



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
Y BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: Determinación del contenido nutricional en harinas de habichuela (*Phaseolus lunatus baby lima bean*), haba pallar (*Phaseolus lunatus L.*), maca (*Lepidium meyenii*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*) como fuentes de carbohidratos y minerales.

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

El estudio es parte del **Proyecto de Canje de Deuda Ecuador-España** “Fortalecimiento de la unidad operativa de investigación en tecnología de alimentos (UOITA) para la investigación tecnología e innovación en el área de alimentos, con el fin de promover la generación y el desarrollo de empresas agroindustriales en la Zona 3 del país; y monitorear el contenido de metales pesados en los cultivos afectados por las cenizas provenientes de las erupciones volcánicas del Tungurahua. (FITA-UOITA)” Resolución HCU 0939-CU-P-2016.

Proyecto Red de Cereales “Valorización de la calidad nutricional y funcional de alimentos tradicionales de la población ecuatoriana” VANFOOD PCEDIA012. Resolución HCU 0248-CU-P-2017.

Autor: Diego Fernando Quicaliquín Tacuaman

Tutor: PhD. Jorge Alexander Briceño Carrasquel

Ambato – Ecuador

Agosto 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Jorge Alexander Briceño Carrasquel

CERTIFICA:

Que el presente Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 14 de junio de 2019




Dr. Jorge Alexander Briceño Carrasquel

C.I. 175840407-1

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Quicaliquín Tacuaman Diego Fernando, manifiesto que los resultados obtenidos en el proyecto de investigación, previamente a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Fernando Quicaliquín Tacuaman', is positioned above a horizontal line.

Quicaliquin Tacuaman Diego Fernando

CI: 180442184-8

AUTOR

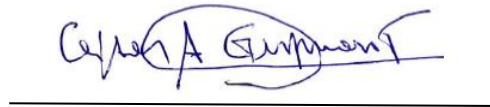
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Mg. César Augusto German Tomalá

C.I. 180116710-5



PhD. Dayana Cristina Morales Acosta

C.I. 180413557-0

Ambato, 22 de julio de 2019

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Trabajo de Titulación o parte de él, como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Fernando Tacuaman', is written over a horizontal line.

Quicaliquin Tacuaman Diego Fernando

CI: 180442184-8

AUTOR

DEDICATORIA

"La gloria no consiste en no caer nunca, sino más bien en levantarse las veces que sea necesario" Mario Benedetti.

Gracias a mis padres Luís y María quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas. Tengo el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

También quiero dedicar el presente proyecto a mis amigos y amigas, gracias por apoyarme cuando más los necesitaba, por extender su mano en momentos difíciles.

Esta es una meta que la cumplimos juntos.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	14
EL PROBLEMA	14
1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.2. JUSTIFICACIÓN	14
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. Objetivo General.....	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
CAPITULO II	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes Investigativos	17
2.2. HIPÓTESIS	21
2.2.1 Hipótesis nula.....	21
2.2.2. Hipótesis alternativa	21
2.3. SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES	21
2.3.1. Variables independientes.....	21
2.3.2. Viabes dependientes.....	21
CAPITULO III	22
MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. MATERIALES	22
3.1.1. Obtención de las harinas.....	22

3.1.2. Materiales de laboratorio	22
3.1.3. Reactivos	23
3.1.4. Equipos	23
3.2. MÉTODOS	24
3.2.1. Determinación de humedad	24
Cuantificación de azúcares solubles en alcohol y almidón	24
3.2.2. Curva estándar de Glucosa	24
3.2.3. Preparación de las muestras para determinación de azúcares	25
3.2.4. Método del Ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS)	26
Preparación de las muestras de azúcares congeladas	27
3.2.5. Cuantificación de azúcares reductores	27
3.2.6. Cuantificación de azúcares totales	27
3.2.7. Cuantificación de azúcares totales luego de la hidrólisis del extracto empleando invertasa	28
3.2.8. Cuantificación de almidón.....	28
3.2.9. Preparación de las muestras para determinación de minerales.....	29
a. Determinación de cenizas	29
3.2.10. Cuantificación de minerales	30
a. Preparación de la muestra.....	30
b. Determinación del analito (Fe, Mg y Ca).....	30
CAPITULO IV	31
Resultados y discusión	31
1.1. Determinación de humedad.....	31

1.2. Determinación de cenizas.....	32
1.3. Determinación de los elementos minerales: calcio (Ca), hierro (Fe) y magnesio (Mg)	33
1.4. Desengrasado de harinas y cuantificación de azúcares totales, reductores y almidón mediante el método DNS.....	35
1.5. Verificación de las hipótesis.....	39
CAPÍTULO V	40
Conclusiones y recomendaciones	40
5.1. Conclusiones	40
5.2. Recomendaciones	40
Bibliografía	41
ANEXOS	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Tabla 1. Contenido de humedad de las matrices estudiadas.	31
Tabla 2. Contenido de ceniza de las matrices de estudio.	32
Tabla 3. Contenido de minerales de las matrices estudiadas.....	33
Tabla 4. Porcentaje de grasa de las harinas de Habichuela (<i>Phaseolus Lunatus</i> Baby Lima Bean), Haba Pallar (<i>Phaseolus Lunatus</i> L.), Maca (<i>Lepidium Meyenii</i>) Y Fréjol (<i>Phaseolus Vulgaris</i>)	36
Tabla 5. Porcentaje de azúcares y almidón presente en las matrices de estudio	37
Tabla 6. Tabla nutricional.....	39
Tabla 7. Condiciones instrumentales del equipo para cada elemento.....	48

Tabla 8. Datos obtenidos de cenizas y concentración de micronutrientes	50
Tabla 9. Resultados obtenidos en la determinación de minerales en harina de Haba Pallar	53
Tabla 10. Resultados obtenidos en la determinación de minerales en harina de Habichuela.....	53
Tabla 11. Resultados obtenidos en la determinación de minerales en harina de Maca .	54
Tabla 12. Resultados obtenidos en la determinación de minerales en harina de Fréjol	54
Tabla 13. Datos para la cuantificación de grasa en harinas de maca, habichuela, fréjol y haba palla.....	55
Tabla 14. Datos obtenidos para el cálculo de porcentaje de azúcares en las matrices.	56
Tabla 15. Datos utilizados para la elaboración de la curva estándar de glucosa	57
Tabla 16. Datos obtenidos en la fase experimental para la cuantificación de los azúcares reductores en harinas de maca, haba pallar, habichuela y fréjol	58
Tabla 17. Datos obtenidos en la fase experimental para la cuantificación de los azúcares totales en harinas de maca, haba pallar, habichuela y fréjol.	59
Tabla 18. Datos obtenidos en la fase experimental mediante el uso de invertasa para la cuantificación de los azúcares totales en harinas de maca, haba pallar, habichuela y fréjol.	60
Tabla 19. Datos obtenidos en la fase experimental mediante el uso de invertasa para la cuantificación de los azúcares totales en harinas de maca, haba pallar, habichuela y fréjol.	61

ÍNDICE DE TABLAS

Figura 1. Contenido de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe) en harinas de Habichuela (Phaseolus Lunatus Baby Lima Bean), Haba Pallar (Phaseolus Lunatus L.), Maca (Lepidium Meyenii) Y Fréjol (Phaseolus Vulgaris)	35
Figura 2. Curva de calibración de hierro a partir de patrones acuosos medido a 248,35 nm	47
Figura 3. Curva de calibración de magnesio a partir de patrones acuosos medido a 248,35 nm	48
Figura 4. Curva de calibración de calcio a partir de patrones acuosos medido a 248,35 nm	48
Figura 5. Curva estándar de glucosa.....	57

Resumen

El presente proyecto de investigación tuvo como propósito evaluar el contenido nutricional de alimentos típicos de Ecuador: maca, fréjol, habichuela y haba pallar. Dado que en el país la información sobre la composición de alimentos data en el año 1965, se realizó análisis del contenido de hidratos de carbono y micronutrientes empleando métodos confiables y de alta sensibilidad como el método colorimétrico del ácido 3,5 dinitrosalicílico DNS y el método espectrofotométrico de absorción atómica de llama para proponer una tabla actualizada de la composición nutricional de las matrices estudiadas. Los carbohidratos cuantificados fueron: azúcares reductores, almidón y azúcares totales mediante hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática. Por otro lado, los metales cuantificados fueron hierro, calcio y magnesio. Para su análisis se aplicó métodos estándares descritos en la AOAC. Se encontró que la harina de maca tuvo un mayor contenido de hidratos de carbono con 56.49 %. Además, las harinas presentaron un contenido menor al 2 % de grasa. El mayor contenido de magnesio se encontró en la harina de habichuela con 2055 mg/Kg. La harina que presentó una mayor concentración de calcio fue la maca con 2010 mg/Kg. Finalmente, el fréjol mostró una mayor concentración de hierro con 92 mg/Kg.

Palabras clave: almidón, azúcares reductores, azúcares totales, calcio, hierro y magnesio.

Abstract

The purpose of this research project was to evaluate the nutritional content of typical Ecuadorian foods: maca, beans, habichuela and haba pallar. Given that, the information of food composition in the country dates back to 1965, analysis of the content of carbohydrates and micronutrients were carried out in order to propose an updated table of these foods. Reliable and highly sensitive methods such as the colorimetric acid 3,5-dinitrosalicylic DNS and the flame atomic absorption spectrophotometry methods were used. The quantified carbohydrates were: reducer sugar, starch and total sugar by acid and enzymatic hydrolysis. On the other hand, the quantified metals were iron, calcium and magnesium. For these analysis, standard methods described in the AOAC were applied. It was found that maca flour had a higher content of carbohydrates and calcium with 56.49 % and 2010 mg/Kg. On the hand, the highest magnesium content was found in bean flour with 2055 mg/Kg. Finally, the bean flour showed a higher concentration of iron with 92 mg/Kg. Also, it was found that all the studied flours had less fat content than 2 %.

Key words: Starch, reducer sugar, total sugar, calcium, iron and magnesium

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1.TEMA DE INVESTIGACIÓN

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL EN HARINAS DE HABICHUELA (*Phaseolus lunatus baby lima bean.*), HABA PALLAR (*Phaseolus lunatus*), MACA (*Lepidium meyenii*) Y FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*) COMO FUENTES DE CARBOHIDRATOS Y MINERALES.

1.2.JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial una de cada tres personas presenta problemas de mala nutrición, debido a dietas inadecuadas las personas presentan complicaciones en su salud a corto y largo plazo. Dicho problema no radica solamente en la carencia de calorías sino también en la falta de micronutrientes, reportándose actualmente un aproximado de 2,000 millones de personas que presentan un déficit de micronutrientes, así también, alrededor de 1,900 millones de personas sufren de obesidad, donde a 600 millones se los categoriza como obesos (ISP, 2016).

Una mala nutrición no solo se refiere a la falta de alimentación, por lo contrario, un excesivo consumo de alimentos de manera inadecuada también ocasiona problemas de salud. En Ecuador el 62.8 % de la población entre 19 a 60 años de edad padece de sobrepeso y obesidad, además, un 2.8 % de niños de edad escolar presentan baja talla con relación a su edad (Freire W.B et al., 2013). Debido a esto la FAO y el estado ecuatoriano han realizado un compromiso con el fin de disminuir la malnutrición por ingesta de alimentos, además, de mejorar la producción agrícola ayudando a incrementar el nivel de vida de los habitantes aportando al desarrollo de la economía nacional (FAO, 2013).

Ecuador posee cultivos ancestrales típicos de las zonas altoandinas, los pobladores cosechan variedades de tubérculos y leguminosas, de las cuales el conocimiento actualizado de su aporte nutricional hacia el organismo es poco.

Las leguminosas como el fréjol, haba pallar y habichuela son considerados vegetales de grano comestible, estos granos al poseer porcentajes altos de proteínas, minerales y carbohidratos, se les otorga una gran importancia de incluirlos en la dieta de las familias ecuatorianas. Estas semillas aportan con valor nutricional elevado asegurando que el organismo obtenga los aminoácidos necesarios (E Peralta et al., 2010).

Mientras que, un tubérculo que no ha sido estudiado en extenso en el Ecuador es la maca, dado que se conoce muy poco sus beneficios, por este motivo el sector agrícola debe enfocarse y priorizar la producción de estos alimentos que posee un valor nutricional similar a los cereales. En los mercados ecuatorianos no se dispone con frecuencia de este tipo de tubérculo, puesto que no existe un hábito de consumo, ocasionado por su baja producción y comercialización (Oshaug & Haddad, 2002).

Por otro lado, estos cultivos son fuentes de minerales también llamados nutrimentos inorgánicos, tales como: calcio, fósforo, sodio, potasio, hierro, magnesio, cinc, cobalto, yodo, azufre, cloro, cobre y manganeso los cuales son necesarios para realizar funciones metabólicas en el organismo. Estos nutrimentos inorgánicos mantienen una relación equilibrada con las funciones que realizan los seres vivos, sin embargo, estos minerales no cumplen funciones independientes debido a que no son autosuficientes (Burton, 1966).

Otra fuente de energía para el ser humano son los carbohidratos, ellos se encuentran presentes en forma de azúcares y almidones. Se los divide en tres grupos: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Los monosacáridos y disacáridos por su estructura simple son más fáciles de asimilar por el organismo a diferencia de los polisacáridos como el almidón, la celulosa y el glicógeno que poseen una estructura más compleja y su absorción en el organismo es más lenta (Latham, 2002).

Debido a los problemas de malnutrición, sobrepeso y obesidad en el país es necesario conocer el contenido nutricional actualizado de los alimentos lo cual permitirá la elaboración de dietas adecuadas para los habitantes ecuatorianos, ya

que la información más reciente que se dispone es la Tabla de composición de alimentos ecuatorianos de 1965. El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar el contenido de carbohidratos (azúcares reductores, totales y almidón) y micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) del fréjol, haba pallar, habichuela y maca, mediante métodos confiables, económicos, sencillos y reproducibles.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el contenido nutricional de alimentos típicos de Ecuador: *maca, fréjol, habichuela y haba pallar*.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el contenido de azúcares totales y reductores mediante espectrofotometría UV-visible en un tubérculo (maca) y en leguminosas (fréjol, habichuela y haba pallar).
- Determinar el contenido de micronutrientes (hierro, magnesio y calcio) mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama en un tubérculo (maca) y en leguminosas (fréjol, habichuela y haba pallar).
- Proponer una tabla de información nutricional de las matrices estudiadas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

Una buena alimentación es primordial para obtener los nutrientes que proporcionan la fuerza necesaria para realizar las tareas cotidianas que demanda un día de trabajo. Además, comer saludable es un factor para prevenir enfermedades crónicas. Actualmente un 30 % de la humanidad tiene varios problemas de salud, ocasionados principalmente por la malnutrición. La dieta tradicional se basaba en consumir alimentos de origen vegetal, pero ha sido remplazada por alimentos procesados con altos contenidos de azúcares, grasas y conservantes (OMS, 2003). Algunos vegetales y hortalizas que son considerados ricos en nutrientes, por poseer mayor cantidad de vitaminas, minerales y proteínas logran cubrir los requerimientos de una dieta diaria, además de impulsar a los consumidores a una vida plena y saludable (FAO, 2006).

En las regiones centrales de los Andes Ecuatorianos existe una mayor producción de raíces y tubérculos (Tapia et al., 2007). Los tubérculos constituyen parte importante de la biodiversidad andina y se consideran una gran fuente de carbohidratos. Además, proporcionan ingresos económicos y alimento a los agricultores de la zona (Espín et al., 2001).

La maca es un tubérculo típico de las provincias de Azuay, Riobamba y Tulcán que ha sido utilizado durante muchos años por su contenido nutritivo, energético y medicinal (Sifuentes et al., 2015). La información nutricional consiste en: hidratos de carbono (72.8 %), proteína (8.8 %), lípidos (0.9 %), fibra (4.4 %), ceniza (4.8 %) y agua (8.3 %) (Zambrana et al., 2013). Este tubérculo es cultivado a una altura entre 3,900 y 4,800 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), por lo que es resistente al frío de las granizadas y heladas. Sin embargo, la maca crece de mejor manera en lugares de las punas o tundra altoandina y necesita de suelos

negros andinos los cuales brindan una naturalidad especial. Además, se necesita una humedad adecuada y un pH de 6.5 - 7.5 (IDTG, 2009).

En Ecuador también se cultivan 247 especies nativas de leguminosas (o Fabaceae), existe una gran diversidad en laderas occidentales de los andes y en Zonas costeras (Aguirre et al., 2017).

El principal uso de las leguminosas es el consumo del grano o semilla seca, también se comercializa como grano en verde (tierno). Estos granos son ricos en proteínas, la cual oscila entre el 20 a 46 %, además contiene fibra, carbohidratos, antioxidantes y minerales (hierro, fósforo, potasio, calcio, magnesio y yodo), por ello es una especie con mucha importancia en su uso alimentario (Valladolid Chiroque, 2016).

Por otro lado, las leguminosas se emplea como abono verde por considerarse una especie fijadora de nitrógeno, favoreciendo la conservación, fertilidad y productividad de la tierra además de minimizar el uso de fertilizantes químicos (Peralta et al., 2010).

El haba pallar (*Phaseolus lunatus* L.) y la habichuela (*Phaseolus lunatus baby lima bean*), son dos variedades de leguminosas típicas del Ecuador, el grano o semilla de la habichuela es más pequeño en comparación a la semilla del haba pallar, por esta razón se le otorga la denominación de Baby Lima Bean a la habichuela, siendo esta la mayor diferencia visual que existe entre estas dos variedades.

El Haba pallar también se la conoce como frijol pallar o frijol Lima, es una planta herbácea y sus semillas presentan características nutritivas altas haciéndola un alimento de importancia en la dieta de los habitantes locales, requiere de un clima seco para que sus granos logren un desarrollo adecuado, además, se adaptada mejor a altitudes entre 2,000 y 2,800 m.s.n.m, y a temperaturas entre 16 y 27 °C. Esta leguminosa es resistente a sequías y a una variedad de suelos con pH de 4.4 a 6.0 (Heuzé et al., 2015)

La composición química del *Phaseolus lunatus* L. según Shimelis, Meaza, & Rakshit. (2006), en la variedad Beshbesh presenta un contenido de proteína del 20.28 %, carbohidrato del 61.59 %, grasa del 3.05 %, fibra del 5.19 % y ceniza del 3.18 %.

Mientras que, la habichuela posee un alto contenido de proteína y almidón entre un 26 % y 56 a 60% respectivamente, además este tipo de leguminosa soporta condiciones extremas, la forma de cultivo de esta planta favorece a los agricultores. (Van Tuil et al., 2000). En el estudio realizado por Taylor et al. (2009), evaluaron la composición química de varios tipos de frijoles secos pertenecientes a la familia Phaseolus, y encontraron que la habichuela posee la siguiente composición química: 13.30 % de humedad, 20.40 % proteína, 62.10 % hidratos de carbono, 6.0 % fibra, 0.8 % grasa y 3.40 % de cenizas.

Por otro lado, el fréjol es una de las leguminosas que presenta alta productividad a nivel nacional, la mayor producción de fréjol tierno se encuentra en la provincia de Imbabura, en donde se cosecha alrededor de 1.44 toneladas por hectárea. Así mismo, la provincia de Chimborazo cuenta con una mayor producción de fréjol seco, cosechando alrededor de 0.49 tm/ha anual (MAGAP, 2013).

El fréjol es considerado el grano más consumido por las familias ecuatorianas y la cosecha de esta leguminosa siempre ha sido mayor a las 5,000 hectáreas a nivel nacional. Este cultivo se localiza a una altura de 20 a 2,800 m.s.n.m (Peralta et al., 2012), y al ser una planta que se adapta a diversos ambientes presenta problemas durante su producción causado por diversos factores; entre estos la presencia de plagas, sequías, heladas, entre otras. La producción de fréjol está centrada principalmente en las provincias de Imbabura (17%), Azuay (15%), Loja (14%), Chimborazo (11%), Carchi (9.5%) en la Región Sierra, en las provincias de la Región Costa: Guayas (7.7%) y los Ríos (2.6%), y en la Región Amazónica el 2% (Basantes, 2015).

De Almeida Costa et al. (2006), estudiaron la composición química de cuatro tipos de legumbres utilizando muestras de granos crudos y cocidos liofilizados. El fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) como semilla cruda posee la siguiente composición; 20.9

% de proteína, 2.49 % de lípidos, 3.8 % de cenizas, 8.55 % de fibra cruda y 54.3 % de carbohidratos. El componente mayoritario del fréjol son los carbohidratos, que de acuerdo con la investigación realizada por Rehman et al. (2001), se reportó que esta leguminosa tiene un contenido de 0.82 % de azúcares reductores, 9.95 % de azúcares totales y 44.4 % de almidón.

Debido a que no existe una información actualizada en el Ecuador sobre la composición nutricional de dichas matrices, existe la necesidad de realizar una investigación sobre el contenido de carbohidratos y minerales empleando métodos de cuantificación que sean confiables y reproducibles.

Para la determinación del contenido de carbohidratos, una de las técnicas más utilizada para la determinación colorimétrica es el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico DNS. Este método permite cuantificar la concentración de azúcares reductores totales libres, dado que estos azúcares contienen un grupo carbonilo libre permitiendo reaccionar con otros compuestos. El método de DNS se basa en la reducción del ácido 3,5 dinitrosalicílico hasta ácido 3-Amino-5-nitrosalicílico por acción de la glucosa u otro azúcar reductor, los cuales pueden ser medidos por espectrofotometría UV a una longitud de onda de 575nm (Alveal, Ferrario, Oliveria, & Sar, 2008).

De igual manera, para el contenido de micronutrientes, la espectrofotometría de absorción atómica de llama (FAAS) es el método más utilizado para la determinación de minerales en alimentos con una exactitud de 0.5 a 5 % y una precisión de 0.3 – 1% para absorbancias mayores a 0.1 – 0.2 (Alveal et al. 2008). Un estudio realizado por Gallegos. (2016), determinó el contenido de minerales (sodio, potasio, hierro, zinc y calcio) en variedades de leguminosas (garbanzo, soya y maní), los resultados obtenidos fueron comparados con la Tabla de composición de los Alimentos de 1965, demostrando que sus datos son muy confiables.

2.2.HIPÓTESIS

2.2.1 Hipótesis nula

Ho1: El tipo de materia prima empleada para el estudio no varía en el contenido de carbohidratos (azúcares totales, reductores y almidón) y minerales (hierro, calcio y magnesio).

2.2.2. Hipótesis alternativa

Ha1: El tipo de materia prima empleadas para el estudio si varía en el contenido de carbohidratos (azúcares totales, reductores y almidón) y minerales (hierro, calcio y magnesio).

2.3. SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES

2.3.1. Variables independientes

- Materia prima (habichuela, haba pallar, maca, fréjol)
- Metodología

2.3.2. Viabes dependientes

- Porcentaje de carbohidratos (azúcares totales, reductores, almidón)
- Porcentaje de minerales (hierro, calcio, magnesio)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio experimental se realizó en los laboratorios (BIO-PROPEPTI, UODIDE-ICIA y Canje de Deuda Ecuador-España) de la Facultad De Ciencia e Ingeniería En Alimentos Y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

3.1.MATERIALES

3.1.1. Obtención de las harinas

Se trabajó con cuatro matrices: maca, habichuela, fréjol y haba palla que fueron proporcionadas por las instituciones que conforman la RED de Cereales del Ecuador a través el proyecto REDU. maca y fréjol del INIAP, haba pallar y habichuela de la ESPOL.

3.1.2. Materiales de laboratorio

- Fundas plásticas herméticas
- Vasos de precipitación de 25 y 50 mL
- Balones de aforo de 10, 25, 50 y 100 mL
- Matraces de 25 y 50 mL
- Probeta de 10, 25 y 100 mL
- Pera de succión
- Pipetas de Pasteur de vidrio
- Micropipeta variable de 200 y 1000 μ L
- Micropipeta fija de 10, 20, 100 y 1000 μ L
- Puntas de micropipeta de 10, 20, 100 y 1000 μ L
- Pinzas
- Crisoles de porcelana de 30 mL
- Agitadores magnéticos
- Tubos para centrifuga de 15 y 25 mL
- Tubos Eppendorf de 2 mL
- Gradillas metálicas
- Jeringas para insulina de 1 mL

- Filtros de 0.45 μm AGILENT CAPTIVA, ECONO FILTER

3.1.3. Reactivos

- Etanol 95 %. EMSURE
- n-Hexano grado analítico EMSURE
- Ácido 3,5-dinitrosalicílico 98 % (DNS) ACROS ORGANICS
- Agua purificada de un sistema Milli Q (Thermo Scientific, Inglaterra, UK)
- Ácido clorhídrico concentrado fumante 37 % p/p EMSURE
- Ácido nítrico concentrado grado analítico 68-70 % FISHER CHIMICAL
- Hidróxido de sodio 99.9% EMSURE
- Estándares monoelementales para absorción atómica de Calcio, Hierro y Magnesio cada uno de $1000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en HNO_3 5 %, AccuStandard, New Haven, USA.
- Soluciones de Cárrez I (solución de hexacianoferrato II de potasio al 15 % en agua) y Cárrez II (solución de sulfato de zinc heptahidratado al 30% en agua).
- Tampón de Acetato de Sodio-Ácido acético pH 4.5
- Tartrato de Sodio y Potasio 99.9% MERCK
- Óxido de lantano 99.5 % MERCK
- Gas: Aire/Acetileno AA 2.5 al 99.5 % de Linde, Ecuador
- Gas: Aire/Óxido nitroso UAP grado 5.0 de Linde, Ecuador

3.1.4. Equipos

- Estufa (VWR) con regulación de temperatura
- Ultra Low Temperature Freezer MDF-U33V-PA
- Balanza analítica XPE204
- Balanza infrarroja HX204
- pH-metro METTLER TOLEDO SEVEN EASY
- Mufla NABER THERM 30-3000 $^{\circ}\text{C}$
- Centrífuga EPEDOR5702
- Centrifuga SPECTRAFUGE24D
- Plancha de calentamiento con agitación magnética VWR
- Desecador

- Espectrofotómetro UV-Visible THERMO SCIENTIFIC Modelo Evolution 201
- Extractor de solventes SER148
- Espectrofotómetro de absorción atómica PG Instruments modelo AA500

3.2.MÉTODOS

3.2.1.Determinación de humedad

Se determinó la humedad de los diferentes tipos de harinas: habichuela (*phaseolus lunatus baby lima bean.*), haba pallar (*Phaseolus lunatus*), maca (*Lepidium meyenii*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris*) utilizando el método 925.10 para determinación de sólidos totales y humedad en harina (AOAC, 2012). Empleando un capsula de porcelana con un peso constante, se empleó 2.5 g de muestra distribuyéndola de manera uniforme. Las capsulas ingresaron a una estufa a una temperatura de 95 °C durante 5 horas, transcurrido este tiempo se dejó enfriar durante 30 minutos en un desecador. Una vez enfriados se reportó el peso procediendo al cálculo de la humedad con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{[(P2 - P1) \times 100]}{M}$$

Donde: P2 = peso de la cápsula y la muestra húmeda en gramos.

P1 = peso de la cápsula y la muestra seca en gramos.

M = peso de la muestra en gramos.

El estudio se lo realizó en el laboratorio UODIDE-ICIA (canje de deuda) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Cuantificación de azúcares solubles en alcohol y almidón

Para la cuantificación de estos azúcares se utilizó el método colorimétrico planteado por Adrián, J., Potus, J., Poiffait, A., Dauvillier, P. en el libro de Análisis nutricional de los Alimentos del año 2000.

3.2.2. Curva estándar de Glucosa

El estándar de glucosa se lo realizó a partir de una solución madre, la cual fue preparada con glucosa previamente secada a 60 °C durante cuatro horas y enfriada

en un desecador, se tomó una muestra de 50 mg de glucosa, llevando a un aforo de 25 mL con agua destilada obteniendo la solución a una concentración de 2mg/mL.

Se procedió a tomar alícuotas para preparar soluciones de diferentes concentraciones (0.00; 0.20; 0.40; 0.60; 0.80; 1.00; 1.20; 1.40; 1.60; 1.80; 2.00 mg/mL), la preparación del blanco se la realizó con agua destilada. La cuantificación de glucosa se la realizó con solución de DNS, para su preparación se empleó 0.5 g de ácido 3,5 dinitrosalicílico diluyéndolo con 20 mL de agua destilada y se agregó 10 mL de NaOH 2 M. El conjunto se lo colocó en una plancha de agitación a 40 °C, los 15 g de tartrato sodio-potasio fue agitado lentamente con agitación continua hasta que se disuelva totalmente.

3.2.3. Preparación de las muestras para determinación de azúcares

Se empleó dedales marca AQUALAB, se los colocó en envases plásticos con tapa que fueron colocados en una estufa a 70 °C durante 24 horas con la finalidad de eliminar la humedad, transcurrido este tiempo se procedió a enfriarlos en un desecador para luego reportar su peso mediante diferencia de pesos.

Extracción de grasa

Se utilizó el método oficial 920.39C. Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages (AOAC, 2000). Para esta extracción se empleó un peso de 2.5 g de muestra seca que fueron agregados en un dedal previamente seco, los cuales fueron colocados en un extractor de solventes SER148 utilizando n-hexano como solvente a una temperatura de 125 °C, el proceso se realizó durante 6 horas de las cuales 4 horas en modalidad inmersión y 2 horas en modalidad lavado.

Al finalizar el tiempo de extracción se procedió a realizar la recuperación del solvente en el mismo equipo procurando evitar la pérdida total del solvente.

Una vez finalizado todo el proceso se enfrió el conjunto para luego poder retirar el dedal con muestra del equipo, este fue llevado a una estufa durante 12 horas a una temperatura de 70 °C con la finalidad de eliminar restos de solvente que no pudieron ser recuperados en el proceso anterior, finalmente el conjunto fue pesado para continuar con la extracción de los azúcares.

Extracción de azúcares solubles en alcohol

Se utilizó el método planteado por Adrián, J., Potus, J., Poiffait, A., Dauvillier, P. en el libro de Análisis nutricional de los Alimentos del año 2000.

La extracción se realizó por duplicado para lo cual se utilizó un extractor de solventes SER148, para la obtención de los azúcares se utilizaron muestras desengrasadas aproximadamente 2.5 g y como solvente etanol al 80 %. El proceso se lo efectuó durante 4 horas en un ciclo de lavado a una temperatura de 140 °C.

A continuación, se agregó 75 mL de etanol al 80% en los vasos para extracción y agregando 2.5 g de muestra en dedales secos, luego se pesó el conjunto por diferencia de peso. Finalizado el tiempo de extracción se procedió a la recuperación del solvente en el mismo equipo durante 1 hora aproximadamente a la misma temperatura.

Al enfriarse el equipo se extrajeron los dedales y vasos de extracción. Los dedales y los vasos de extracción fueron llevados a una estufa a 70 °C durante 12 horas para eliminar los restos de solvente presente en las muestras, una vez secas las muestras se procedió a triturar, envasar en fundas Ziploc y rotular para luego realizar la cuantificación del almidón de cada una de las matrices. Por otro lado, la solución acuosa de azúcares de los vasos de extracción se los aforó a un volumen conocido 10 o 25 mL, esta dilución se colocó en tubos Eppendorf de 2 mL y almacenándola a una temperatura de -8 °C hasta la cuantificación de azúcares reductores y totales.

3.2.4. Método del Ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS)

En tubos de ensayo con tapa se agregó 200 µL de las muestras a analizar y 200 µL de solución de DNS. Durante 5 minutos se mantuvo a los tubos en un baño de agua a ebullición, al finalizar inmediatamente los tubos fueron sumergidos en agua fría ($T < 10$ °C) durante 1 minuto aproximadamente.

Se añadió a cada tubo de ensayo 2 mL de agua destilada o desmineralizada. Utilizando un Vortex se agitó las muestras y se procedió a realizar las lecturas de absorbancia en un Espectrofotómetro UV-Visible a una longitud de onda de

540 nm con respecto al blanco que corresponda para cada tipo de cuantificación que se detalla en los siguientes apartados.

Preparación de las muestras de azúcares congeladas

Para realizar el análisis de azúcares reductores y azúcares totales con hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática empleando invertasa, las muestras deben ser preparadas previamente de la siguiente manera.

Se descongeló a temperatura ambiente un tubo Eppendorf que contiene la muestra de azúcar, la misma una vez descongelada se la centrifugó durante 30 minutos. El sobrenadante que se obtiene al finalizar este proceso será utilizado para realizar los diferentes análisis.

3.2.5. Cuantificación de azúcares reductores

Se tomó una alícuota de 1000 μL de muestra centrifugada que se obtuvo como resultado en la adecuación de la muestra congelada. Se colocó en un tubo Eppendorf limpio y seco previamente pesado y se registró el peso de la alícuota. Se le añadió 20 μL de solución de Cárrez I (solución de hexacianoferrato II de potasio al 15% de agua), 20 μL de solución de Cárrez II (solución de sulfato de cinc heptahidrato al 30% de agua) y se neutralizó la solución añadiendo 100 μL de hidróxido de sodio 0.1 M y se agitó el conjunto, finalmente se centrifugo durante 15 minutos a 13330 rpm.

Se reportó el peso del conjunto y se determinó el factor de dilución obtenido luego del proceso realizado. Finalmente se procedió a realizar la cuantificación de los azúcares reductores de la manera descrita en el apartado 3.2.4.

3.2.6. Cuantificación de azúcares totales

Del sobrenadante obtenido en el proceso de preparación de la muestra congelada, se tomó una alícuota de 1000 μL y fue colocado en un tubo Eppendorf de 2.0 mL y se registró el peso de la muestra. Se añadió 20 μL de solución de Cárrez I (solución de hexacianoferrato II de potasio al 15% de agua), 20 μL de solución de Cárrez II (solución de sulfato de cinc heptahidrato al 30% de agua) y 100 μL de NaOH 0.1 M para la neutralización de la solución. El conjunto se mezcla y pasa a centrifugación durante 15 minutos.

En un tubo previamente pesado Eppendorf de 2.0 mL se agregó una alícuota de 400 μ L del sobrenadante obtenido anteriormente, se registró el peso de la muestra. A continuación, a la muestra fue añadido 40 μ L de HCl concentrado se agitó el conjunto y se llevó a incubó durante 30 minutos a una temperatura de 70 °C a 450 rpm en una microincubadora marca LABNET.

Al finalizar este proceso la mezcla fue neutralizada con solución de NaOH 2M hasta obtener un pH entre 7 a 8, y se aforo a 2 mL con agua destilada. Se realizó la lectura con la prueba de los azúcares con DNS frente al blanco.

3.2.7. Cuantificación de azúcares totales luego de la hidrólisis del extracto empleando invertasa

Para esta determinación se procedió a realizar a la adecuación de la muestra congelada. Se pesó tubos Eppendorf de 2 mL y se agregó una alícuota de 1 mL. A cada tubo se añade 140 μ L de invertasa que contiene 4.14 UI-invertasa/mL (esta enzima se preparó de la manera descrita en el ANEXO G), se mezcló manualmente de manera cuidadosa y se dejó actuar durante 6 horas.

Transcurrido este tiempo se procedió a inactivar la enzima empleando agua a ebullición durante 5 minutos, luego a cada muestra fue agregada 20 μ L de solución de Cárrez I y 20 μ L de Cárrez II por último 100 μ L de solución de hidróxido de sodio 0.1 M para neutralizar el pH, el conjunto fue agitado en Vortex y se colocó en una centrifuga durante 15 minutos a 15600 rpm. Al finalizar se pesó la muestra conjuntamente con la solución para determinar el factor de dilución por diferencia de pesos.

Se realizó la lectura con la prueba de los azúcares con DNS frente al blanco que fue preparada de la misma manera empleando invertasa inactivada térmicamente.

3.2.8. Cuantificación de almidón

Para la cuantificación de almidón se efectuó una hidrólisis enzimática, utilizando el método propuesto por **Adrian et al., (2000)**.

Se tomó un peso de 50mg de harina previamente desengrasada y sin azúcares, añadiéndolo en un tubo para centrifuga de 15 mL adicionando 1 mL de agua y 140 μ L de α -amilasa termoestable de *Bacillus licheniformis*, el conjunto se llevó a

incubación con agitación empleando magnetos en una plancha electrónica a 400 rpm con baño de agua a ebullición durante 30 minutos.

Finalizada la incubación se dejó enfriar la muestra, luego se añadió 2 mL de tampón acetato de sodio 0.1M, medición y regulación del pH de la muestra hasta 4.5. Se añadió 100 μ L de amiloglucosidasa de *Aspergillus niger* diluida en tampón acetato en una relación de 1:10 v/v, finalmente se dejó actuar a una temperatura de 50 °C con agitación de 400 rpm durante una noche.

El día siguiente las muestras se enfriaron en agua a temperatura ambiente para luego ser centrifugadas a una velocidad de 3000 G por 15 minutos, el sobrenadante fue separado y se aforó a un volumen conocido. La cuantificación del almidón hidrolizado se la realizó colocando 1 mL de la muestra en un tubo Eppendorf de 2 mL previamente pesado, se registró el peso de la alícuota añadida. Se añadió a la muestra 20 μ L de solución de Cárrez I, 20 μ L de solución de Cárrez II y para neutralizar el pH se añadió 100 μ L de NaOH 0,1 M se mezcló con un Vortex y se centrifugó el conjunto a 15600 G por 15 minutos. Luego se pesó la muestra total para determinar el factor de dilución por diferencia de peso, procediendo a realizar la prueba de azúcares por el método de DNS que se detalla en el ítem 3.2.4.

El porcentaje de almidón se calculó multiplicando la tasa de glucosa por el factor 0.9 debido a la hidrólisis del almidón con lo que se compensa la fijación de una molécula de agua por cada molécula de glucosa.

3.2.9. Preparación de las muestras para determinación de minerales

De la AOAC. (2005), se tomó como base para la determinación de hierro el método oficial 999.10 y el método 985.35 para la determinación de calcio y magnesio (AOAC, 1997).

Se determinó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica PG Instruments modelo AA500, a 422.71 nm para calcio, 248.35 nm para hierro y 285.24 nm para magnesio.

Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se tomó como base el método oficial 923.03 (AOAC, 2006). Inicialmente, se lavaron 10 crisoles por cada matriz de estudio y

se colocaron en la mufla a 650 °C durante 8 horas. Se enfriaron en un desecador y luego se reportó el peso de cada uno.

Se procedió a pesar aproximadamente 1.5 g de harina seca en cada crisol. A continuación, se colocaron los crisoles en la mufla a 650 °C durante 8 horas, una vez finalizado el proceso se trasladó los crisoles a un desecador para su enfriamiento.

3.2.10. Cuantificación de minerales

a. Preparación de la muestra

Una vez obtenida la ceniza, se procedió a la fase de digestión añadiendo al crisol 500 μL de HCl y 250 μL de HNO_3 concentrado. Se dejó en reposo durante 30 min con el propósito de disolver la ceniza en el ácido. Seguidamente, se filtró la muestra utilizando una jeringa de 1 mL y filtros de 0.45 μm AGILENT CAPTIVA, ECONO FILTER. Luego, se aforó a 25 mL con HNO_3 0.14 M y se guardó en un recipiente adecuado.

b. Determinación del analito (Fe, Mg y Ca)

Previo a la determinación de los micronutrientes, se realizó una curva de calibración para cada mineral. Para esto se utilizaron estándares monoelementales de Fe, Mg y Ca de 1000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ que se llevaron a 5 diluciones con concentraciones de 0.1 a 2, 0.06 a 0.48 y 0.25 a 2 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para cada mineral, respectivamente y aforadas con HNO_3 0.14 M. Además, como blanco se utilizó la solución de HNO_3 0.14 M. En el caso del Ca y Mg se añadió LaCl_3 1 % en los patrones, diluciones a medir y blancos para evitar interferencias.

Luego de haber obtenido las absorbancias de las curvas de calibración se procedió a medir cada matriz. Para ello se prepararon diluciones de cada muestra. Para medir Fe, Mg y Ca se tomaron 5 mL, 200 μL y 1 mL de muestra, y se aforaron a 10, 25 y 10 mL, respectivamente.

CAPITULO IV

Resultados y discusión

1.1.Determinación de humedad

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos sobre el contenido de humedad para las harinas de habichuela (*phaseolus lunatus baby lima bean.*), haba pallar (*phaseolus lunatus*), maca (*lepidium meyenii*) y fréjol (*phaseolus vulgaris*) proporcionadas por las diferentes instituciones.

Tabla 1. Contenido de humedad de las matrices estudiadas.

Contenido de humedad (%)	
Haba Pallar	8.55 ± 0.22
Habichuela	8.66 ± 0.19
Maca	8.71 ± 0.28
Fréjol	8.50 ± 0.07

Los valores en esta tabla presentan la media de 3 réplicas ± desviación estándar.

La mayor humedad obtenida corresponde a la harina de maca con un 8.71 %, el cual se asemeja (7.29 %) de los resultados obtenidos en un estudio realizado por Chen et al. (2015). Debido a que no se dispone de una norma ecuatoriana en la cual indique los requisitos de calidad para cada una de las matrices de estudio, se tomó como referencia la norma NTE INEN 1737. (2016), la cual indica que, como requisito de calidad para harina de maíz, la humedad no debe ser mayor al 13.5 %, cumpliendo el rango de calidad en las harinas de maca, haba pallar, habichuela y fréjol.

Cabe recalcar, que la determinación de humedad es un análisis complicado al momento de obtener datos exactos, existen razones que afectan a esta determinación, una de estas es la manera de preparar la muestra dado a que esta no deber ser expuesta a la atmosfera abierta, esto podría ocasionar que la muestra gane humedad, otras razones es el método de análisis empleado y el procedimiento para la obtención de la harina, se ven involucrados en la variación de los datos por

lo cual se debe tener en cuenta estas indicaciones al momento de determinar este parámetro.

1.2. Determinación de cenizas

El contenido de cenizas obtenido mediante el método 923.03 (AOAC, 2006), de las matrices (maca, habichuela, haba pallar y fréjol) se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Contenido de ceniza de las matrices de estudio.

Contenido de cenizas (%)	
Haba Pallar	4.65 ± 0.04
Habichuela	4.39 ± 0.05
Maca	4.68 ± 0.07
Fréjol	3.66 ± 0.04

Los valores en esta tabla presentan a la media de 10 réplicas con 3 mediciones ± desviación estándar.

El porcentaje de cenizas al igual que la humedad se la realizó por pérdida de peso, en esta determinación se empleó una temperatura de 650 °C, efectuándose la calcinación total de la materia orgánica de las harinas.

Este proceso se lo realizó con la finalidad de adecuar la muestra para la determinación de minerales (Ca, Fe, Mg), siendo el residuo obtenido la parte inorgánica del alimento. De las matrices estudiadas la maca y el haba pallar presentaron un mayor porcentaje de cenizas, la maca presentó un contenido de cenizas del 4.68%, este valor es comparable con 4.8 % reportado en un estudio realizado para maca amarillenta por Valdivia & Giovanna, (2013). El haba pallar tiene un contenido de cenizas de 4.65 % este resultado se asemeja al valor de 4.50 % reportado por la USDA (2018).

Por otra parte, el porcentaje de cenizas para la habichuela fue de 4.39 %. Un reporte obtenido de la USDA (2018), indica que esta leguminosa tiene 3.55 % de cenizas, el resultado experimental obtenido presenta una variación con respecto al dato bibliográfico esto se puede deber a la variedad de la leguminosa con la que

se trabajó como también a la zona de donde esta procede. Finalmente, el fréjol fue la matriz con menor contenido de cenizas (3.66 %), este dato obtenido se asemeja al valor reportado en el estudio realizado por Velasco et al. (2013), en el cual se determinó la composición química de variedades de fréjol de diferentes zonas, indicando que el porcentaje de cenizas se encuentra entre 3.60 % a 4.63 %.

1.3.Determinación de los elementos minerales: calcio (Ca), hierro (Fe) y magnesio (Mg)

En la Tabla 3. Se muestra el contenido de minerales de las harinas estudiadas expresadas en mg de metal por kg de harina seca, que fueron obtenidos con el método oficial 985.35 para el análisis de minerales en fórmula infantil, productos etéreos y comidas para mascotas (AOAC, 1997), mediante la comparación directa a la señal obtenida para sus respectivos patrones.

Tabla 3. Contenido de minerales de las matrices estudiadas

	Calcio mg Ca/kg Harina seca	Hierro Mg Fe/kg Harina seca	Magnesio mg Mg/kg Harina seca	Referencia
Haba Pallar	145 ± 14 (810.0)	47 ± 4 (75.10)	1557 ± 76 (2240.0)	(USDA, 2018)
Habichuela	1382 ± 120 (810.0)	66 ± 6 (61.9)	2055 ± 30 (1880.0)	(USDA, 2018)
Maca	2010 ± 196 (4128.8)	76 ± 3 (70.4)	836 ± 39 (737.7)	(L. Chen, Li, & Fan, 2017)
Fréjol	1303 ± 58 (983.0)	92 ± 7 (51.1)	1592 ± 22 (1186.0)	(Velasco et al., 2013)

Los valores en esta tabla presentan a la media de 10 réplicas con 3 mediciones ± desviación estándar. Entre paréntesis se indica datos referenciales de cada matriz.

El contenido de minerales del haba pallar están por debajo de los valores referenciales, por otro lado, en la habichuela, maca y fréjol el contenido de minerales está por encima de los datos reportados en diferentes estudios (Tabla3).

Estas variaciones de los resultados se pueden deber a que las matrices utilizadas para este estudio son originarias del Ecuador, además la nutrición de la planta depende de las condiciones en las cuales se lleva acabo el cultivo de la misma (matriz).

La FAO (2013), indica que el suelo es la principal fuente de nutrientes para el desarrollo de cultivos, además recalca que cada tipo de planta tiene diferentes requerimientos nutricionales para su óptimo crecimiento. Existen diferentes tipos de suelos y cada uno de estos posee elementos minerales, pero en diferentes cantidades, por esta razón es necesario tener en cuenta el tipo de suelo que se empleará para la producción del cultivo que se va a llevar acabo.

Por otro lado, las condiciones ambientales también afectan la adecuada nutrición y crecimiento de los cultivos, dado que no es suficiente disponer de un suelo fértil si las condiciones en las que se encuentra son extremas impidiendo obtener buenas cosechas.

En la Figura 1. se muestra el contenido de minerales en las matrices estudiadas, el mayor contenido de calcio se encontró en la maca (2010mg/kg) seguidas por las harinas de fréjol y habichuela con 1303 mg/kg y 1382 mg/kg respectivamente, siendo el haba pallar la matriz de estudio con más bajo contenido de este mineral (145.0 mg/kg).

El siguiente metal que se determinó en las matrices fue el magnesio, obteniendo una concentración elevada en la harina de habichuela (2055 mg/kg), seguida por el fréjol y el haba pallar con un contenido de 1592 mg/kg y 1557 mg/kg respectivamente, por último, la maca presentó un contenido de 836 mg/kg.

El siguiente mineral que se determinó en las matrices fue el magnesio, obteniendo una concentración elevada en la harina de habichuela (2055 mg/kg), seguida por el fréjol y el haba pallar con un contenido de 1592 mg/kg y 1557 mg/kg respectivamente, por último, la maca posee un contenido de 836 mg/kg.

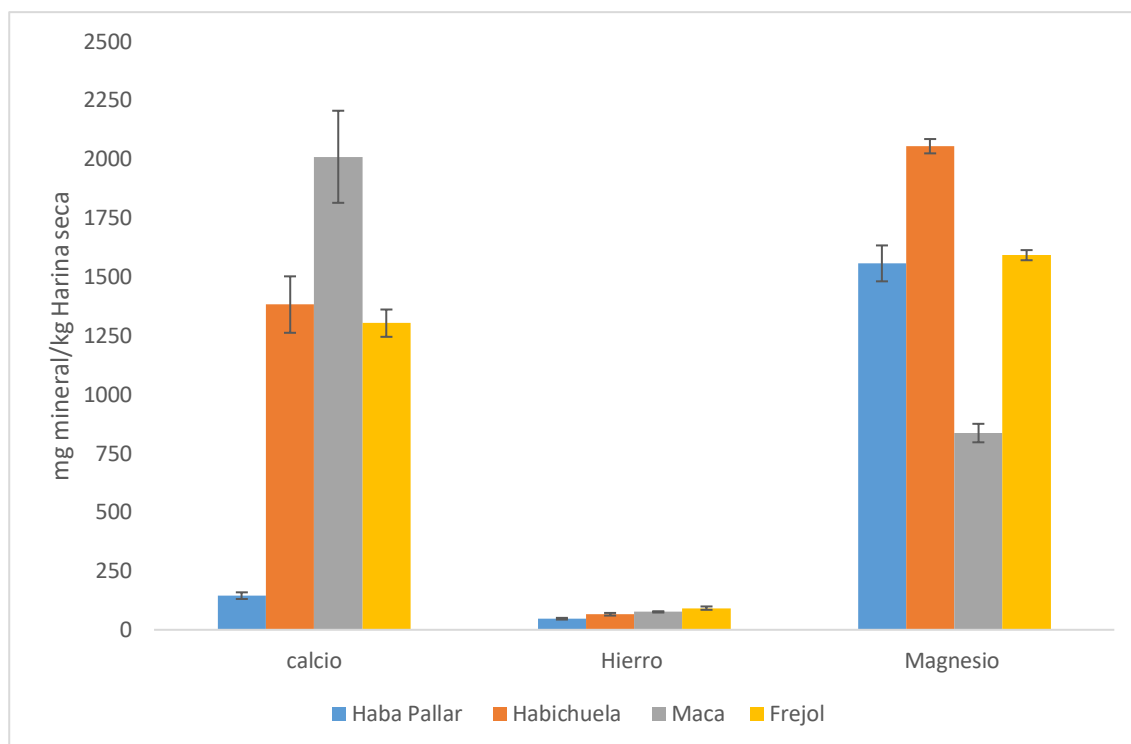


Figura 1. Contenido de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Hierro (Fe) en harinas de Habichuela (*Phaseolus Lunatus* Baby Lima Bean), Haba Pallar (*Phaseolus Lunatus* L.), Maca (*Lepidium Meyenii*) Y Fréjol (*Phaseolus Vulgaris*)

Por último, el fréjol mostró un mayor contenido de hierro (92.0 mg/kg) con respecto a la maca, la habichuela y el haba pallar que poseen un contenido de 76.0 mg/kg, 66.0 mg/kg, 47.0 mg/kg respectivamente.

Estos elementos naturales inorgánicos son necesarios para mantener un correcto funcionamiento del cuerpo humano. El calcio es necesario para una buena salud de los huesos y dientes, además este mineral ayuda en funciones inmunitarias, en la coagulación y funciones nerviosas. En el caso del magnesio es necesario para la producir proteína y ayudada al sistema inmunológico. El hierro participa en la transportación de oxígeno y su déficit puede provocar anemia (Reynaud, 2014).

1.4.Desengrasado de harinas y cuantificación de azúcares totales, reductores y almidón mediante el método DNS

Las harinas de tubérculos como la maca y leguminosas como el fréjol, haba pallar y habichuela poseen hidratos de carbono altos, este compuesto le atribuye al alimento su textura y sabor característico (Plaza-díaz, Augustín, & Hernández, 2013).

La cuantificación de azúcares con DNS se realizó mediante espectrometría, las harinas estudiadas se les realizó un desengrasado previo para reducir las interferencias al mínimo, los resultados obtenidos del contenido de grasa mediante el método Soxhlet se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de grasa de las harinas de habichuela, haba Pallar, maca y fréjol.

Contenido de grasa (%)	
Haba pallar	1.43 ±0.11
Maca	1.24 ±0.06
Habichuela	1.78 ±0.06
Fréjol	1.42 ±0.05

Los valores en esta tabla presentan a la media de 2 réplicas ± desviación estándar.

En todos los casos el contenido de grasa estuvo por debajo del 2%, consistentes con los reportaos por otros autores. Según Valenciano, Fernanda, & Chávez, (2017), en el estudio de la maca obtuvieron como resultado un contenido de grasa de 1.60 %, de igual manera Valenciano et al., (2017), mencionan en su investigación que el fréjol variedad Ejote entero presenta un porcentaje de grasa de 1.30 %.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de azúcares totales, reductores y almidón de las matrices empleadas en el presente estudio.

Tabla 5. Porcentaje de azúcares y almidón presente en las matrices de estudio

	Azúcares reductores (%)	Azúcares totales		Almidón total (%)	Referencia
		Hidrólisis ácida (%)	Invertasa (%)		
Haba pallar	0.05 ± 0.00	4.74 ± 0.26	4.37 ± 0.07	42.21 ± 2.10	
	(0.82)	(9.95)		(44.4)	(Rehman et al., 2001)
Maca	1.46 ± 0.07	14.76 ± 0.59	3.35 ± 0.06	40.27 ± 1.36	
	(13.10)	(18.87)		(23.17)	(Rondán-sanabria & Finardi-filho, 2009)
Habichuela	0.08 ± 0.01	2.71 ± 0.12	2.12 ± 0.13	19.29 ± 1.06	
	(0.2 – 9.5)	(4.48)		(67.72)	(Ezeagu & Ibegbu, 2010)
Fréjol	0.08 ± 0.00	3.25 ± 0.25	2.71 ± 0.06	34.13 ± 0.96	
	(2.97 - 6.84)		(33.6)	(Vargas-Torres et al., 2004)
					(Gouveia, Freitas, Brito, Slaski, & Carvalho, 2014)

Los valores en esta tabla presentan a la media de 2 réplicas con 5 mediciones ± desviación estándar. Entre paréntesis se indica los valores referenciales de cada matriz.

Los azúcares reductores obtenidos están por debajo de los valores referenciales de otras investigaciones realizadas por diferentes autores (Tabla 5), estas semillas y tubérculo al ser autóctonos del Ecuador existe una diferencia del valor nutricional, dado a que la cosecha se la realiza en diferentes zonas del país, por ende, las condiciones que dispondrán las plantas no serán las mismas, unas serán más beneficiosas para el desarrollo de los cultivos que otras.

La maca presenta un mayor contenido de azúcares reductores, dado a que es un tubérculo y estos después de la cosecha y por efecto de la respiración del cultivo transforman rápidamente la sacarosa en dos azúcares reductores: fructosa y glucosa. Estos azúcares al ser combinados con aminoácidos da como resultado una tonalidad marrón y sabor amargo, por otro lado, estos azúcares a temperaturas controladas mayores a 55°C dan como resultado la reacción de Maillard favoreciendo a las propiedades organolépticas de los productos (Silva, Patricia, Alayón, Gómez, & Bernal, 2008).

Aguilera (2009), indica que las leguminosas son una fuente rica en carbohidratos en los que se encuentra: el almidón, los oligosacáridos y la fibra, siendo el almidón el polisacárido mayoritario y de absorción lenta. El hidrato de carbono predominante en las leguminosas es la fibra dietética y almidón resistente también conocidos como carbohidratos indigeribles (Delgado-andrade & Jiménez-lópez, 2016), al no ser digeridos en el tracto gastrointestinal se les confiere un índice glucémico bajo influyendo en la sensación del apetito y la saciedad. (Saura, Goñi, & Serrano, 2007).

En resumen, se muestra en la tabla 6 la información nutricional con resultados de los análisis realizados a las matrices estudiadas. La concentración de azúcares de la presente tabla está expresado en miligramos (mg) por cada 100 gramos de harina seca, y el contenido de minerales se encuentra expresado en mg del metal por cada kilogramo de harina seca.

Tabla 6. Tabla nutricional de alimentos

Matriz	Azúcares reductores (%)	Azúcares totales (%)	Sacarosa (%)	Almidón (%)	[Ca] mg/kg	[Fe] mg/kg	[Mg] mg/kg
Haba pallar	0.05	4.74	4.37	42.21	145	74	1557
Maca	1.46	14.76	3.35	40.27	2010	76	836
Habichuela	0.08	2.71	2.12	19.29	1382	66	2055
Fréjol	0.08	3.25	2.71	34.13	1303	92	1592

Dónde: [Ca]: calcio, [Fe]: hierro, [Mg]: magnesio

1.5.Verificación de las hipótesis

Hipótesis nula

Ho1: El tipo de materia prima empleadas para el estudio si varía en el contenido de carbohidratos (azúcares totales, reductores y almidón) y minerales (hierro, calcio y magnesio).

Hipótesis alternativa

Ha1: El tipo de materia prima empleadas para el estudio no varía en el contenido de carbohidratos (azúcares totales, reductores y almidón) y minerales (hierro, calcio y magnesio).

CAPÍTULO V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se evaluó el contenido nutricional del haba pallar, maca, habichuela y fréjol y se propuso una tabla de información nutricional de las matrices estudiadas (Tabla 6).

Fueron evaluados el contenido de azúcares totales y reductores en harinas de maca, fréjol, habichuela y haba pallar. Siendo la maca la matriz con mayor contenido de azúcares reductores y totales, a diferencia de la harina de haba pallar que mostró el contenido más bajo en azúcares reductores, por otra parte, la matriz con un contenido más pobre en azúcares totales fue el fréjol.

Se determinó el contenido de hierro, magnesio y calcio en harinas de maca, fréjol, habichuela y haba pallar. El fréjol resultó con el mayor contenido de hierro y la habichuela con el menor contenido. Por otro lado, la harina en la que se encontró un alto contenido de calcio fue en la maca a diferencia del haba pallar que mostró un menor contenido, por último, se evidenció que el componente mayoritario de la habichuela fue el magnesio y la harina de maca de menor contenido de este micronutriente.

5.2. Recomendaciones

Determinar el contenido de otros minerales, azúcares no reductores y almidón no digerible, tanto para las matrices estudiadas en este trabajo como para otras de Ecuador de distintas procedencias de tal manera que se extienda la tabla de información nutricional y así lograr tener mayor conocimiento de los rubros autóctonos.

Bibliografía

- Adrian, J, Potus, J., Poiffait, A. Y., & Dauvillier. (2000). P.(2000). *Análisis Nutricional de Los Alimentos*. Acribia, Zaragoza.
- Adrian, Jean, Potus, J., & Poiffait, A. (2000). *Análisis nutricional de los alimentos*. Editorial Acribia.
- Aguilera, Y. (2009). *Harinas De Leguminosas Deshidratadas: Caracterización Nutricional Y Valoración De Sus Propiedades Tecno-Funcionales*.
- Aguirre, Z. M., Madsen, J. E., Cotton, E., Balslev, H., & Austroecuatorialiana, B. (2017). *Leguminosas del sur de Ecuador*, pp. 185–224 en Z. Aguirre M., J. E. Madsen, E. Cotton y H. Balslev (eds.), *Botánica Austroecuatorialiana — Estudios sobre los recursos vegetales en las...* (February), 185–224.
- Alveal, K., Ferrario, E., Oliveria, E., & Sar, E. (2008). Manual de Métodos Generales Para Determinación De Carbohidratos. *Química*, 2(1), 2–33. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fcp641e/doc/fcp641e.pdf>
- AOAC. (1997). *Official Method of Analysis 985.35. Minerals in Infant Formula, Enteral Products, and Pet Foods* (18th Editi). Cap 50.
- AOAC. (2000). *Association Of Official Analutical Chemists Official Methods Of Analysis Of A.O.A.C. 920.39c. International* (17th Editi). Maryland, USA.
- AOAC. (2005). *Official Method of Analysis 999.10. Lead, Cadmium, Zinc Copper, and Iron in Foods* (18th Editi). Cap 9.
- AOAC. (2006). *Official Method of Analysis 923.03. Ash determination* (15th Editi). USA.
- AOAC. (2012). *Official Method of Analysis 925.10. Moisture determination* (15th ed.). USA.
- Basantes, R. (2015). *Manejo De Cultivos Andinos Del Ecuador*. Retrieved from www.repositorio.espe.edu.ec.
- Burton, B. T. (1966). *Nutrición Humana* (2da ed.; O. P. de la Salud, Ed.). Washington D.C.
- Chen, J., Zhao, Q., Wang, L., Zha, S., Zhang, L., & Zhao, B. (2015). Physicochemical and functional properties of dietary fiber from maca (*Lepidium meyenii* Walp.)

- liquor residue. *Carbohydrate Polymers*, 132, 509–512.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.079>
- Chen, L., Li, J., & Fan, L. (2017). The nutritional composition of maca in hypocotyls (*Lepidium meyenii* walp.) cultivated in different regions of China. *Journal of Food Quality*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/3749627>
- De Almeida Costa, G. E., Da Silva Queiroz-Monici, K., Pissini Machado Reis, S. M., & De Oliveira, A. C. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94(3), 327–330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.020>
- Delgado-andrade, C., & Jiménez-lópez, J. C. (2016). *Nutricionales y beneficiosos effects of grain legumes on. 192.*
- Espín, S., Brito, B., Villacrés, E., Rubio, A., Nieto, C., & Grijalva, J. (2001). Composicion Quimica, Valor Nutricional y Usos Potenciales de Siete Especies de Raices y Tubérculos Andinos. *Quito: SENESCYT-FUNDACYT*, Vol. 7, pp. 49–63. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1045/1/T-SENESCYT-0230.pdf>
- Ezeagu, I. E., & Ibegbu, M. D. (2010). *Biochemical Composition and Nutritional Potential of Ukpa : a Variety of Tropical Lima Beans (Phaseolus Lunatus) From Nigeria – a Short Report. 60(3), 231–235.*
- FAO. (2006). *Guía de Nutrición de la Familia*. Roma: Organización de las naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas.*
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Ecuador y la FAO. 593(02).*
- Freire W.B, Ramírez M.J., Belmont P, Mendieta M.J., Silva M.K., & Romero N., et al. (2013). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. In *Resumen Ejecutivo* (Vol. 1). <https://doi.org/042816>
- Gallegos, R. (2016). *Determinación de sodio, potasio, Hierro , Zinc y Calcio en tres leguminosas : garbanzo, soya y maní, por espectrofotometría de absorción*

atómica de llama. 9–19.

Gouveia, C. S. S., Freitas, G., Brito, J. H. De, Slaski, J. J., & Carvalho, M. Â. A. P. De. (2014). *Nutritional and Mineral Variability in 52 Accessions of Common Bean Varieties (Phaseolus vulgaris L.) from Madeira Island*. (March), 317–329.

Heuzé, V., Tran, G., Sauvant, D., Bastianelli, D., & Lebas, F. (2015). Lima bean (Phaseolus lunatus). *Feedipedia, a Programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.*, 4, Last updated on May 11, 2015, 14:31. Retrieved from <http://www.feedipedia.org/node/267>

IDTG. (2009). El cultivo de la Maca. Retrieved August 29, 2018, from Soluciones Practicas website: <https://solucionespracticassite.org.pe/ficha-tecnica-n-11-el-cultivo-de-la-maca>

Instituto de Salud Pública de Chile. (2016). *Nutrición y situación alimentaria actual* (Vol. 6). Retrieved from <http://www.ispch.cl/sites/default/files/documento/2017/01/BoletinNutricion.pdf>

Latham, M. C. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. *Alimentación y Nutrición*, 29, 99–204. Retrieved from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/w0073s/W0073S04.pdf>

MAGAP. (2013). *Producción Nacional Frejol Tierno y Seco*. 5. Retrieved from <http://sipa.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/frejol.pdf>

NTE INEN 1737. (2016). *HARINA DE MAÍZ PRECOCINADA SIN GERMEN. REQUISITOS*.

Organizacion Mundial de la Salud. (2003). Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. *Informe de Una Consulta Mixta de Expertos OMS/FAO*, 1–86.

Oshaug, A., & Haddad, L. (2002). *Nutrición y Agricultura*.

Peralta, E, Murillo, A., Mazon, N., Monar, C., & Rivera, M. (2010). Manual agrícola de fréjol y otras leguminosas. *Iniap*, 135(135), 78. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Peralta, Eduardo, Nelson, M., Angel, M., & José, P. (2012). Línea del tiempo: Mejoramiento genético del fréjol común. In *INIAP - Estación Experimental Santa*

Catalina.

- Plaza-díaz, J., Augustín, O. M., & Hernández, Á. G. (2013). *Los alimentos como fuente de mono y disacáridos : aspectos bioquímicos y metabólicos*. 28, 5–16.
- Rehman, Z., Salariya, A. ., & Zafar, S. . (2001). Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 73(3), 351–355. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00311-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00311-3)
- Reynaud, A. C. (2014). Requerimiento de micronutrientes y oligoelementos. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 60(2), 161–170. <https://doi.org/10.31403/rpgo.v60i131>
- Rondán-sanabria, G. G., & Finardi-filho, F. (2009). Physical – chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers). *Food Chemistry*, 114(2), 492–498. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.076>
- Saura, F., Goñi, I., & Serrano, J. (2007). *Caracterización de los alimentos tradicionales de la dieta española: alegaciones nutricionales y alegaciones en salud*.
- Shimelis, E. A., Meaza, M., & Rakshit, S. K. (2006). Physico-chemical Properties, Pasting Behavior and Functional Characteristics of Flours and Starches from Improved Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Varieties Grown in East Africa. *Agricultural Engineering International*, 8, 1–19. Retrieved from https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/10533/FP_05_015_Admassu_final_24Feb2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sifuentes-Penagos, G., León-Vásquez, S., & Paucar-Menacho, L. M. (2015). Study of Maca (*Lepidium meyenii* Walp.), Andean crop with therapeutic properties. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 131–140. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.02.06>
- Silva, R. L., Patricia, A., Alayón, L., Gómez, R., & Bernal, H. (2008). *Efecto De Dosis De Fe , Cu , Mn , Zn , B Y Mo En El Contenido De Azúcares Reductores Y Totales Y En La Calidad De Fritado En Papa Criolla (Solanum Phureja) Effect Of Doses Of Fe , Cu , Mn , Zn , B And Mo On Reducend And Total Sugars And On Fried Quality*. 163–173.
- Tapia, M. E., Fries, M., Mazar, I., & Rosell, C. (2007). Agronomía de los cultivos

- andinos. *Guia de Campo de Los Cultivos Andinos (Field Guide to Andean Crops)*, 21–122. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s04.pdf>
- Taylor, P., Sathe, S. K., Deshpande, S. S., Salunkhe, D. K., & Rackis, J. J. (2009). *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition Dry beans of phaseolus . A review . Part 1 . Chemical composition : Proteins*. (May 2013), 37–41. <https://doi.org/10.1080/10408398409527382>
- United States Department of Agriculture. (2018a). *Lima beans, large, mature seeds, raw Report*.
- United States Department of Agriculture. (2018b). *Lima beans, thin seeded (baby), mature seeds, raw Report*. Retrieved from <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09148?n1=%7BQv%3D1%7D&fgcd=&man=&lfacet=&count=&max=25&sort=default&qlookup=kiwifruit&offset=&format=Full&new=&measureby=&Qv=1&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
- Valdivia, H., & Giovanna, A. (2013). *EVALUACION DEL CONTENIDO DE MINERALES DE LEPIDIUM MEYENII, MACA NATURAL BOLIVIANA*. 30(1), 74–79.
- Valenciano, F., Fernanda, A., & Chávez, S. (2017). *Revista Electrónica Nova Scientia Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México Study of physicochemical properties and nutritional quality in different varieties of beans consumed in Mexico América Fernanda Fernández Valenciano 1 y*.
- Valladolid Chiroque, A. (2016). *Leguminosas de grano. cultivares y clases comerciales del peru*. 75. Retrieved from <http://minagri.gob.pe/portal/download/legumbres/catalogo-leguminosas.pdf>
- Van Tuil, R., Fowler, P., Lawther, M., & Weber, C. J. (2000). Biobased Packaging Materials for the Food Industry. *J. Food Sci. & Technol*, 5(November), 69. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200105\)53](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200105)53)
- Vargas-Torres, A., Osorio-Díaz, P., Tovar, J., Paredes-López, O., Ruales, J., & Bello-Pérez, L. A. (2004). Chemical Composition, Starch Bioavailability and Indigestible fraction of Common Beans (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Starch/Staerke*, 56(2), 74–78. <https://doi.org/10.1002/star.200300205>

Velasco, O., San Martín, E., Aguilar, M., Pajarito, A., & Mora, R. (2013). *Propiedades Físicas Y Químicas Del Grano De*. 25(3), 161–166.

Zambrana, V., Boris, H., Almanza, & Giovanna. (2013). *Evaluación del contenido de minerales de lepidium meyenii, maca natural boliviana*. 30(1), 74–79.

ANEXOS

ANEXO A

DATOS OBTENIDOS DURANTE LA DETERMINACIÓN DE HIERRO, CALCIO Y MAGNESIO EN LAS CUATRO MATRICES

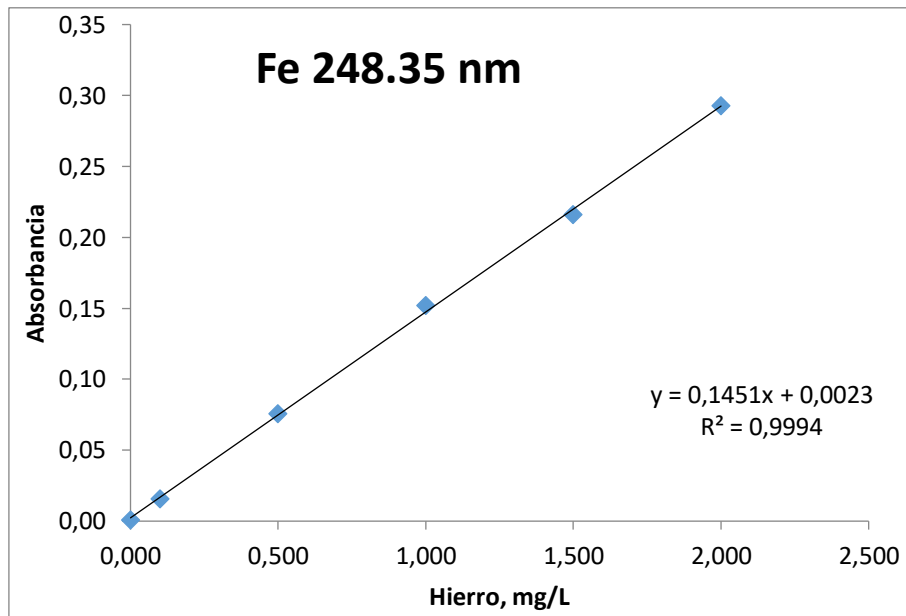


Figura 2. Curva de calibración de hierro a partir de patrones acuosos medido a 248.35 nm

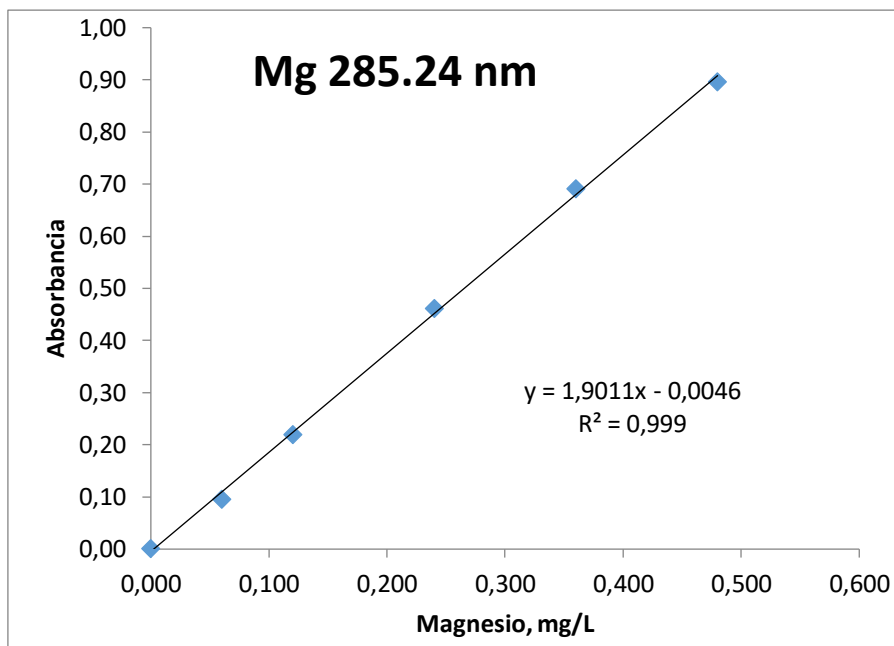


Figura 3. Curva de calibración de magnesio a partir de patrones acuosos medido a 285.24 nm

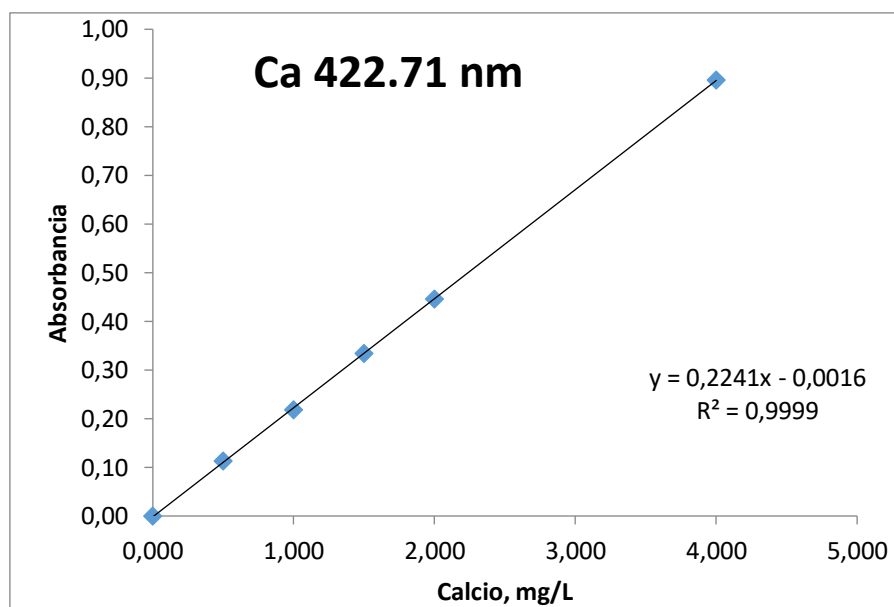


Figura 4. Curva de calibración de calcio a partir de patrones acuosos medido a 422.71 nm

Tabla 7. Condiciones instrumentales del equipo para cada elemento

Parámetros de análisis	Hierro (Fe)	Magnesio (Mg)	Calcio (Ca)
Línea analítica	248.3 nm	285.2 nm	422.7 nm
Tipo de flama	Aire/Aceliteno	Aire/Aceliteno	N ₂ O/Aceliteno

Banda ancha	0.2 nm	0.4 nm	0.4 nm
Factor de filtro	1.0	1.0	1.0
Fondo/Ambiente	D2/SR	D2/SR	Ninguno/SR
Ajuste de llama	Azul oxidante	Azul oxidante	Rojo reductor
Sensibilidad	0.05 mg/L	0.003mg/L	0.01mg/L
Límite de detección	0.0046 mg/L	0.0018 mg/L	0.0042 mg/L
Intervalo lineal	0.03-8.00 mg/L	0.007-0.4 mg/L	0.02-2.00 mg/L

Tabla 8. Datos obtenidos de cenizas y concentración de micronutrientes

Harina	# Crisol	W crisol (g)	W c + muestra (g)	W c + ceniza (g)	% cenizas	Cantidad de harina (g)	[µg Fe/g]	[µg Ca/g]	[µg Mg/g]
Haba Pallar	1	24.8981	25.5939	24.9302	4.61%	0.6958	42.8	163.6	1363.0
	2	26.0888	26.6847	26.1163	4.61%	0.5959	46.8	159.1	1514.3
	3	25.9651	26.5627	25.9931	4.69%	0.5976	50.3	174.6	1692.8
	4	24.7302	25.3302	24.7583	4.68%	0.6000	41.9	109.5	1551.8
	5	23.6853	24.2814	23.7130	4.65%	0.5961	60.6	154.9	1611.2
	6	25.3683	25.9635	25.3958	4.62%	0.5952	46.7	155.3	1609.2
	7	24.9379	25.5302	24.9656	4.68%	0.5923	44.0	142.1	1557.5
	8	25.3037	25.9043	25.3317	4.66%	0.6006	46.3	142.0	1488.1
	9	25.3451	25.9403	25.3735	4.77%	0.5952	45.3	128.4	1636.8
	10	25.1656	25.7662	25.1945	4.81%	0.6006	46.9	121.3	1540.7
Habichuela	1	24.9009	25.5082	24.9274	4.36%	0.6073	72.5	1299.9	2074.1
	2	26.0920	26.6903	26.1184	4.41%	0.5983	76.7	1158.2	2027.3
	3	25.9672	26.5673	25.9936	4.40%	0.6001	72.6	1154.8	1986.1
	4	24.7341	25.3367	24.7598	4.26%	0.6026	57.7	1430.1	2059.3
	5	23.6884	24.2920	23.7153	4.46%	0.6036	60.7	1414.4	2117.8
	6	25.3705	25.9729	25.3970	4.40%	0.6024	61.6	1377.2	2021.2
	7	24.8890	25.4952	24.9159	4.44%	0.6062	61.2	1408.4	2004.7

	8	25.3069	25.9036	25.3337	4.49%	0.5967	61.6	1605.9	2064.0
	9	25.3487	25.9523	25.3748	4.32%	0.6036	68.5	1587.6	2129.4
	10	25.1681	25.7698	25.1945	4.39%	0.6017	68.3	1378.8	2070.1
Maca	1	24.8981	25.5939	24.9262	4.04%	0.6958	78.1	2011.3	784.9
	2	26.0888	26.6847	26.1193	5.12%	0.5959	77.1	2108.3	773.7
	3	25.9651	26.5627	25.9932	4.70%	0.5976	72.9	2373.0	864.5
	4	24.7302	25.3303	24.7583	4.68%	0.6001	81.5	2252.1	797.8
	5	23.6853	24.2814	23.7131	4.66%	0.5961	72.9	2198.8	847.5
	6	25.3683	25.9635	25.3971	4.84%	0.5952	83.0	1629.6	813.5
	7	24.9379	25.5302	24.9652	4.61%	0.5923	79.7	1918.7	878.4
	8	25.3037	25.9043	25.3315	4.63%	0.6006	71.6	1660.3	825.3
	9	25.3451	25.9403	25.3735	4.77%	0.5952	73.2	1861.2	940.8
	10	25.1656	25.7662	25.1939	4.71%	0.6006	69.5	2085.4	834.1
Fréjol	1	25.5639	26.1700	25.5858	3.61%	0.6061	109.5	1213.0	1615.8
	2	25.6792	26.2883	25.7010	3.58%	0.6091	89.9	1287.4	1573.3
	3	24.8872	25.4876	24.9093	3.68%	0.6004	85.8	1244.9	1545.5
	4	24.8803	25.4822	24.9023	3.66%	0.6019	84.8	1495.9	1565.0
	5	25.0517	25.6529	25.0746	3.81%	0.6012	99.6	1294.1	1644.5
	6	25.8770	26.4823	25.8988	3.60%	0.6053	94.3	1376.3	1579.3

	7	25.1583	25.7618	25.1805	3.68%	0.6035	88.4	1350.0	1618.9
	8	24.5695	25.1738	24.5918	3.69%	0.6043	79.0	1297.6	1578.1
	9	24.5570	25.1582	24.5787	3.61%	0.6012	98.8	1233.1	1559.0
	10	25.1358	25.7356	25.1579	3.68%	0.5998	89.7	1236.0	1640.6

Tabla 9. Resultados obtenidos en la determinación de minerales en harina de Haba Pallar

Haba Pallar, mg metal/kg Harina seca					
	Calcio	Hierro	Magnesio	Cenizas	% Humedad
	161	44.8	1439	4.61%	8.80%
	142	46.1	1622	4.68%	8.50%
	155	53.6	1610	4.63%	8.36%
	142	45.1	1523	4.67%	
	125	46.1	1589	4.79%	
Promedio	145	47	1557	4.68%	8.55%
Desv. Estandar	14	4	76	0.07%	0.22%
CV.	9,7%	7.8%	4.9%	1.5%	2.6%

Dónde: Desv. Estándar: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 10. Resultados obtenidos en la determinación de minerales en harina de Habichuela.

Habichuela, mg metal/kg Harina seca					
	Calcio	Hierro	Magnesio	Cenizas	% Humedad
	1229	74.6	2051	4.39%	8.76%
	1292	65.2	2023	4.33%	8.78%
	1396	61.1	2070	4.43%	8.44%
	1507	61.4	2034	4.46%	
	1483	68.4	2100	4.36%	
Promedio	1382	66	2055	4.39%	8.66%
Desv. Estandar	120	6	30	0.05%	0.19%
CV.	8.7%	8.5%	1.5%	1.2%	2.2%

Dónde: Desv. Estándar: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 11. Resultados obtenidos en la determinación de minerales en harina de Maca

Maca, mg metal/kg Harina seca					
	Calcio	Hierro	Magnesio	Cenizas	% Humedad
	2060	77.6	779	4.58%	8.88%
	2313	77.2	831	4.69%	8.39%
	1914	77.9	830	4.75%	8.86%
	1789	75.7	852	4.62%	
	1973	71.3	887	4.74%	
Promedio	2010	76	836	4.68%	8.71%
Desv. Estandar	196	3	39	0.07%	0.28%
CV.	9.7%	3.6%	4.7%	1.6%	3.2%

Dónde: Desv. Estandar: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

Tabla 12. Resultados obtenidos en la determinación de minerales en harina de Fréjol

Fréjol, mg metal/kg Harina seca					
	Calcio	Hierro	Magnesio	Cenizas	% Humedad
	1250	99.7	1595	3.60%	8.52%
	1370	85.3	1555	3.67%	8.42%
	1335	96.9	1612	3.71%	8.55%
	1324	83.7	1598	3.68%	
	1235	94.2	1600	3.65%	
Promedio	1303	92	1592	3.66%	8.50%
Desv. Estandar	58	7	22	0.04%	0.07%
CV.	4.5%	7.7%	1.4%	1.1%	0.8%

Dónde: Desv. Estandar: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

ANEXO B

DESENGRASADO DE HARINAS

Tabla 13. Datos para la cuantificación de grasa en harinas de maca, habichuela, fréjol y haba palla

Muestra	Capuchón vacío (g)	Muestra inicial (g)	Vaso núcleo vacío (g)	Vaso+ núcleo + grasa (g)	Capuchón S/G (g)	Muestra S/G (g)	% Grasa	Promedio	Desviación Estándar
Haba palla	5.0590	2.5429	74.4852	74.5197	7.4710	0.0345	1.3567	1.43	0.11
	5.6342	2.5096	74.6621	74.7000	8.0166	0.0379	1.5102		
Maca	5.1049	2.5369	75.3236	75.3562	7.5571	0.0326	1.2850	1.24	0.06
	5.3274	2.5055	76.2265	76.2566	7.7689	0.0301	1.2014		
Habichuela	5.155	2.5245	76.0908	76.1346	8.1509	0.0438	1.7350	1.78	0.06
	5.2153	2.5182	75.3209	75.3667	7.5796	0.0458	1.8188		
Fréjol	4.9128	2.5151	74.8038	74.8387	7.8289	0.0349	1.3876	1.42	0.05
	4.9389	2.5209	76.0903	76.127	7.276	0.0367	1.4558		

Dónde: S/G: sin grasa

ANEXO C

Tabla 14. Datos obtenidos para el cálculo de porcentaje de azúcares en las matrices

Muestra	Capuchón S/A (g)	Residuo S/A (g)	% Residuo	% Azúcares	Peso aforo (g)
Haba pallar	7.1127	2.0537	80.7621	19.2379	10.0110
	7.6755	2.0413	81.3397	18.6603	10.0712
Maca	6.9433	1.8384	72.4664	27.5336	10.0007
	7.1892	1.8618	74.3085	25.6915	10.0274
Habichuela	7.3277	2.1727	86.0646	13.9354	10.1904
	7.4658	2.2505	89.3694	10.6306	10.0915
Fréjol	7.0453	2.1325	84.7879	15.2121	10.1127
	7.2308	2.2919	90.9159	9.0841	10.0231

Dónde: S/A: sin azúcar

ANEXO D

Tabla 15. Datos utilizados para la elaboración de la curva estándar de glucosa

Volumen de sol. de glucosa (mL)	Peso de sol. de glucosa. (g)	Volumen de H ₂ O (mL)	peso total. (g)	concentración [mg/ml]	absorbancia (540nm)
0	0	1	1	0	0
0.100	0.099	0.900	0.988	0.201	0.099
0.200	0.197	0.800	0.986	0.400	0.213
0.300	0.290	0.700	0.981	0.592	0.316
0.400	0.391	0.600	0.977	0.801	0.440
0.500	0.493	0.500	0.987	0.998	0.560
0.600	0.598	0.400	0.987	1.211	0.672
0.700	0.686	0.300	0.987	1.391	0.773
0.800	0.804	0.200	1.007	1.597	0.901
0.900	0.894	0.100	0.996	1.794	1.000
1.000	0.979	0.000	0.979	2.000	1.096

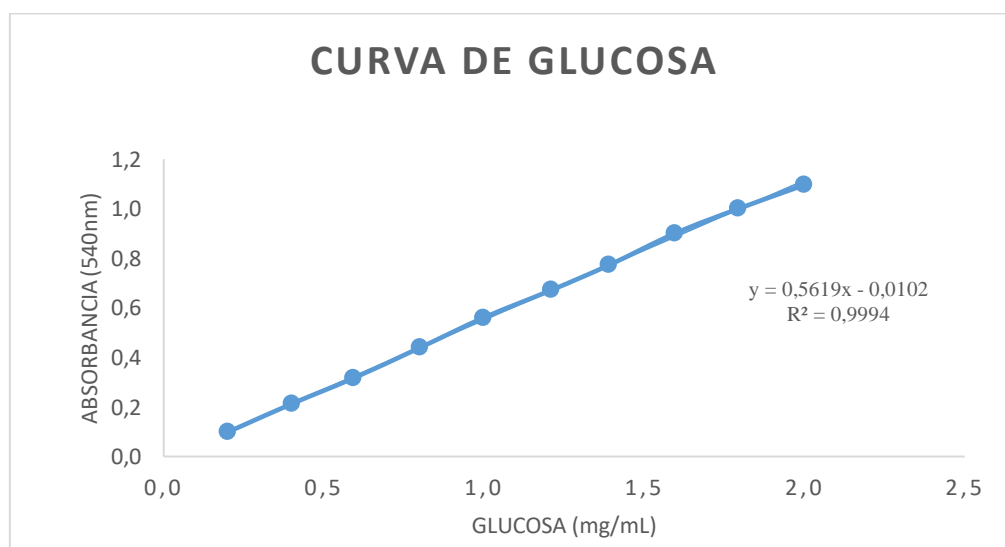


Figura 5. Curva estándar de glucosa

ANEXO E

Tabla 16. Datos obtenidos en la fase experimental para la cuantificación de los azúcares reductores en harinas de maca, haba pallar, habichuela y

MUESTRA	Replica	Muestra g	ABSORBANCIA				AZÚCAR REDUCTOR %				Promedio %	Desv. Estándar	CV
			1	2	3	4	1	2	3	4			
Maca	1	2.5429	0.3690	0.3730	0.3500	0.3820	1.5074	1.5234	1.4312	1.5595	1.46	0.07	4.60
	2	2.5096	0.3500	0.3370	0.3200	0.3320	1.4823	1.4283	1.3577	1.4076			
Haba Pallar	1	2.5369	0.0480	0.0490	0.0510	0.0480	0.0446	0.0454	0.0470	0.0446	0.05	0.002	3.51
	2	2.5055	0.0440	0.0480	0.0470	0.0500	0.0421	0.0454	0.0445	0.0470			
Habichuela	1	2.5245	0.0210	0.0200	0.0200	0.0220	0.0929	0.0895	0.0895	0.0962	0.09	0.01	5.81
	2	2.5182	0.019	0.019	0.019	0.018	0.0843	0.0843	0.0843	0.0811			
Fréjol	1	2.5151	0.013	0.013	0.012	0.013	0.0823	0.0823	0.0782	0.0823	0.08	0.002	2.50
	2	2.5209	0.018	0.018	0.017	0.017	0.0813	0.0813	0.0781	0.0781			

fréjol

Tabla 17. Datos obtenidos en la fase experimental para la cuantificación de los azúcares totales en harinas de maca, haba pallar, habichuela y fréjol.

MUESTRA	Replica	Muestra g	ABSORBANCIA				AZÚCARES TOTALES %				Promedio %	Desv. Estándar	CV
			1	2	3	4	1	2	3	4			
Maca	1	2.5429	0.681	0.677	0.680	0.672	14.8494	14.7631	14.8278	14.6551	14.76	0.09	0.59
	2	2.5096	0.686	0.683	0.694	0.688	14.7169	14.6532	14.8868	14.7593			
Haba Pallar	1	2.5369	0.472	0.479	0.476	0.472	4.4704	4.5357	4.5077	4.4704	4.74	0.26	5.53
	2	2.5055	0.472	0.472	0.473	0.469	4.9895	4.9895	4.9999	4.9583			
Habichuela	1	2.5245	0.575	0.582	0.592	0.597	2.7541	2.7872	2.8345	2.8582	2.71	0.12	4.35
	2	2.5182	0.553	0.556	0.525	0.547	2.6481	2.6623	2.5157	2.6198			
Fréjol	1	2.5151	0.764	0.776	0.775	0.773	3.4493	3.5030	3.4985	3.4895	3.25	0.25	7.69
	2	2.5209	0.687	0.683	0.69	0.676	3.0323	3.0149	3.0455	2.9843			

Tabla 18. Datos obtenidos en la fase experimental mediante el uso de invertasa para la cuantificación de los azúcares totales en harinas de maca, haba pallar, habichuela y fréjol.

MUESTRA	Replica	Muestra g	ABSORBANCIA				AZÚCARES TOTALES %				Promedio %	Desv. Estándar	CV
			1	2	3	4	1	2	3	4			
Maca	1	2.5429	0.447	0.449	0.456	0.44	3.3880	3.4029	3.4551	3.3357	3.35	0.06	1.91
	2	2.5096	0.435	0.432	0.433	0.438	3.2984	3.2760	3.2835	3.3208			
Haba Pallar	1	2.5369	0.597	0.588	0.57	0.577	4.4848	4.4180	4.2843	4.3363	4.37	0.07	1.52
	2	2.5055	0.592	0.596	0.588	0.581	4.3786	4.4079	4.3494	4.2982			
Habichuela	1	2.5245	0.299	0.298	0.301	0.297	2.2443	2.2370	2.2590	2.2296	2.12	0.13	6.13
	2	2.5182	0.26	0.263	0.273	0.264	1.9678	1.9899	2.0636	1.9973			
Fréjol	1	2.5151	0.365	0.363	0.366	0.367	2.7355	2.7208	2.7429	2.7502	2.71	0.06	2.25
	2	2.5209	0.357	0.371	0.37	0.349	2.6412	2.7428	2.7356	2.5832			

Tabla 19. Datos obtenidos en la fase experimental mediante el uso de invertasa para la cuantificación de los azúcares totales en harinas de maca, haba pallar, habichuela y fréjol.

MUESTRA	Replica	Muestra g	ABSORBANCIA				ALMIDÓN TOTAL %				Promedio %	Desv. Estándar	CV
			1	2	3	4	1	2	3	4			
Maca	1	51.50	0.279	0.271	0.281	0.274	41.1394	39.9886	41.4271	40.4201	40.42	1.74	4.30
	2	52.30	0.249	0.289	0.279	0.282	36.4315	42.1241	40.7010	41.1279			
	3	53.30	0.273	0.272	0.272	0.270	40.0069	39.8640	39.8640	39.5782	40.13	0.93	2.32
	4	52.80	0.273	0.263	0.270	0.285	40.4622	39.0171	40.0287	42.1964			
Haba Pallar	1	51.60	0.228	0.226	0.235	0.227	40.0006	39.6602	41.1922	39.8304	40.43	0.82	2.02
	2	51.30	0.233	0.229	0.224	0.237	41.0688	40.3843	39.5287	41.7533			
	3	50.60	0.225	0.220	0.237	0.227	43.5572	42.6184	45.8103	43.9327	44.00	1.20	2.73
	4	50.70	0.222	0.231	0.223	0.236	42.8994	44.5854	43.0867	45.5222			
Habichuela	1	52.30	0.111	0.101	0.12	0.104	18.9370	17.5671	20.6579	18.0551	18.80	0.95	5.06
	2	51.30	0.098	0.098	0.104	0.099	18.3561	18.3561	19.4052	18.5310			

	3	52.10	0.105	0.107	0.105	0.103	18.6830	19.5804	19.2368	18.8933	19.84	0.90	4.54
	4	51.50	0.108	0.101	0.104	0.1	21.2165	20.2393	20.8015	20.0519			
Fréjol	1	52.20	0.192	0.195	0.197	0.191	33.8691	34.3797	34.7201	33.6989	34.17	0.83	2.44
	2	51.80	0.185	0.182	0.181	0.182	33.1990	32.6803	32.5074	32.6803			
	3	50.50	0.182	0.18	0.181	0.182	35.4141	35.0393	35.2267	35.4141	34.80	0.53	1.51
	4	51.00	0.187	0.187	0.188	0.186	34.3305	34.3305	34.5075	34.1535			

ANEXO F

Preparación de la solución de DNS

Para preparar 100 de solución.

- Disolver (bajo agitación magnética en una plancha con calentamiento) 1 g de ácido 3,5-Dinitrisalicílico al 98 % en 40 mL de agua destilada mantenida a 40 °C .
- Agregar 20 mL de hidróxido de sodio 2 M y a continuación (poco a poco) 30 g de tartrato de sodio y potasio.
- Enfriar y aforar a 100 mL con agua destilada.

ANEXO G

Extracción de invertasa

- Disolver con agitación moderada, 14 g de levadura en polvo en 50 mL solución de bicarbonato de sodio en un frasco con tapa de 100 mL.
- Mantener la agitación por 1 hora e incubar en un baño termostatzado a 35 °C por 15 h.
- Transcurrido este tiempo, destapar el frasco con cuidado, eliminar los gases formados.
- Refrigerar la suspensión de levadura en un baño con hielo y verter en cuatro tubos de centrifuga de 15 mL.
- Centrifugar por 30 min a la graduación 8,5 en la centrifuga de tapa anaranjada de Análisis de Alimentos.
- Recuperar el sobrenadante y almacenar a -80 °C.