	70,10
	8,67	1,89	10,97	5,78	2,02	70,67
	8,85	1,84	11,07	5,64	2,01	70,59
AV3	8,01	1,50	11,36	8,31	1,24	69,57
	8,05	1,49	11,27	8,16	1,29	69,73
	8,06	1,49	11,35	8,21	1,28	69,61
AV4	7,32	1,55	12,23	7,89	0,97	70,03
	7,35	1,56	12,08	8,08	1,14	69,78
	7,40	1,52	12,00	8,12	0,99	69,96
AV5	4,92	1,75	10,27	7,95	2,18	72,92
	4,92	1,73	10,43	7,94	2,28	72,70
	4,97	1,70	10,35	7,95	2,14	72,88

Los resultados de las muestras de avena laminada presentan variaciones entre sí en todos los parámetros, sin embargo, las repeticiones de cada una de las muestras no difiere entre sí por lo que es necesario que se realicen los posteriores análisis estadísticos para determinar si las variaciones se deben a la procedencia de las muestras o a los métodos de análisis.

La muestra AV5 presenta diferencias en el contenido de humedad con las demás, en este caso es importante tomar en cuenta que la presentación del producto (marca Schullo) es diferente en esta muestra que en las demás. El empaque es de cierre hermético, es probable que esta sea la razón para que la humedad del cereal sea menor.

Tabla 3.5 Principales componentes nutricionales de yuca

Código	%Humedad	%Cenizas	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%ELN
YC1	64,40	1,85	0,62	0,14	1,42	31,53
	65,01	1,76	0,68	0,16	1,40	30,98
	65,01	1,76	0,73	0,19	1,36	30,94
YC2	64,12	1,06	0,81	0,13	0,99	32,90
	64,39	1,08	0,68	0,12	0,95	32,77
	64,07	1,07	0,79	0,10	1,02	32,93
YC3	63,08	0,96	0,38	0,29	0,96	34,32
	63,43	0,91	0,38	0,23	0,98	34,05
	63,14	0,95	0,38	0,32	0,95	34,26
YC4	63,84	0,89	0,44	0,36	0,92	33,54
	63,79	0,82	0,44	0,27	0,95	33,71
	63,57	0,86	0,45	0,36	0,90	33,86
YC5	63,95	1,07	0,44	0,35	0,91	33,28
	63,13	1,10	0,52	0,35	0,97	33,93
	63,76	1,04	0,44	0,37	0,91	33,46

En la Tabla 3.5, los valores que se muestran de cada parámetro varían entre muestras. Y nuevamente, los valores entre repeticiones no presentan contrastes entre sí.

Tabla 3.6 Principales componentes nutricionales de zanahoria amarilla

Muestra	%Humedad	%Cenizas	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%ELN
ZA1	90,18	0,95	0,35	0,11	0,26	8,14
	89,88	0,95	0,37	0,10	0,25	8,45
	89,52	1,04	0,37	0,11	0,28	8,67
ZA2	89,56	0,98	0,79	0,12	0,23	8,32
	89,71	0,98	0,78	0,11	0,22	8,21
	89,49	1,00	0,79	0,11	0,19	8,41
ZA3	90,30	1,09	0,49	0,08	0,14	7,89
	90,19	1,11	0,50	0,08	0,16	7,96
	89,87	1,17	0,51	0,09	0,18	8,18
ZA4	90,73	0,74	0,58	0,08	0,20	7,67
	90,36	0,76	0,60	0,08	0,20	8,00
	90,45	0,73	0,60	0,08	0,20	7,93
ZA5	89,01	0,57	0,50	0,09	0,24	9,59
	89,40	0,53	0,49	0,08	0,22	9,27
	89,74	0,48	0,48	0,08	0,24	8,97

En los valores de contenido de cenizas y proteína de la zanahoria amarilla (Tabla 3.6) es donde se encuentran mayores diferencias entre muestras, aún así, se repite el patrón observado anteriormente, los valores de las repeticiones no presentan diferencias entre sí lo que demuestra que el origen de las muestras puede ser el factor que determina la variabilidad del contenido nutricional.

Tabla 3.7 Principales componentes nutricionales de zanahoria blanca

Código	%Humedad	%Cenizas	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%ELN
ZB1	69,99	1,14	0,74	0,10	0,77	27,26
	69,91	1,28	0,73	0,10	0,71	27,26
	69,58	1,27	0,73	0,12	0,76	27,53
ZB2	69,92	1,40	1,31	0,20	0,67	26,49
	70,08	1,29	1,31	0,19	0,71	26,41
	70,23	1,21	1,27	0,19	0,67	26,42
ZB3	68,03	1,41	1,69	0,06	0,81	27,99
	68,75	1,39	1,66	0,07	0,76	27,37
	68,35	1,24	1,67	0,06	0,78	27,90
ZB4	66,70	1,36	1,43	0,06	0,82	29,63
	66,29	1,54	1,44	0,05	0,83	29,86
	66,44	1,37	1,44	0,06	0,85	29,83
ZB5	73,72	1,94	0,55	0,06	0,63	23,09
	74,04	1,80	0,55	0,07	0,67	22,87
	73,79	1,85	0,55	0,08	0,62	23,11

Las muestras de zanahoria blanca presentan mayor variación en el contenido de proteína, por ello es necesario determinar si estas son de distinta procedencia y, si este factor, que es la variable a tomar en cuenta en el presente trabajo, es el que establece las diferencias.

Además, se presenta nuevamente la variación en valores entre muestras, mas no existe un cambio representativo entre las repeticiones de una misma muestra.

Tabla 3.8 Principales componentes nutricionales del chocho

Código	%Humedad	%Cenizas	%Proteína	%Grasa	%Fibra	%ELN
CH1	70,12	0,82	16,38	5,09	5,27	2,33
	70,42	0,81	16,21	4,97	5,06	2,52
	70,65	0,80	16,02	5,08	5,18	2,28
CH2	70,02	0,78	15,64	5,63	5,38	2,56
	70,27	0,75	15,47	5,60	5,16	2,75
	70,56	0,71	15,41	5,55	5,24	2,52
CH3	70,00	0,82	16,47	5,29	5,89	1,53
	70,02	0,81	16,39	5,37	5,74	1,66
	70,45	0,75	16,20	5,22	5,65	1,74
CH4	72,47	1,50	14,61	5,63	5,43	0,36
	72,77	1,50	14,36	5,62	5,30	0,44
	72,23	1,45	14,64	5,78	5,47	0,42
CH5	72,11	0,66	13,56	5,14	5,28	3,25
	71,74	0,68	13,68	5,18	5,23	3,49
	72,33	0,62	13,44	5,06	5,18	3,37

En la Tabla 3.8 se observa que, en general, las variaciones entre muestras son mínimas a excepción del contenido de ceniza, en este caso existen diferencias entre valores y se destaca la muestra CH3, que es la que más se aleja. Posiblemente, el factor procedencia es también determinante en este caso, para ello es necesario aplicar las pruebas estadísticas indicadas.

A continuación se hace un análisis más específico de los resultados, dependiendo del parámetro (humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra), no se incluye el ELN debido a que no se lo determinó de forma analítica.

Se obtienen el promedio y desviación estándar con el objetivo de tener más herramientas que permitan determinar la confiabilidad del método y analizar los resultados obtenidos.

3.2.1 HUMEDAD

Tabla 3.9 Promedio de los porcentajes de humedad de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	12,76	11,09	7,54	64,82	89,86	69,83	70,40
2	12,13	11,08	8,77	64,19	89,59	70,08	70,28
3	12,44	10,84	8,04	63,22	90,12	68,38	70,16
4	10,74	8,54	7,36	63,73	90,51	66,48	72,49
5	10,18	3,88	4,94	63,61	89,38	73,85	72,06
\bar{X}	11,65	9,09	7,33	63,92	89,89	69,72	71,08

En general, en las muestras de harinas y avena (cereales) el porcentaje de humedad es bajo (menor al 13%); esto normalmente se debe a que estos alimentos necesitan condiciones de bajo contenido de agua para su moliendo y posterior almacenamiento, caso contrario, existe el riesgo de que desarrollen hongos o bacterias que harían que estos alimentos no sean aptos para el consumo humano. Entre las muestras de harina de maíz no existen variaciones representativas en el contenido de humedad; en la harina de trigo integral uno de los promedios tiene un valor atípico (HT5, ver Tabla 3.9), por lo que es necesario aplicar la prueba de Dixon como una herramienta estadística que permitirá saber si el dato puede ser rechazado. De esta manera se evitará la que afecte las pruebas posteriores.

Se presenta un caso similar en la avena, por ello se procedió a realizar la prueba para las dos muestras.

Tabla 3.10 Prueba de Dixon para valores de humedad de muestras HT5 y AV5

Código	Valor atípico	Diferencia más próximo	Espacio entre mayor y menor	Qcalculada	Qteórica	Resultado
HT5	3,88	4,66	7,21	0,646	0,642	Valor descartado
AV5	4,94	2,42	3,83	0,632	0,642	Valor aceptado

Como se observa en la Tabla 3.10 el porcentaje de humedad promedio de la muestra 5 de harina de trigo integral se descarta al realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos, caso contrario con la avena.

En la harina de trigo integral después de rechazar los datos de la muestra con un valor atípico no se observan variaciones significativas en el rango de contenido de humedad y, finalmente, en la avena el valor de humedad de una de las muestras (AV5) se aleja de la media y de los demás resultados; sin embargo, no es rechazado, por ello que es importante tomar en cuenta que este tipo de diferencias se puede dar por las condiciones en que se procesa este alimento. Al ser la avena y las harinas alimentos semiprocesados, cada marca controla las condiciones en las que se entrega el producto y al observar las características de la muestra AV5, fue evidente que existían diferencias en comparación con las demás muestras de avena, incluso el contenedor tiene un cierre hermético, característica a la que se le puede atribuir la diferencia en este parámetro a la muestra marca Schullo (AV5).

Los alimentos comercializados frescos, dentro de los cuales están las raíces y tubérculos, y el chocho como leguminosa, poseen altos contenidos de humedad; este hecho implica que sea necesario que se consuman frescos debido a que una elevada cantidad de agua permite la proliferación de bacterias y hongos, por ello el tiempo de vida de la yuca, zanahoria blanca, zanahoria amarilla y chocho es corto. En ninguno de los casos existieron valores atípicos que requieran que se aplique alguna prueba estadística. Dentro de este tipo de alimentos se tienen similitudes ya que no se realiza ningún tipo de procesamiento previo y que los productos se comercializan en un período determinado a partir de la cosecha.

Tabla 3.11 Desviación estándar del porcentaje de humedad de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	0,27	0,001	0,01	0,32	0,33	0,22	0,26
2	0,08	0,03	0,089	0,17	0,11	0,16	0,27
3	0,07	0,06	0,02	0,18	0,22	0,36	0,25
4	0,12	0,11	0,04	0,14	0,19	0,21	0,27
5	0,09	-	0,03	0,43	0,36	0,17	0,30
S_{TOTAL}	1,13	1,24	1,44	0,62	0,44	2,72	1,11

En la Tabla 3.11 los valores de las desviaciones estándar totales son mayores que los de las desviaciones en las repeticiones de cada una de las muestras. Además, la desviación estándar en el parámetro humedad es mayor debido a que el contenido de agua se controla

solamente en los alimentos semiprocados, e incluso con este precedente, estos presentan diferencias significativas considerables entre los valores de las muestras, razón que demuestra que el control de calidad en el procesamiento no es el mismo.

Después de realizar la prueba de Dixon y con el resultado de que el valor de la muestra HT5 puede ser rechazado, los valores de media y desviación estándar de este alimento son:

Tabla 3.12 Media y desviación estándar de la humedad de la harina de trigo sin valor descartado

Muestra	Media	Desviación estándar
Harina de trigo integral	10,39	1,24

3.2.2 CENIZAS

Tabla 3.13 Promedio del porcentaje de cenizas de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	1,42	1,60	1,31	1,79	0,98	1,23	0,81
2	1,11	1,56	1,87	1,07	0,99	1,30	0,75
3	1,16	1,67	1,49	0,94	1,12	1,35	0,79
4	1,24	1,63	1,54	0,86	0,74	1,42	1,48
5	1,12	1,85	1,73	1,07	0,53	1,86	0,65
\bar{X}	1,21	1,67	1,59	1,15	0,87	1,43	0,90

En el caso de los cereales el contenido de cenizas es similar entre sí, siendo esta una característica de los alimentos que son ricos en minerales. Las pequeñas diferencias se muestran dependiendo del lugar en el que se adquirieron. De todos los cereales el que más variaciones presenta es la avena, puede deberse a cambios en la forma de cultivo y las características tanto del suelo como del tipo de grano que se obtenga.

Los alimentos frescos contienen menores cantidades de cenizas que los cereales, además, entre muestras se presentan rangos amplios entre los valores, lo que puede deberse a que son de distintas procedencia. Hay que tomar en cuenta que los valores de los alimentos frescos se presentan en el producto tal como ofrecido, es decir incluyendo el contenido de humedad. Si se presentaran valores en muestra seca, existirían diferencias con los productos que son semiprosesados; principalmente, porque el peso de materia seca de estos últimos no varía significativamente, por su bajo contenido de humedad.

Tabla 3.14 Desviación estándar del porcentaje de cenizas de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05	0,08	0,01
2	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,09	0,03
3	0,02	0,09	0,01	0,02	0,04	0,09	0,04
4	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,10	0,03
5	0,01	0,03	0,02	0,03	0,04	0,07	0,03
S_{TOTAL}	0,13	0,11	0,21	0,37	0,24	0,25	0,33

En la determinación de cenizas, en todos los casos es evidente que las desviaciones entre repeticiones de una misma muestra no difieren, en cambio entre muestras existe una mayor diferencia entre los valores lo que es coherente con lo analizado en los promedios, es decir, que los resultados varían dependiendo de la procedencia del producto.

Es importante aclarar que aunque existen diferencias estas se ubican dentro de los rangos observados en la bibliografía [30].

3.2.3 PROTEINA

Tabla 3.15 Promedio del porcentaje de proteína bruta de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	7,12	11,78	12,23	0,68	0,36	0,73	16,20
2	8,05	11,89	11,12	0,76	0,79	1,30	15,51
3	8,41	14,14	11,35	0,38	0,50	1,67	16,35
4	9,36	12,02	12,10	0,44	0,60	1,44	14,54
5	9,42	12,34	10,35	0,47	0,49	0,55	13,56
\bar{X}	8,47	12,43	11,43	0,55	0,55	1,14	15,23

Con los datos que se presentan en la Tabla 3.15 se muestra que el contenido de proteína en cereales es considerable y varía dependiendo del alimento que se analice: la harina de

maíz, es el cereal que menos contenido de proteína presenta, seguido por la avena y finalmente el de mayor contenido es la harina de trigo integral.

En los tres casos los valores promedio entre muestras no son uniformes, es decir tienen una variación en un rango de alrededor del 2%, como son productos semiprocados esto puede deberse por la procedencia de los alimentos; y en el caso de las harinas, por cómo son procesados los granos; sin embargo a pesar de las diferencias los valores están en conformidad con lo que se presenta en la literatura [30].

Las raíces y tubérculos presentan valores bajos de contenido de proteína siendo el de mayor contenido la zanahoria blanca, sin embargo, los valores de las muestras de este alimento varían mucho entre sí; esto quiere decir que el contenido de nutrientes de un alimento depende de su procedencia; de igual forma en el caso de la zanahoria amarilla y la yuca. Además las variaciones pueden depender también de la época en la que se realice la cosecha, ya que mientras mayor es el proceso de maduración los contenidos de proteína tienen a disminuir [31].

Finalmente, el chocho es una leguminosa que posee un alto contenido de proteínas, 15,23% en producto tal como ofrecido; sin embargo, tiene un alto contenido de humedad, 71,08% (ver Tabla 3.9), por lo que si se analiza la muestra seca se tendría más del 50% de contenido de proteína, resultando ser una opción adecuada para una dieta rica en proteínas y confirma lo que se sabe sobre él. Se presentan variaciones entre muestras obtenidas en distintos lugares, también debido a diferencias en las características de cultivo y cosecha.

Tabla 3.16 Desviación estándar del porcentaje de proteína bruta de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	0,15	0,04	0,12	0,06	0,10	0,01	0,18
2	0,12	0,01	0,19	0,06	0,01	0,02	0,12
3	0,17	0,06	0,06	0,01	0,01	0,02	0,14
4	0,03	0,08	0,11	0,01	0,01	0,01	0,15
5	0,08	0,15	0,08	0,04	0,01	0,01	0,12
S_{TOTAL}	0,96	0,97	0,77	0,16	0,16	0,48	1,18

Referente al análisis de proteína bruta, se puede determinar que los valores dentro de las repeticiones de cada muestra de alimento son menores a la desviación estándar entre las medias de estas repeticiones. Esto confirma que las diferencias entre los resultados obtenidos se dan por la variación del lugar de procedencia de las muestras. Además, por los valores bajos de desviación estándar, entre repeticiones de una misma muestra, se determina que el método es adecuado para el análisis proximal, descartando la presencia de errores aleatorios durante el análisis.

Dentro del análisis de proteína bruta, también es posible ubicar a los datos obtenidos dentro de los rangos que se muestran en la literatura o tablas de referencia [30].

3.2.4 GRASA

Tabla 3.17 Promedio del porcentaje de grasa de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	4,94	1,94	7,59	0,17	0,11	0,10	5,05
2	3,85	2,05	5,72	0,12	0,09	0,19	5,60
3	3,45	5,52	8,23	0,28	0,09	0,06	5,29
4	3,47	3,11	8,03	0,33	0,08	0,06	5,68
5	4,01	2,03	7,95	0,36	0,09	0,07	5,13
\bar{X}	3,97	2,93	7,50	0,25	0,09	0,10	5,35

De acuerdo a lo que se observa en la Tabla 3.17, el contenido de grasa (extracto etéreo) de los cereales varía dependiendo del alimento, siendo la harina de trigo integral la de menor cantidad (2,93%) y la avena la de mayor (7,50%). Es importante tomar en cuenta que dentro de las muestras de harina de trigo existen diferencias entre valores; el rango entre el menor valor (1,94%) y el mayor (5,52%) es amplio. La variación puede deberse a que es un alimento semiprocésado, sobre todo, por aquellos que no son sometidos a un proceso de control de calidad; la harina de trigo integral, además, depende de cómo se procese al grano antes de la molienda, ya sea entero o solamente con una parte de la cáscara.

Las raíces y tubérculos tienen cantidades bajas de grasa, menores al 1%. También se observan variaciones entre muestras, principalmente en la yuca y la zanahoria blanca, como se ha indicado anteriormente, estas diferencias se producen por la variación de los lugares y las condiciones de producción de estos alimentos.

En el caso de la leguminosa, chocho, se observa que contiene un contenido de grasa considerable que en producto tal como ofrecido es del 5%, porcentaje que aumenta a alrededor del 20% si se lo presenta como contenido de extracto etéreo en muestra seca. Esto está en conformidad con lo que se encuentra en la bibliografía, generalmente, las leguminosas contienen contenidos similares de grasa.

Tabla 3.18 Desviación estándar del porcentaje de grasa de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	0,06	0,05	0,07	0,02	0,01	0,0	0,07
2	0,03	0,18	0,07	0,01	0,01	0,01	0,04
3	0,02	0,05	0,08	0,04	0,01	0,01	0,08
4	0,02	0,25	0,12	0,05	0,01	0,01	0,09
5	0,10	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,06
S_{TOTAL}	0,61	1,52	1,02	0,10	0,01	0,06	0,28

Se observa que existe una mayor desviación en la determinación del contenido de grasa de la harina de trigo integral, al observar la tabla 3.17 es evidente la variación en el promedio

de cada una de las cinco muestras de harina integral y la diferencia con el valor promedio, razón por la cual existe el valor elevado de s, estas variaciones en el contenido de extracto etéreo también pueden deberse a las diferencias en el alimento en sí ya sea por el tipo, las condiciones de siembra, origen y el procesamiento del trigo.

En los demás alimentos se repite el patrón de los parámetros analizados anteriormente en que las diferencias se dan mayoritariamente entre muestras, mas no son significativas entre las repeticiones, es decir, que factores como la procedencia, cultivo y procesamiento de los alimentos son los que producen las diferencias.

3.2.5 FIBRA

Tabla 3.19 Promedio del porcentaje de fibra de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	1,49	2,06	2,31	1,39	0,26	0,75	5,17
2	1,33	2,04	2,07	0,99	0,21	0,69	5,26
3	1,32	6,88	1,27	0,96	0,16	0,78	5,76
4	1,11	2,43	1,03	0,93	0,20	0,83	5,40
5	0,91	2,38	2,20	0,93	0,24	0,64	5,23
\bar{X}	3,97	2,93	7,50	0,25	0,09	0,10	5,35

En el caso de la fibra, cada alimento analizado depende de las características de la familia de vegetales a la que pertenece (cereales, tubérculos o leguminosas). Los cereales como el

trigo, la avena y el maíz, contienen una gran cantidad de fibra, especialmente la harina de trigo integral ya que no tiene el mismo proceso de refinación de la harina de maíz, es decir, contiene sus envolturas celulósicas y por ende mayor cantidad de fibra. Como se ha indicado previamente en la muestra HT3 existe una diferencia en comparación con las demás, sin embargo, como también ha presentado diferencias en parámetros anteriores se puede tomar en cuenta dentro del análisis, ya que al ser una muestra sin marca, permite tener una referencia de cómo varían los resultados en comparación con las muestras que son sometidas a procesos de control calidad rigurosos.

La yuca, zanahoria blanca y amarilla contienen cantidades similares de fibra, menores al 2% en producto tal como ofrecido. Además, en las muestras de un mismo alimento, los valores se diferencian unos con otros dependiendo de la procedencia de la muestra.

Tabla 3.20 Desviación estándar del porcentaje de fibra de los alimentos analizados

Muestra	Harina		Avena	Yuca	Zanahoria		Chocho
	Maíz	Trigo integral			Amarilla	Blanca	
Código	HM	HT	AV	YC	ZA	ZB	CH
1	0,08	0,11	0,24	0,03	0,02	0,03	0,10
2	0,056	0,05	0,09	0,04	0,02	0,02	0,11
3	0,14	0,13	0,03	0,02	0,02	0,02	0,12
4	0,05	0,12	0,09	0,03	0,01	0,02	0,09
5	0,02	0,08	0,07	0,04	0,02	0,02	0,05
STOTAL	0,22	2,09	0,58	0,20	0,04	0,08	0,24

Como se ha discutido anteriormente, referente al contenido de fibra, los valores de la desviación estándar total son mucho mayores que los de las desviaciones estándares de las repeticiones de las muestras individuales, así se determina que el método aplicado es adecuado y que, además, los errores sistemáticos no producen estas variaciones sino el parámetro que se toma en cuenta como variable entre muestras, que es la procedencia de los diferentes alimentos. Cabe recalcar, que en la harina de trigo el valor es mayor porque el trigo pasa por un proceso para convertirse en harina, por lo tanto, el contenido de fibra depende de la cantidad de germen con en el que se muele el grano. También hay harinas que pasan por controles de calidad, mientras otras no; por estas razones se espera que la desviación estándar sea mayor que en otros alimentos.

3.2.6 ANÁLISIS GENERAL

Dentro de todos los parámetros, es importante apuntar al hecho de que existe mayor diferencia entre los valores de los análisis cuando los alimentos son procesados (harinas y avena); en comparación con aquellos que se venden sin proceso alguno (yuca, zanahoria y chocho); esto puede deberse a que las condiciones del procesamiento varían de alimento en alimento.

Además, existen variaciones entre los valores de alimentos con marca respecto a aquellos de los que no se tiene una referencia clara de su procedencia; por ello se deduce, que al no saber si todos los alimentos son sometidos a un control de calidad, este factor también puede afectar a los resultados.

Tabla 3.21 Composición de los alimentos analizados y desviación en los análisis de humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra

ALIMENTO	%HUMEDAD	%CENIZAS	%PROTEÍNA	%GRASA	%FIBRA
Harina de maíz	11,65	1,21	8,47	3,95	1,23
<i>S_{TOTAL}</i>	<i>1,13</i>	<i>0,12</i>	<i>0,96</i>	<i>0,61</i>	<i>0,22</i>
Harina trigo integral	10,39	1,69	12,43	2,93	3,16
<i>S_{TOTAL}</i>	<i>1,24</i>	<i>0,11</i>	<i>0,97</i>	<i>1,52</i>	<i>2,09</i>
Avena	7,33	1,59	11,43	7,50	1,78
<i>S_{TOTAL}</i>	<i>1,44</i>	<i>0,21</i>	<i>0,77</i>	<i>1,02</i>	<i>0,58</i>
Yuca	63,92	1,15	0,55	0,25	1,04
<i>S_{TOTAL}</i>	<i>0,62</i>	<i>0,37</i>	<i>0,16</i>	<i>0,11</i>	<i>0,20</i>
Zanahoria amarilla	89,89	0,87	0,55	0,09	0,21
<i>S_{TOTAL}</i>	<i>0,44</i>	<i>0,23</i>	<i>0,16</i>	<i>0,01</i>	<i>0,04</i>
Zanahoria blanca	69,72	1,43	1,14	0,10	0,74
<i>S_{TOTAL}</i>	<i>2,72</i>	<i>0,25</i>	<i>0,48</i>	<i>0,06</i>	<i>0,08</i>
Chocho	71,08	0,90	15,23	5,35	5,36
<i>S_{TOTAL}</i>	<i>1,10</i>	<i>0,33</i>	<i>1,18</i>	<i>0,28</i>	<i>0,24</i>

3.3 PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN

3.3.1 PRUEBA T DE STUDENT

Utilizando la prueba t de Student se realizará una comparación de los valores obtenidos en este trabajo con los valores de contenido nutricional de la Tabla de Composición

Nutricional de los Alimentos Ecuatorianos (1965), con el objetivo de observar las diferencias que puedan existir en la composición de los siete alimentos con el paso del tiempo.

Los valores de los parámetros analizados en el laboratorio tomados de la tabla de 1965 son los siguientes:

Tabla 3.22 Valores de los nutrientes analizados tomados de la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos

Alimento	%Humedad	%Cenizas	%Proteína	%Grasa (extracto etéreo)	%Fibra
Harina de maíz	12,5	1,3	6,7	5,2	1,1
Avena	10,7	1,5	12,1	7,7	1,7
Yuca	63,1	0,8	0,6	0,2	1,0
Zanahoria blanca	71,1	0,9	1,0	0,1	0,6
Zanahoria amarilla	88,4	0,7	0,7	0,2	0,9
Chocho	71,3	0,4	17,3	7,4	1,0

Para realizar la comparación entre los resultados obtenidos en el actual trabajo y los valores de la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos hay que tomar en cuenta ciertos parámetros: primero, que los valores de la tabla (promedios) se toman como valores aceptados debido a que no se tiene mayor información acerca de los mismos; segundo, que no es posible realizar una comparación de los métodos utilizados en el año 1965 con los utilizados en este trabajo ya que no se cuenta con información como el número de muestras tomadas o la desviación estándar de los métodos utilizados en ese año.

Tomando en cuenta estas consideraciones y tomando los valores promedio como aceptados se utiliza la fórmula de prueba t:

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

En la tabla del año 1965 no existen datos acerca de la harina de trigo integral, por lo que no se realizará el análisis utilizando esta prueba.

La hipótesis nula (H_0) es este caso es que al realizar la comparación no existen diferencias significativas entre los valores dados a los distintos parámetros analizados, en la tabla de 1965 y los resultados del actual trabajo. Se va a aceptar o rechazar esta hipótesis de dos maneras; la primera al calcular los intervalos de confianza (IC) con los datos obtenidos en los análisis actuales y observando si los valores dados en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatoriana están dentro de estos IC. Estos intervalos han sido calculados utilizando la desviación estándar total de las 15 muestras analizadas por cada alimento, en todos los parámetros.

En la segunda forma se determina el parámetro t calculado y se compara con el t teórico (valor crítico) tomado de la tabla t de Student, en este caso asumiendo t al 95% el valor crítico es 2,145; si t calculado excede este valor se determinará que sí existen diferencias significativas, rechazando así la hipótesis nula.

Tabla 3.23 Intervalos de confianza y resultados de la prueba t de Student para seis alimentos analizados

Parámetro	Alimento	Valor tabla 65	Intervalo de confianza	Valor crítico	t calculado	Resultado
Humedad	Harina de maíz	12,5	11,07 – 12,23	2,145	3,1317	H ₀ rechazada
	Avena	10,7	6,59 – 8,07	2,145	9,7607	H ₀ rechazada
	Yuca	63,1	63,58 – 64,26	2,145	5,1615	H ₀ rechazada
	Zanahoria amarilla	71,1	89,63 – 90,15	2,145	156,0990	H ₀ rechazada
	Zanahoria blanca	88,4	68,32 – 71,12	2,145	28,6876	H ₀ rechazada
	Chocho	71,3	70,50 – 71,66	2,145	0,8108	H₀ aceptada
Ceniza	Harina de maíz	1,3	1,14 – 1,28	2,145	2,8784	H ₀ rechazada
	Avena	1,5	1,48 – 1,70	2,145	1,7516	H₀ aceptada
	Yuca	0,8	0,96 – 1,34	2,145	3,9417	H ₀ rechazada
	Zanahoria amarilla	0,9	0,75 – 0,99	2,145	0,5277	H₀ aceptada
	Zanahoria blanca	0,7	1,29 – 1,57	2,145	11,5777	H ₀ rechazada
	Chocho	0,4	0,73 – 1,07	2,145	6,2609	H ₀ rechazada
Proteína	Harina de maíz	6,7	7,97 – 8,97	2,145	7,6398	H ₀ rechazada
	Avena	12,1	11,03 – 11,83	2,145	3,6080	H ₀ rechazada
	Yuca	0,6	0,46 – 0,64	2,145	1,2445	H₀ aceptada
	Zanahoria amarilla	1,0	0,47- 0,63	2,145	11,9047	H ₀ rechazada
	Zanahoria blanca	0,7	0,90 – 1,38	2,145	3,8555	H ₀ rechazada
	Chocho	17,3	14,62 – 15,84	2,145	7,3042	H ₀ rechazada
Grasa (extracto etéreo)	Harina de maíz	5,2	3,64 – 4,26	2,145	8,5746	H ₀ rechazada
	Avena	7,7	6,97 – 8,03	2,145	0,8157	H₀ aceptada
	Yuca	0,2	0,19 – 0,31	2,145	1,9154	H₀ aceptada
	Zanahoria amarilla	0,1	0,08 – 0,10	2,145	2,8065	H ₀ rechazada
	Zanahoria blanca	0,2	0,07 – 0,13	2,145	7,3352	H ₀ rechazada
	Chocho	7,4	5,20 – 5,50	2,145	30,0061	H ₀ rechazada
Fibra	Harina de maíz	1,1	1,11 – 1,35	2,145	2,2032	H ₀ rechazada
	Avena	1,7	1,48 – 2,08	2,145	0,5645	H₀ aceptada
	Yuca	1,0	0,94 – 1,14	2,145	0,8369	H₀ aceptada
	Zanahoria amarilla	0,6	0,19 – 0,23	2,145	39,0301	H ₀ rechazada
	Zanahoria blanca	0,9	0,70 – 0,78	2,145	8,4771	H ₀ rechazada
	Chocho	1,0	5,23 – 5,49	2,145	71,7646	H ₀ rechazada

Se puede observar que existe una mayor cantidad de valores que presentan diferencias significativas entre sí. Existe también un número considerable de valores que a pesar del tiempo de diferencia de los análisis de composición no presentan diferencias de mayor significación, sobre todo en el caso de la yuca que solamente presenta variación en el contenido de cenizas. Caso contrario se observa con la zanahoria blanca que presenta divergencias en todos los parámetros analizados.

3.3.2 ANOVA

Con el objetivo de determinar si las muestras de cada uno de los siete alimentos analizados pertenecen a una misma población se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA). El primer paso fue verificar que se cumplan los requerimientos para realizar la prueba para lo cual se aplicó el test de Cochran para determinar la homogeneidad de las varianzas.

Para este test la hipótesis nula (H_0) es que las varianzas son homogéneas. Se acepta H_0 cuando el valor Q_c teórico, tomado de la tabla de Cochran con una confiabilidad del 95%, es mayor al Q_c calculado.

Tabla 3.24 Test de Cochran

Parámetro	Alimento	Qc Teórico	Qc Calculado	Resultado
HUMEDAD	Harina de maíz	0,7450	0,6744	Ho aceptada
	Harina trigo integral	0,7450	0,7383	Ho aceptada
	Avena	0,7450	0,6874	Ho aceptada
	Yuca	0,7450	0,4874	Ho aceptada
	Zanahoria amarilla	0,7450	0,3854	Ho aceptada
	Zanahoria blanca	0,7450	0,4788	Ho aceptada
	Chocho	0,7450	0,2413	Ho aceptada

CENIZAS	Harina de maíz	0,7450	0,6085	Ho aceptada
	Harina trigo integral	0,7450	0,7028	Ho aceptada
	Avena	0,7450	0,4949	Ho aceptada
	Yuca	0,7450	0,4713	Ho aceptada
	Zanahoria amarilla	0,7450	0,4274	Ho aceptada
	Zanahoria blanca	0,7450	0,2541	Ho aceptada
	Chocho	0,7450	0,3352	Ho aceptada
PROTEINA	Harina de maíz	0,7450	0,3986	Ho aceptada
	Harina trigo integral	0,7450	0,6674	Ho aceptada
	Avena	0,7450	0,5109	Ho aceptada
	Yuca	0,7450	0,4674	Ho aceptada
	Zanahoria amarilla	0,7450	0,2047	Ho aceptada
	Zanahoria blanca	0,7450	0,5722	Ho aceptada
	Chocho	0,7450	0,3045	Ho aceptada
GRASA	Harina de maíz	0,7450	0,6463	Ho aceptada
	Harina trigo integral	0,7450	0,6166	Ho aceptada
	Avena	0,7450	0,4827	Ho aceptada
	Yuca	0,7450	0,4563	Ho aceptada
	Zanahoria amarilla	0,7450	0,0000	Ho aceptada
	Zanahoria blanca	0,7450	0,3509	Ho aceptada
	Chocho	0,7450	0,3325	Ho aceptada
FIBRA	Harina de maíz	0,7450	0,5790	Ho aceptada
	Harina trigo integral	0,7450	0,3434	Ho aceptada
	Avena	0,7450	0,7195	Ho aceptada
	Yuca	0,7450	0,3060	Ho aceptada
	Zanahoria amarilla	0,7450	0,3044	Ho aceptada
	Zanahoria blanca	0,7450	0,3520	Ho aceptada
	Chocho	0,7450	0,3119	Ho aceptada

Según lo observado en todos los casos la hipótesis nula se acepta por lo que se puede concluir que existe homogeneidad entre las varianzas y se puede proceder a aplicar el ANOVA.

Posteriormente, se realizan los cálculos necesarios de las cinco muestras de los siete alimentos, se obtiene finalmente un valor F que será comparado con el F teórico que en

este caso toma un valor de 3,48; cualquier valor calculado de F mayor permitirá concluir que por lo menos una de las medias no pertenece a la misma población. En este caso H_0 es: no existen diferencias significativas entre las muestras de un mismo alimento.

Tabla 3.25 Resultados ANOVA de los cinco nutrientes analizados en harina de maíz

HUMEDAD						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	15,2603	3,8151	3,48	182,49	Ho rechazada
Error	10	0,2091	0,0209			
Total	14	15,4694	-			
CENIZAS						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,1968	0,0492	3,48	75,52	Ho rechazada
Error	10	0,0065	0,0007			
Total	14	0,2033	-			
PROTEINA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	11,0913	2,7728	3,48	188,21	Ho rechazada
Error	10	0,1473	0,0147			
Total	14	11,2386	-			
GRASA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	4,4223	1,1056	3,48	376,46	Ho rechazada
Error	10	0,0294	0,0029			
Total	14	4,4517	-			
FIBRA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,6075	0,1519	3,48	23,67	Ho rechazada
Error	10	0,0642	0,0064			
Total	14	0,6717	-			

Tabla 3.26 Resultados ANOVA de los cinco nutrientes analizados en harina de trigo integral

HUMEDAD						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F práctico	Resultado
Entre grupos	4	13,7733	3,4433	3,48	1051,0545	Ho rechazada
Error	10	0,0328	0,0033			
Total	14	13,8061	-			
CENIZAS						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,1530	0,0383	3,48	15,8732	Ho rechazada
Error	10	0,0241	0,0024			
Total	14	0,1771	-			
PROTEINA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	11,4432	2,8608	3,48	405,98	Ho rechazada
Error	10	0,0705	0,0070			
Total	14	11,5137	-			
GRASA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	27,9150	6,9788	3,48	333,62	Ho rechazada
Error	10	0,2092	0,0209			
Total	14	28,1242	-			
FIBRA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	52,3323	13,0831	3,48	1245,87	Ho rechazada
Error	10	0,1043	0,0104			
Total	14	52,4366	-			

Tabla 3.27 Resultados ANOVA de los cinco nutrientes analizados en avena

HUMEDAD						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	25,0044	6,2511	3,48	2740,94	Ho rechazada
Error	10	0,0228	0,0023			
Total	14	25,0272	-			
CENIZAS						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,5667	0,1417	3,48	196,67	Ho rechazada
Error	10	0,0072	0,0007			
Total	14	0,5739	-			
PROTEINA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	7,0842	1,7711	3,48	122,40	Ho rechazada
Error	10	0,1447	0,0145			
Total	14	7,2289	-			
GRASA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	12,5784	3,1446	3,48	516,90	Ho rechazada
Error	10	0,0608	0,0061			
Total	14	12,6392	-			
FIBRA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	4,0920	1,0230	3,48	61,49	Ho rechazada
Error	10	0,1664	0,0166			
Total	14	4,2584	-			

Tabla 3.28 Resultados ANOVA de los cinco nutrientes analizados en yuca

HUMEDAD						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	4,5153	1,1288	3,48	14,83	Ho rechazada
Error	10	0,7613	0,0761			
Total	14	5,2766	-			
CENIZAS						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	1,6518	0,4130	3,48	395,66	Ho rechazada
Error	10	0,0104	0,0010			
Total	14	1,6622	-			
PROTEINA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,3252	0,0813	3,48	43,85	Ho rechazada
Error	10	0,0185	0,0019			
Total	14	0,3437	-			
GRASA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,1281	0,0320	3,48	28,60	Ho rechazada
Error	10	0,0112	0,0011			
Total	14	0,1393	-			
FIBRA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,4668	0,1167	3,48	121.80	Ho rechazada
Error	10	0,0096	0,0010			
Total	14	0,4764	-			

Tabla 3.29 Resultados ANOVA de los cinco nutrientes analizados en zanahoria amarilla

HUMEDAD						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	2,3649	0,5912	3,48	8,72	Ho rechazada
Error	10	0,6781	0,0678			
Total	14	3,0430	-			
CENIZAS						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,6645	0,1661	3,48	129,90	Ho rechazada
Error	10	0,0128	0,0013			
Total	14	0,6773	-			
PROTEINA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,3069	0,0767	3,48	745,05	Ho rechazada
Error	10	0,0010	0,0001			
Total	14	0,3079	-			
GRASA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,0027	0,0007	3,48	20,95	Ho rechazada
Error	10	0,0003	0,00003			
Total	14	0,0030	-			
FIBRA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,0180	0,0045	3,48	15,33	Ho rechazada
Error	10	0,0029	0,0003			
Total	14	0,0209	-			

Tabla 3.30 Resultados ANOVA de los cinco nutrientes analizados para la zanahoria blanca

HUMEDAD						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	88.4754	22,1189	3,48	402,37	Ho rechazada
Error	10	0,5497	0,0550			
Total	14	89,0251	-			
CENIZAS						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,7449	0,1862	3,48	23,21	Ho rechazada
Error	10	0,0802	0,0080			
Total	14	0,8251	-			
PROTEINA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	2,7381	0,6845	3,48	3014,37	Ho rechazada
Error	10	0,0023	0,0002			
Total	14	2,7404	-			
GRASA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,0366	0,0092	3,48	103,29	Ho rechazada
Error	10	0,0009	0,0001			
Total	14	0,0375	-			
FIBRA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,0669	0,0167	3,48	26,29	Ho rechazada
Error	10	0,0064	0,0006			
Total	14	0,0733	-			

Tabla 3.31 Resultados ANOVA de los cinco nutrientes analizados en chocho

HUMEDAD						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	14,6919	3,6730	3,48	49,65	Ho rechazada
Error	10	0,7398	0,0740			
Total	14	15,4317	-			
CENIZAS						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	1,3248	0,3312	3,48	365,31	Ho rechazada
Error	10	0,0091	0,0009			
Total	14	1,3339	-			
PROTEINA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F práctico	Resultado
Entre grupos	4	16,6161	4,1540	3,48	205,34	Ho rechazada
Error	10	0,2023	0,0202			
Total	14	16,8184	-			
GRASA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,9402	0,2351	3,48	50,68	Ho rechazada
Error	10	0,0464	0,0046			
Total	14	0,9866	-			
FIBRA						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F Práctico	Resultado
Entre grupos	4	0,6738	0,1685	3,48	17,31	Ho rechazada
Error	10	0,0973	0,0097			
Total	14	0,7711	-			

A continuación se realizará el análisis de las de los resultados de ANOVA en los siete alimentos debido a que se obtuvo el mismo resultado en todos los casos.

Una vez realizado el análisis de varianza (ANOVA) a los parámetros obtenidos experimentalmente, el resultado es que en todas las muestras la hipótesis nula fue rechazada, es decir, que por lo menos una de las muestras en cada alimento no pertenece a la misma población que las demás, o que existen diferencias significativas entre los contenidos nutricionales entre las muestras de un mismo alimento; esto se debe a que las muestras son de distinta procedencia.

El análisis estadístico realizado con esta herramienta tiene un nivel de confianza del 95% y además no permite saber cuál o cuáles de las muestras presentan las diferencias, por ello es necesario realizar un análisis con una herramienta estadística de mayor especificidad.

3.3.3 PRUEBA DHS TUKEY

Después de aplicado el Análisis de Varianza y con los resultados obtenidos es necesario aplicar una herramienta más específica, en este caso la prueba DHS Tukey para saber cuáles son la o las medias cuyo contenido de nutrientes varía significativamente de las demás, para ello se hacen comparaciones entre todos los posibles pares de medias de las muestras recolectadas.

En este caso la hipótesis nula es que las muestras no presentan diferencias significativas entre sí. Luego de realizar una comparación entre medias, se relaciona el resultado con el valor DHS de la muestra, obtenido en el análisis de varianza; si el primer valor sobrepasa al DHS la hipótesis nula es rechazada y, por lo tanto, existen diferencias entre las dos muestras comparadas.

Tabla 3.32 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en harina de maíz

HUMEDAD			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HM1 con HM2	0,63	0,39	Ho rechazada
HM1 con HM3	0,32	0,39	Ho aceptada
HM1 con HM4	2,02	0,39	Ho rechazada
HM1 con HM5	2,58	0,39	Ho rechazada
HM2 con HM3	0,31	0,39	Ho aceptada
HM2 con HM4	1,39	0,39	Ho rechazada
HM2 con HM5	1,95	0,39	Ho rechazada
HM3 con HM4	1,70	0,39	Ho rechazada
HM3 con HM5	2,26	0,39	Ho rechazada
HM4 con HM5	0,56	0,39	Ho rechazada
CENIZA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HM1 con HM2	0,31	0,07	Ho rechazada
HM1 con HM3	0,26	0,07	Ho rechazada
HM1 con HM4	0,18	0,07	Ho rechazada
HM1 con HM5	0,30	0,07	Ho rechazada
HM2 con HM3	0,05	0,07	Ho aceptada
HM2 con HM4	0,13	0,07	Ho rechazada
HM2 con HM5	0,01	0,07	Ho aceptada
HM3 con HM4	0,08	0,07	Ho rechazada
HM3 con HM5	0,04	0,07	Ho aceptada
HM4 con HM5	0,12	0,07	Ho rechazada
PROTEINA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HM1 con HM2	0,93	0,33	Ho rechazada
HM1 con HM3	1,29	0,33	Ho rechazada
HM1 con HM4	2,24	0,33	Ho rechazada
HM1 con HM5	2,30	0,33	Ho rechazada
HM2 con HM3	0,36	0,33	Ho rechazada
HM2 con HM4	1,31	0,33	Ho rechazada

HM2 con HM5	1,37	0,33	Ho rechazada
HM3 con HM4	0,95	0,33	Ho rechazada
HM3 con HM5	1,01	0,33	Ho rechazada
HM4 con HM5	0,06	0,33	Ho aceptada
GRASA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HM1 con HM2	1,09	0,14	Ho rechazada
HM1 con HM3	1,49	0,14	Ho rechazada
HM1 con HM4	1,47	0,14	Ho rechazada
HM1 con HM5	0,93	0,14	Ho rechazada
HM2 con HM3	0,40	0,14	Ho rechazada
HM2 con HM4	0,38	0,14	Ho rechazada
HM2 con HM5	0,16	0,14	Ho rechazada
HM3 con HM4	0,02	0,14	Ho aceptada
HM3 con HM5	0,56	0,14	Ho rechazada
HM4 con HM5	0,54	0,14	Ho rechazada
FIBRA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HM1 con HM2	0,16	0,22	Ho aceptada
HM1 con HM3	0,17	0,22	Ho aceptada
HM1 con HM4	0,38	0,22	Ho rechazada
HM1 con HM5	0,58	0,22	Ho rechazada
HM2 con HM3	0,01	0,22	Ho aceptada
HM2 con HM4	0,22	0,22	Ho rechazada
HM2 con HM5	0,42	0,22	Ho rechazada
HM3 con HM4	0,21	0,22	Ho aceptada
HM3 con HM5	0,41	0,22	Ho rechazada
HM4 con HM5	0,20	0,22	Ho aceptada

En lo referente al contenido de humedad en la harina de maíz, existe una diferencia significativa en la mayoría de los casos, no presentan variaciones solamente la muestra

HM1 con respecto a HM3 y HM2 (maíz crudo) con HM3 (maíz tostado); estas últimas son de la misma marca, sin embargo, se observa que en este caso no importa el tratamiento previo a la molienda para determinar el contenido de humedad.

En el contenido de cenizas y fibra, no existen diferencias significativas entre la muestra HM2 respecto a HM3, al ser de la misma marca demuestran que la procedencia es un factor importante que influye en el contenido de nutrientes. Estas muestras presentan diferencias en el contenido de proteína y grasa, estos nutrientes, en cambio, pueden verse afectados por la diferencia de tratamiento previo a la molienda que se le da al grano.

Tabla 3.33 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en harina de trigo integral

HUMEDAD			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HT1 con HT2	0,01	0,15	Ho aceptada
HT1 con HT3	0,25	0,15	Ho rechazada
HT1 con HT4	2,55	0,15	Ho rechazada
HT2 con HT3	0,24	0,15	Ho rechazada
HT2 con HT4	2,54	0,15	Ho rechazada
HT3 con HT4	2,30	0,15	Ho rechazada
CENIZA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HT1 con HT2	0,04	0,13	Ho aceptada
HT1 con HT3	0,07	0,13	Ho aceptada
HT1 con HT4	0,03	0,13	Ho aceptada
HT1 con HT5	0,28	0,13	Ho rechazada
HT2 con HT3	0,11	0,13	Ho aceptada
HT2 con HT4	0,07	0,13	Ho aceptada
HT2 con HT5	0,32	0,13	Ho rechazada

HT3 con HT4	0,04	0,13	Ho aceptada
HT3 con HT5	0,21	0,13	Ho rechazada
HT4 con HT5	0,25	0,13	Ho rechazada
PROTEINA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HT1 con HT2	0,11	0,22	Ho aceptada
HT1 con HT3	2,36	0,22	Ho rechazada
HT1 con HT4	0,24	0,22	Ho rechazada
HT1 con HT5	0,56	0,22	Ho rechazada
HT2 con HT3	2,25	0,22	Ho rechazada
HT2 con HT4	0,13	0,22	Ho aceptada
HT2 con HT5	0,45	0,22	Ho rechazada
HT3 con HT4	2,12	0,22	Ho rechazada
HT3 con HT5	1,80	0,22	Ho rechazada
HT4 con HT5	0,32	0,22	Ho rechazada
GRASA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HT1 con HT2	0,11	0,39	Ho aceptada
HT1 con HT3	3,58	0,39	Ho rechazada
HT1 con HT4	1,17	0,39	Ho rechazada
HT1 con HT5	0,09	0,39	Ho aceptada
HT2 con HT3	3,47	0,39	Ho rechazada
HT2 con HT4	1,06	0,39	Ho rechazada
HT2 con HT5	0,02	0,39	Ho aceptada
HT3 con HT4	2,41	0,39	Ho rechazada
HT3 con HT5	3,49	0,39	Ho rechazada
HT4 con HT5	1,08	0,39	Ho rechazada
FIBRA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
HT1 con HT2	0,02	0,27	Ho aceptada
HT1 con HT3	4,82	0,27	Ho rechazada
HT1 con HT4	0,37	0,27	Ho rechazada
HT1 con HT5	0,32	0,27	Ho rechazada

HT2 con HT3	4,84	0,27	Ho rechazada
HT2 con HT4	0,39	0,27	Ho rechazada
HT2 con HT5	0,34	0,27	Ho rechazada
HT3 con HT4	4,45	0,27	Ho rechazada
HT3 con HT5	4,50	0,27	Ho rechazada
HT4 con HT5	0,05	0,27	Ho aceptada

En general, los pares de muestras de harina de trigo integral presentan diferencias significativas en el contenido de al menos uno de los nutrientes. Las muestras HT1 Y HT2 no presentan diferencias significativas en ninguno de los parámetros, fenómeno q esperado, ya que las don son de marca Santa Lucía y la única diferencia es su presentación (empaquete y al granel); analizando este caso es posible concluir que la procedencia es un factor determinante para el contenido de nutrientes de un alimento.

También se observa que existe una mayor diferencia entre muestras con marca y aquellas que no tienen una marca específica; por ejemplo, HT1 y HT2 (con marca) presentan mayor diferencia con HT3 y HT4 (sin marca).

Tabla 3.34 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en avena

HUMEDAD			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
AV1 con AV2	1,23	0,13	Ho rechazada
AV1 con AV3	0,50	0,13	Ho rechazada
AV1 con AV4	0,18	0,13	Ho rechazada
AV1 con AV5	2,60	0,13	Ho rechazada
AV2 con AV3	0,73	0,13	Ho rechazada
AV2 con AV4	1,41	0,13	Ho rechazada

AV2 con AV5	3,83	0,13	Ho rechazada
AV3 con AV4	0,68	0,13	Ho rechazada
AV3 con AV5	3,10	0,13	Ho rechazada
AV4 con AV5	2,42	0,13	Ho rechazada
CENIZA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
AV1 con AV2	0,56	0,07	Ho rechazada
AV1 con AV3	0,18	0,07	Ho rechazada
AV1 con AV4	0,23	0,07	Ho rechazada
AV1 con AV5	0,42	0,07	Ho rechazada
AV2 con AV3	0,38	0,07	Ho rechazada
AV2 con AV4	0,33	0,07	Ho rechazada
AV2 con AV5	0,14	0,07	Ho rechazada
AV3 con AV4	0,05	0,07	Ho aceptada
AV3 con AV5	0,24	0,07	Ho rechazada
AV4 con AV5	0,19	0,07	Ho rechazada
PROTEINA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
AV1 con AV2	1,11	0,32	Ho rechazada
AV1 con AV3	0,90	0,32	Ho rechazada
AV1 con AV4	0,13	0,32	Ho aceptada
AV1 con AV5	1,88	0,32	Ho rechazada
AV2 con AV3	0,21	0,32	Ho aceptada
AV2 con AV4	0,98	0,32	Ho rechazada
AV2 con AV5	0,77	0,32	Ho rechazada
AV3 con AV4	0,77	0,32	Ho rechazada
AV3 con AV5	0,98	0,32	Ho rechazada
AV4 con AV5	1,75	0,32	Ho rechazada
GRASA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
AV1 con AV2	1,87	0,21	Ho rechazada
AV1 con AV3	0,64	0,21	Ho rechazada
AV1 con AV4	0,44	0,21	Ho rechazada

AV1 con AV5	0,36	0,21	Ho rechazada
AV2 con AV3	2,51	0,21	Ho rechazada
AV2 con AV4	2,31	0,21	Ho rechazada
AV2 con AV5	2,23	0,21	Ho rechazada
AV3 con AV4	0,20	0,21	Ho aceptada
AV3 con AV5	0,28	0,21	Ho rechazada
AV4 con AV5	0,08	0,21	Ho aceptada
FIBRA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
AV1 con AV2	0,24	0,35	Ho aceptada
AV1 con AV3	1,04	0,35	Ho rechazada
AV1 con AV4	1,28	0,35	Ho rechazada
AV1 con AV5	0,11	0,35	Ho aceptada
AV2 con AV3	0,80	0,35	Ho rechazada
AV2 con AV4	1,04	0,35	Ho rechazada
AV2 con AV5	0,13	0,35	Ho aceptada
AV3 con AV4	0,24	0,35	Ho aceptada
AV3 con AV5	0,93	0,35	Ho rechazada
AV4 con AV5	1,17	0,35	Ho rechazada

En la avena, respecto al contenido de humedad, se observa que todas las muestras presentan diferencias significativas, es decir, que a pesar de que todas son expandidas en supermercados y tienen marca, factores como la procedencia del grano y el empaque influyen en este parámetro.

El contenido de cenizas, proteína, grasa y fibra, también presenta diferencias entre la mayoría de muestras; de la misma manera, es posible que el hecho de que cada una de las muestras sea de una marca distinta, por lo tanto, de distinta procedencia, sea una de las razones para que se muestren variaciones en el contenido nutricional de este alimento.

Tabla 3.35 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en yuca

HUMEDAD			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
YC1 con YC2	0,63	0,74	Ho aceptada
YC1 con YC3	1,60	0,74	Ho rechazada
YC1 con YC4	1,09	0,74	Ho rechazada
YC1 con YC5	1,21	0,74	Ho rechazada
YC2 con YC3	0,97	0,74	Ho rechazada
YC2 con YC4	0,46	0,74	Ho aceptada
YC2 con YC5	0,58	0,74	Ho aceptada
YC3 con YC4	0,51	0,74	Ho aceptada
YC3 con YC5	0,39	0,74	Ho aceptada
YC4 con YC5	0,12	0,74	Ho aceptada
CENIZA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
YC1 con YC2	0,72	0,08	Ho rechazada
YC1 con YC3	0,85	0,08	Ho rechazada
YC1 con YC4	0,93	0,08	Ho rechazada
YC1 con YC5	0,72	0,08	Ho rechazada
YC2 con YC3	0,13	0,08	Ho rechazada
YC2 con YC4	0,21	0,08	Ho rechazada
YC2 con YC5	0,00	0,08	Ho aceptada
YC3 con YC4	0,08	0,08	Ho aceptada
YC3 con YC5	0,13	0,08	Ho rechazada
YC4 con YC5	0,21	0,08	Ho rechazada
PROTEINA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
YC1 con YC2	0,08	0,12	Ho aceptada
YC1 con YC3	0,30	0,12	Ho rechazada
YC1 con YC4	0,24	0,12	Ho rechazada
YC1 con YC5	0,21	0,12	Ho rechazada
YC2 con YC3	0,38	0,12	Ho rechazada
YC2 con YC4	0,32	0,12	Ho rechazada

YC2 con YC5	0,29	0,12	Ho rechazada
YC3 con YC4	0,06	0,12	Ho aceptada
YC3 con YC5	0,09	0,12	Ho aceptada
YC4 con YC5	0,03	0,12	Ho aceptada
GRASA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
YC1 con YC2	0,05	0,09	Ho aceptada
YC1 con YC3	0,11	0,09	Ho rechazada
YC1 con YC4	0,16	0,09	Ho rechazada
YC1 con YC5	0,19	0,09	Ho rechazada
YC2 con YC3	0,16	0,09	Ho rechazada
YC2 con YC4	0,21	0,09	Ho rechazada
YC2 con YC5	0,24	0,09	Ho rechazada
YC3 con YC4	0,05	0,09	Ho aceptada
YC3 con YC5	0,08	0,09	Ho aceptada
YC4 con YC5	0,03	0,09	Ho aceptada
FIBRA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
YC1 con YC2	0,40	0,08	Ho rechazada
YC1 con YC3	0,43	0,08	Ho rechazada
YC1 con YC4	0,46	0,08	Ho rechazada
YC1 con YC5	0,46	0,08	Ho rechazada
YC2 con YC3	0,03	0,08	Ho aceptada
YC2 con YC4	0,06	0,08	Ho aceptada
YC2 con YC5	0,06	0,08	Ho aceptada
YC3 con YC4	0,03	0,08	Ho aceptada
YC3 con YC5	0,03	0,08	Ho aceptada
YC4 con YC5	0,00	0,08	Ho aceptada

En la Tabla 3.35 se observa que en la mayoría de parámetros las muestras YC1 y YC2 son las que presentan diferencias significativas en relación a las otras tres muestras, al ser dos muestras obtenidas en mercados comparadas con YC4 y YC5 (muestras con marca), es

posible que esa sea la razón de las variaciones en el contenido de nutrientes, incluso, por el control de las características del producto que se lleva a cabo en las empresas que tienen una marca, en contraste con los pequeños productores que son los que abastecen los mercados. Sin embargo, cabe recalcar que hay excepciones a estas generalizaciones, por ejemplo, las muestras YC3 (sin marca) y YC4 (con marca) no presentan diferencias significativas en ninguno de los parámetros.

Tabla 3.36 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en zanahoria amarilla

HUMEDAD			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZA1 con ZA2	0,27	0,70	Ho aceptada
ZA1 con ZA3	0,26	0,70	Ho aceptada
ZA1 con ZA4	0,65	0,70	Ho aceptada
ZA1 con ZA5	0,48	0,70	Ho aceptada
ZA2 con ZA3	0,53	0,70	Ho aceptada
ZA2 con ZA4	0,92	0,70	Ho rechazada
ZA2 con ZA5	0,21	0,70	Ho aceptada
ZA3 con ZA4	0,39	0,70	Ho aceptada
ZA3 con ZA5	0,74	0,70	Ho rechazada
ZA4 con ZA5	1,13	0,70	Ho rechazada
CENIZA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZA1 con ZA2	0,01	0,10	Ho aceptada
ZA1 con ZA3	0,14	0,10	Ho rechazada
ZA1 con ZA4	0,24	0,10	Ho rechazada
ZA1 con ZA5	0,45	0,10	Ho rechazada
ZA2 con ZA3	0,13	0,10	Ho rechazada
ZA2 con ZA4	0,25	0,10	Ho rechazada
ZA2 con ZA5	0,46	0,10	Ho rechazada

ZA3 con ZA4	0,38	0,10	Ho rechazada
ZA3 con ZA5	0,59	0,10	Ho rechazada
ZA4 con ZA5	0,21	0,10	Ho rechazada
PROTEINA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZA1 con ZA2	0,43	0,03	Ho rechazada
ZA1 con ZA3	0,14	0,03	Ho rechazada
ZA1 con ZA4	0,24	0,03	Ho rechazada
ZA1 con ZA5	0,13	0,03	Ho rechazada
ZA2 con ZA3	0,29	0,03	Ho rechazada
ZA2 con ZA4	0,19	0,03	Ho rechazada
ZA2 con ZA5	0,30	0,03	Ho rechazada
ZA3 con ZA4	0,10	0,03	Ho rechazada
ZA3 con ZA5	0,01	0,03	Ho aceptada
ZA4 con ZA5	0,11	0,03	Ho rechazada
GRASA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZA1 con ZA2	0,00	0,02	Ho aceptada
ZA1 con ZA3	0,02	0,02	Ho aceptada
ZA1 con ZA4	0,03	0,02	Ho rechazada
ZA1 con ZA5	0,02	0,02	Ho aceptada
ZA2 con ZA3	0,02	0,02	Ho aceptada
ZA2 con ZA4	0,03	0,02	Ho rechazada
ZA2 con ZA5	0,02	0,02	Ho aceptada
ZA3 con ZA4	0,01	0,02	Ho aceptada
ZA3 con ZA5	0,00	0,02	Ho aceptada
ZA4 con ZA5	0,01	0,02	Ho aceptada
FIBRA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZA1 con ZA2	0,05	0,05	Ho aceptada
ZA1 con ZA3	0,10	0,05	Ho rechazada
ZA1 con ZA4	0,06	0,05	Ho rechazada
ZA1 con ZA5	0,02	0,05	Ho aceptada

ZA2 con ZA3	0,05	0,05	Ho aceptada
ZA2 con ZA4	0,01	0,05	Ho aceptada
ZA2 con ZA5	0,03	0,05	Ho aceptada
ZA3 con ZA4	0,04	0,05	Ho aceptada
ZA3 con ZA5	0,08	0,05	Ho rechazada
ZA4 con ZA5	0,04	0,05	Ho aceptada

En los parámetros humedad, grasa y fibra las diferencias entre muestras no son significativas en la mayoría de los casos, a excepción de algunos pares; normalmente, estos nutrientes están dentro del mismo rango de valores ya que el estado de maduración del vegetal es el mismo en todas las muestras.

En el caso de proteína y ceniza, la cantidad de estos nutrientes que un alimento contenga depende mucho del suelo de cultivo; razón por la cual en estos parámetros la mayor parte de pares muestra diferencias significativas, es decir, que el factor procedencia influye en estas determinaciones.

Tabla 3.37 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en zanahoria blanca

HUMEDAD			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZB1 con ZB2	0,25	0,63	Ho aceptada
ZB1 con ZB3	1,45	0,63	Ho rechazada
ZB1 con ZB4	3,35	0,63	Ho rechazada
ZB1 con ZB5	4,02	0,63	Ho rechazada
ZB2 con ZB3	1,70	0,63	Ho rechazada
ZB2 con ZB4	3,6	0,63	Ho rechazada

ZB2 con ZB5	3,77	0,63	Ho rechazada
ZB3 con ZB4	1,90	0,63	Ho rechazada
ZB3 con ZB5	5,47	0,63	Ho rechazada
ZB4 con ZB5	7,37	0,63	Ho rechazada
CENIZA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZB1 con ZB2	0,07	0,24	Ho aceptada
ZB1 con ZB3	0,12	0,24	Ho aceptada
ZB1 con ZB4	0,19	0,24	Ho aceptada
ZB1 con ZB5	0,63	0,24	Ho rechazada
ZB2 con ZB3	0,05	0,24	Ho aceptada
ZB2 con ZB4	0,12	0,24	Ho aceptada
ZB2 con ZB5	0,56	0,24	Ho rechazada
ZB3 con ZB4	0,07	0,24	Ho aceptada
ZB3 con ZB5	0,51	0,24	Ho rechazada
ZB4 con ZB5	0,44	0,24	Ho rechazada
PROTEINA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZB1 con ZB2	0,57	0,04	Ho rechazada
ZB1 con ZB3	0,94	0,04	Ho rechazada
ZB1 con ZB4	0,71	0,04	Ho rechazada
ZB1 con ZB5	0,18	0,04	Ho rechazada
ZB2 con ZB3	0,37	0,04	Ho rechazada
ZB2 con ZB4	0,14	0,04	Ho rechazada
ZB2 con ZB5	0,75	0,04	Ho rechazada
ZB3 con ZB4	0,23	0,04	Ho rechazada
ZB3 con ZB5	1,12	0,04	Ho rechazada
ZB4 con ZB5	0,89	0,04	Ho rechazada
GRASA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZB1 con ZB2	0,09	0,03	Ho rechazada
ZB1 con ZB3	0,04	0,03	Ho rechazada
ZB1 con ZB4	0,04	0,03	Ho rechazada

ZB1 con ZB5	0,03	0,03	Ho rechazada
ZB2 con ZB3	0,13	0,03	Ho rechazada
ZB2 con ZB4	0,13	0,03	Ho rechazada
ZB2 con ZB5	0,12	0,03	Ho rechazada
ZB3 con ZB4	0,00	0,03	Ho aceptada
ZB3 con ZB5	0,01	0,03	Ho aceptada
ZB4 con ZB5	0,01	0,03	Ho aceptada
FIBRA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
ZB1 con ZB2	0,06	0,07	Ho aceptada
ZB1 con ZB3	0,03	0,07	Ho aceptada
ZB1 con ZB4	0,08	0,07	Ho rechazada
ZB1 con ZB5	0,11	0,07	Ho rechazada
ZB2 con ZB3	0,09	0,07	Ho rechazada
ZB2 con ZB4	0,14	0,07	Ho rechazada
ZB2 con ZB5	0,05	0,07	Ho aceptada
ZB3 con ZB4	0,05	0,07	Ho aceptada
ZB3 con ZB5	0,14	0,07	Ho rechazada
ZB4 con ZB5	0,19	0,07	Ho rechazada

En el análisis de proteína todas las muestras presentan diferencias significativas entre sí, lo cual puede deberse a la divergencia entre sus valores (ver Tabla 3.15). La humedad, grasa y fibra, también exhiben diferencias entre las muestras de zanahoria blanca, con pocas excepciones en cada parámetro; en contraste con la zanahoria amarilla, en este tubérculo, el medio en el que se encuentra el alimento y su procedencia, sí afecta su composición nutricional; variación dada porque a pesar de que ambos son tubérculos, su composición es distinta.

Tabla 3.38 Prueba DHS Tukey para los cinco nutrientes analizados en chocho

HUMEDAD			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
CH1 con CH2	0,12	0,73	Ho aceptada
CH1 con CH3	0,24	0,73	Ho aceptada
CH1 con CH4	2,09	0,73	Ho rechazada
CH1 con CH5	1,66	0,73	Ho rechazada
CH2 con CH3	0,12	0,73	Ho aceptada
CH2 con CH4	2,21	0,73	Ho rechazada
CH2 con CH5	1,78	0,73	Ho rechazada
CH3 con CH4	2,33	0,73	Ho rechazada
CH3 con CH5	1,90	0,73	Ho rechazada
CH4 con CH5	0,43	0,73	Ho aceptada
CENIZA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
CH1 con CH2	0,06	0,08	Ho aceptada
CH1 con CH3	0,02	0,08	Ho aceptada
CH1 con CH4	0,67	0,08	Ho rechazada
CH1 con CH5	0,16	0,08	Ho rechazada
CH2 con CH3	0,04	0,08	Ho aceptada
CH2 con CH4	0,73	0,08	Ho rechazada
CH2 con CH5	0,10	0,08	Ho rechazada
CH3 con CH4	0,69	0,08	Ho rechazada
CH3 con CH5	0,14	0,08	Ho rechazada
CH4 con CH5	0,83	0,08	Ho rechazada
PROTEINA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
CH1 con CH2	0,69	0,38	Ho rechazada
CH1 con CH3	0,15	0,38	Ho aceptada
CH1 con CH4	1,66	0,38	Ho rechazada
CH1 con CH5	2,64	0,38	Ho rechazada

CH2 con CH3	0,84	0,38	Ho rechazada
CH2 con CH4	0,97	0,38	Ho rechazada
CH2 con CH5	1,95	0,38	Ho rechazada
CH3 con CH4	1,81	0,38	Ho rechazada
CH3 con CH5	2,79	0,38	Ho rechazada
CH4 con CH5	0,98	0,38	Ho rechazada
GRASA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
CH1 con CH2	0,55	0,18	Ho rechazada
CH1 con CH3	0,24	0,18	Ho rechazada
CH1 con CH4	0,63	0,18	Ho rechazada
CH1 con CH5	0,08	0,18	Ho aceptada
CH2 con CH3	0,31	0,18	Ho rechazada
CH2 con CH4	0,08	0,18	Ho aceptada
CH2 con CH5	0,47	0,18	Ho rechazada
CH3 con CH4	0,39	0,18	Ho rechazada
CH3 con CH5	0,16	0,18	Ho aceptada
CH4 con CH5	0,55	0,18	Ho rechazada
FIBRA			
Comparación	Diferencia	DHS	Resultado
CH1 con CH2	0,09	0,26	Ho aceptada
CH1 con CH3	0,59	0,26	Ho rechazada
CH1 con CH4	0,23	0,26	Ho aceptada
CH1 con CH5	0,06	0,26	Ho aceptada
CH2 con CH3	0,50	0,26	Ho rechazada
CH2 con CH4	0,14	0,26	Ho aceptada
CH2 con CH5	0,03	0,26	Ho aceptada
CH3 con CH4	0,36	0,26	Ho rechazada
CH3 con CH5	0,53	0,26	Ho rechazada
CH4 con CH5	0,17	0,26	Ho aceptada

Tanto la humedad, cenizas, proteína y grasa, revelan que entre la mayoría de muestras existen diferencias significativas, ya sean estas adquiridas en mercados o en supermercados. En realidad, lo relevante de estos resultados es que la procedencia de las muestras determina la variación. En el parámetro fibra, en cambio, no existen diferencias significativas entre las muestras, a excepción de la muestra CH3 respecto a todas las demás, esto sucede porque este valor está bastante alejado de la media (ver Tabla 3.19).

De acuerdo a los resultados obtenidos con la prueba DHS de Tukey, es posible determinar que el contenido de proteína es el parámetro en el que todas las muestras presentan diferencias, lo que puede deberse a la divergencia de contenido de nitrógeno en el suelo de las distintas áreas donde se producen los alimentos.

Por otro lado, el contenido de fibra es el parámetro en el que menor diferencia hay entre las muestras de seis de los siete alimentos, a excepción de la harina de maíz integral en la que el contenido de este nutriente puede variar por el proceso necesario para su producción y dependiendo de la cantidad de cobertura celulósica que contenga el grano.

En los demás análisis existen diferencias de acuerdo al tipo de alimento, ya sean los cereales y leguminosas, con mayores diferencias por ser alimentos que necesitan ser procesados y eso representa una fuente extra de error; además, de que depende del control de calidad adecuado, frecuente en alimentos con marca y poco frecuente en aquellos que se expenden directamente de los productores. O, a su vez, las raíces y tubérculos que presentan menor diferencia entre muestras debido a que no son procesadas sino dependen de procesos naturales similares entre sí, específicamente, del tiempo de maduración adecuado, necesario para que estos productos puedan ser expendidos.

CAPITULO 4

4.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos, el grupo de cereales dentro del que se encuentra la harina de maíz, harina de trigo integral y avena poseen un alto contenido de nutrientes sobre todo de carbohidratos y proteínas, con valores que van del 30 al 70% en el primer caso y del 8 al 12% en el último. Además, contienen grasas en cantidades menores, sin embargo considerables, que van del 3 al 8%. Esto demuestra que los cereales son alimentos que aportan nutrientes necesarios para la producción energía, lo que los hace alimentos recomendables para una dieta equilibrada.
- El chocho es una fuente de nutrientes única por su alto contenido de proteínas (15%), grasas en cantidades adecuadas, alrededor de 5% al igual que su contenido de fibra y, finalmente, una fuente de agua para el organismo (71%). Por tal razón, es digno considerarlo como una alternativa importante dentro de la dietas de las familias ecuatorianas.
- Las raíces y tubérculos, en este caso zanahoria amarilla, zanahoria blanca y yuca, son fuente de gran cantidad de agua, que es su componente mayoritario con valores entre 64 y 90%, además la yuca y la zanahoria blanca poseen un alto contenido carbohidratos (26-33%), valores recomendables para una dieta alta en calorías para quienes realizan trabajo físico continuo.

- En las harinas y la avena la humedad no supera el 12%, característica necesaria para un almacenamiento adecuado de estos productos, si el nivel de humedad es mayor proliferan hongos o bacterias, también se provocan procesos bioquímicos que producen descomposición de elementos como las grasas; por ejemplo, la avena que posee mayor cantidad de grasa presenta un menor valor de humedad, para de esta forma evitar la descomposición del alimento. Por esta razón tienen un mayor tiempo de vida. Tanto su composición nutricional como la posibilidad de almacenamiento por largo tiempo, los hacen alimentos de suma importancia en la dieta de toda la familia.

- Los alimentos que no pueden ser almacenados por periodos extensos de tiempo, (yuca, zanahoria blanca, zanahoria amarilla y chocho) y que a su vez se venden frescos en mercados y supermercados contienen mayor cantidad de agua (64 a 90%), por ello su consumo debe realizarse en menor tiempo comparado con las otras muestras analizadas en el actual trabajo, sin embargo, estos alimentos son de fácil adquisición por lo que eso no representaría un mayor problema a la hora de su consumo.

- Los alimentos con mayor contenido de fibra son la harina de trigo integral (3%) y el chocho (5%), en el primer caso esto debido a que el proceso que se da al trigo para obtener la harina integral no descarta la cobertura del grano lo que aumenta considerablemente la cantidad de fibra cruda. En el chocho puesto que no se retiró su cáscara al momento de realizar los análisis.

- Después de comparar mediante la prueba t de Student los valores obtenidos en el trabajo actual y los de la tabla de 1965 es evidente que existen diferencias significativas en una gran cantidad de casos a pesar de no presentarse una contundencia en la diferencia entre estos valores. Las diferencias que se presentaron se producen por el tiempo entre las dos mediciones, nuevas tecnologías que permiten un mejor y más exacto análisis de muestras; y, cambios que se han producido en los alimentos, ya sea por variaciones en el contenido de nutrientes de los suelos de cultivo o a su vez el mejoramiento de la calidad de los productos mediante el uso de técnicas modernas.

- Al aplicar la ANOVA y la prueba DHS de Tukey, se obtuvo como resultado que en todos los alimentos y en la totalidad de los parámetros analizados por lo menos una de las muestras presenta diferencias significativas en comparación con las otras, lo que demuestra que, el contenido de nutrientes depende del origen del producto, el tratamiento durante su siembra y después de la cosecha. En el caso de alimentos que requieren procesos, como las harinas y la avena, el contenido de nutrientes depende también del control de calidad que se aplica durante los mismos.

- En las pruebas estadísticas, entre muestras, hay diferencias significativas por lo que para presentar una tabla de resultados del contenido nutricional de los alimentos analizados no sería adecuado reportar el valor de la media, sobre todo porque hay ciertas muestras en las cuales algunos valores se alejan de ésta. Por estas razones, se presenta una tabla que contiene rangos para cada nutriente, de esta forma se incluye a todas las muestras y además se toma en cuenta la variación provocada por factores externos al análisis. La tabla es la siguiente:

Tabla 4.1 Rango de valores de los principales nutrientes de harina de maíz, harina de trigo, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho

Muestra	% Humedad	% Ceniza	% Proteína	% Grasa	% Fibra	% Carbohidratos
Harina de maíz	10,18-12,76	1,11-1,42	7,12-9,42	3,45-4,94	0,91-1,49	72,27-74,35
Harina trigo integral	3,88-11,09	1,56-1,88	11,78-14,14	1,94-5,52	2,04-6,88	58,42-77,48
Avena	4,4-8,77	1,31-1,87	10,35-12,23	5,72-8,23	1,03-2,31	69,02-72,83
Yuca	63,61-64,82	0,86-1,79	0,38-0,76	0,12-0,36	0,93-1,39	32,63-34,21
Zanahoria amarilla	89,38-90,51	0,53-1,12	0,36-0,79	0,08-0,11	0,16-0,26	7,87-9,28
Zanahoria blanca	66,48-73,85	1,23-1,86	0,55-1,67	0,06-0,19	0,64-0,83	23,02-29,77
Chocho	70,04-72,49	0,65-1,48	13,56-16,35	5,05-5,68	5,17-5,76	0,41-3,37

- Con este trabajo es posible proveer al consumidor la información necesaria para que tenga conocimiento acerca de la composición de los alimentos que consume día a día. Es importante recalcar que los datos presentados en el presente trabajo son valores actualizados de composición de los alimentos analizados.
- A partir de este trabajo se puede aplicar conocimientos en nutrición para determinar que alimentos son fuente de nutrientes de calidad. Además, es importante que en esta área de la medicina se utilice información de productos que se consumen dentro del país, mas no hacer una comparación con tablas extranjeras que no reflejan al 100% la realidad del producto al que tiene acceso el consumidor ecuatoriano.

4.2 RECOMENDACIONES

- El chocho es un alimento recomendado como una opción de calidad para la dieta diaria de las familias, debido a su alto contenido de proteína, grasas, humedad, fibra y carbohidratos. Puede constituir un sustituto de alimentos de mayor costo como son las proteínas de origen animal, aumentando así las opciones para los consumidores.

- Dependiendo de los alimentos que se vayan a consumir es importante tomar en cuenta un control en el manejo y almacenamiento de los mismos así será posible reducir los factores que producen las variaciones en el contenido de nutrientes, además de aumentar su tiempo de vida, una forma de lograrlo es la implementación de normas de manejo de alimentos, principalmente en mercados, por el poco control que existe en los mismos y, además, en supermercados para que se tengan parámetros básicos de calidad de los alimentos y cuando lleguen a manos del consumidor final se encuentren en condiciones óptimas.

- Existen diferencias entre los valores obtenidos en el presente trabajo con aquellos de la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos de 1965, e incluso, alimentos como la harina de trigo integral no se incluyen dentro de la misma, es recomendable la construcción de una nueva tabla de composición nutricional hecha en el país, con el objetivo de tener información actualizada que se encuentre acorde a las formas de producción utilizadas en el presente.

- Para que el trabajo esté completo es recomendable realizar otros análisis específicos, como determinar que aminoácidos, sobre todo esenciales, son parte de cada alimento. También el tipo de ácidos grasos que pueden existir. Finalmente, los minerales contenidos en los alimentos; de esta forma se realiza un análisis más minucioso y se amplía la información que llega al consumidor.

CAPITULO 5

BIBLIOGRAFÍA

[1]Greenfield H., Southgate D.A.T. (2003). *Datos de composición de alimentos*, 2º edición, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

[2]Universidad de Córdoba. Análisis de alimentos, <http://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=146>, 20 de febrero de 2013.

[3]Mora, I. (2007). *Nutrición Animal*, 1º edición, UNED, San José.

[4]Marín, Z. (2008). *Elementos de Nutrición Humana*, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.

[5]Biesalski, H., Grimon, P. (2005). *Nutrición Texto y Atlas*, Editorial Médica Panamericana, Madrid.

[6]Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos*, Acribia Editorial, Madrid.

[7]Badui, S. (1990). *Química de los alimentos*, Editorial Alhambra Mexicana, México.

[8]Bello, J. (2000). *Ciencia bromatológica, principios generales de los alimentos*, Ediciones Díaz de Santos, España.

- [9]Carrillo, L., Audisio M. (2007). *Manual de Microbiología de Alimento*, UNAS, Argentina.
- [10]UNIFEM. (1998). *Procesamiento de Tubérculos*, ITDG, Perú.
- [11]Hernandez, M., Sastre A. (1999). *Tratado de Nutrición*, Díaz de Santos, Madrid.
- [12]Allinger N., Jhonson C., Lebel N. (1986). *Química Orgánica*, 2ª edición, Editorial Reverté, España.
- [13]Vázquez, C. (2005). *Alimentación y nutrición: manual teórico práctico*, Ediciones Diaz de Santos, Buenos Aires.
- [14]Patiño, F. (2006). *Metabolismo, Nutrición y Shock*, 4º edición, Editorial Médica Internacional, Bogotá.
- [15]Garrido, A., Teijón, J. (2006). *Fundamentos de Bioquímica Estructural*, Editorial Tébar, Madrid.
- [16]Voet. (2004). *Bioquímica*, 3º edición, Eitorial Médica Panamericana, Montevideo.
- [17]Macarulla, J., Goñi, F. (1994) *Bioquímica humana: curso básico*, Editorial Reverté, Barcelona.

[18]Moreno, A., Jiménez, A., Fernández, J., Guillén, R., Rodríguez, R. (2003). *Fibra alimentaria*, Raycar, Madrid.

[19]FAO. (1991). *Raíces, tubérculos, plátanos y bananas en la nutrición humana*, FAO, Roma.

[20]Fundación Integra. Zanahoria, <http://www.regmurcia.com>, 18 de marzo de 2013.

[21]Caicedo, C.; Peralta, E.; Villacrés, E.; Rivera, M. (2001). *Precosecha y mercado de chocho (Lupinus mutabilis sweet) en Ecuador*. Quito, Ecuador. INIAP.

[22]Family and Son. (2008). Harina de maíz www.familyandson.net/harinademaiz.html, 25 de abril de 2014.

[23] Harris, D. (2007). *Análisis químico cuantitativo*, Editorial Reverté, Barcelona.

[24] Miller, J. (2002). *Estadística y Quimiometría para Química Analítica*, Pearson Education, Madrid.

[25]Carvajal, R. (2012). Métodos estadísticos para análisis bivariado, <http://reyhysindustrialuao2012.wikispaces.com/file/view/CAPITULO5PRUEBASDESIGNIFICACIÓNESTADISTICA.pdf>, 18 de mayo de 2013.

[26]Asociación Chilena de Seguridad. www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/26/pagina%20200.pdf, 18 de mayo de 2013.

[27]Vivanco, M. (2005). *Muestreo Estadístico Diseño y Aplicaciones*, Editorial Universitaria, Santiago.

[28]Docentes innovadores. (2012), <http://www.docentesinnovadores.net/Archivos/5916.pdf>. 27 de mayo de 2013

[29]Hospital UNiversitario Ramón y Cajal. (2004). Bases de análisis de la varianza. http://www.hrc.es/bioest/Anova_2.html, 27 de mayo de 2013

[30]Reyes M, Gómez-Sanchez I, Espinoza C, Bravo F, Ganoza L. (2009) *Tablas peruanas de composición de alimentos*, Lima.

[31]UCM. (2014). Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf, 5 de agosto de 2013.

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

[33]Tabla de composición de los alimentos ecuatorianos, <http://blog.espol.edu.ec/kcoello/tabla-de-composicion-de-alimentos-ecuatorianos/>

ANEXO 1

EQUIPOS

1.- Balanza analítica



Balanza analítica Mettler Toledo ® ML204

2.- Estufa:



Estufa Binder ® FD 115

3.- Mufla:



Mufla Barnstead/Thermolyne ® 48000

4.- Sistema de digestión Kjeldahl



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

5.- Equipo de destilación Kjeldahl



Equipo de destilación Velp Scientifica® UDK 129

6.- Equipo Soxhlet



Equipo de 6 planchas calefactoras para Soxhlet Sebelinte-188®

7.- Rotavapor



Rotavapor Brinkmann®

8.- Equipo análisis fibra cruda



Equipo para determinación de fibra Velp Scientifica® FIWE 6

ANEXO 2

TABLAS ESTADÍSTICAS

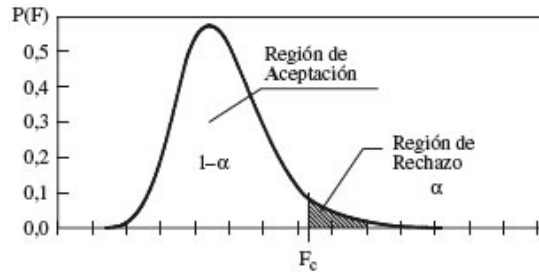
Tabla T de Student



$1 - \alpha$

r	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
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 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

Tabla Distribución Tukey

		<i>n tratamientos</i>			
		2	3	4	5
<i>Grados de libertad del error</i>	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	

ANEXO 3

EJEMPLOS DE CÁLCULOS DE PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN

EJEMPLO DE CÁLCULO T DE STUDENT

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

Donde:

μ = Media verdadera (valor tabla 1965)

\bar{x} = Promedio de la muestra

s = Desviación estándar

N = Tamaño de la muestra

Tabla 1 Valores porcentaje de humedad de harina de maíz

Valor tabla 65	Media	Desviación estándar	N	t teórico
12,5	11,65	0,6261	15	2,145

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

$$t = \frac{|(11,65 - 12,5)|\sqrt{15}}{0,6261} = 5,2580$$

2,145 < 5,2580 **Ho rechazada**

EJEMPLO DE CÁLCULO DEL ANOVA

Tabla 2 Valores de humedad de la harina de maíz

Muestra	% Humedad	Promedio
1	12,92	12,76
	12,90	
	12,45	
2	12,06	12,13
	12,22	
	12,12	
3	12,48	12,44
	12,47	
	12,36	
4	10,82	10,74
	10,79	
	10,60	
5	10,07	10,18
	10,24	
	10,22	
Promedio Total	11,65	

Tabla 3 ANOVA de la humedad de la harina de maíz

HUMEDAD						
Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F teórico	F práctico	Resultado
Entre grupos	4	15,2603	3,8151	3,48	182,49	Ho rechazada
Error	10	0,2091	0,0209			
Total	14	15,4694	-			

Tabla 4 Fórmulas ANOVA

VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F
ENTRE GRUPOS	k-1	$SDC_B = n \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$DCM_B = \frac{SDC_B}{k-1}$	$\frac{DCM_B}{DCM_W}$
DENTRO DE LOS GRUPOS (ERROR)	(n-1)k	$SDC_W = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$DCM_W = \frac{SDC_W}{(n-1)k}$	-
TOTAL	kn-1	$SC_{Total} = SDC_B + SDC_W$	-	-

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

ENTRE GRUPOS:

Grados de libertad

k-1; se tomaron 5 muestras por lo tanto:

5-1 = 4

Suma de cuadrados

$SDC_B = 3 \times [(12,76-11,65)^2 + (12,13-11,65)^2 + (12,44-11,65)^2 + (11,65-10,74)^2 + (11,65-10,18)^2]$

$SDC_B = 15,2603...$

Media de cuadrados

$$\text{DCM}_B = 15,2603.../4$$

$$\text{DCM}_B = 3,8151...$$

DENTRO DE GRUPOS:

Grados de libertad

(n-1)k; por cada grupo se realizó tres réplicas entonces:

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

Suma de cuadrados

$$\begin{aligned} \text{SDC}_W = & (12,92-12,76)^2 + (12,90-12,76)^2 + (12,76-12,45)^2 + (12,13-12,06)^2 + (12,22- \\ & 12,13)^2 + (12,13-12,12)^2 + (12,48-12,44)^2 + (12,47-12,44)^2 + (12,44-12,36)^2 + (10,82- \\ & 10,74)^2 + (10,79-10,74)^2 + (10,74-10,60)^2 + (10,18-10,07)^2 + (10,24-10,18)^2 + (10,22- \\ & 10,18)^2 \end{aligned}$$

$$\text{SDC}_W = 0,2191...$$

Media de cuadrados

$$\text{DCM}_W = 0,2191.../10$$

$$\text{DCM}_W = 0,0209...$$

TOTAL:

Grados de libertad

kn-1; entonces:

$$[(5*3)-1] = 14$$

Suma de cuadrados

$$SC_{\text{Total}} = 15,2603... + 0,2091...$$

$$SC_{\text{Total}} = 15,4649...$$

F:

$$F = \frac{DCM_B}{DCM_W}$$

$$F = \frac{3,8151 ...}{0,0209 ...}$$

$$F = 182,49...$$

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

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

Donde:

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

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

$$DHS = 4,65 \sqrt{\frac{0,0209}{3}}$$

$$DHS = 0,39$$

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Valeria Lizette Coral Torres, C.I. 1723207237 autor del trabajo de graduación intitulado: “Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral ”, 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, 28 de abril de 2014

Srta. Valeria Coral Torres

C.I. 1723207237