



**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 firiguero (*Vigna unguiculata L.*) y una mezcla de siete harinas 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:** Erick Paul Moreira Campoverde

**Tutor:** Dr. Jorge Alexander Briceño Carrasquel

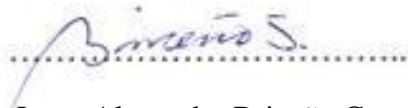
**Ambato – Ecuador**  
**Agosto 2019**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

**Dr. Jorge Alexander Briceño Carrasquel**

### **CERTIFICA:**

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



Dr. Jorge Alexander Briceño Carrasquel

C.I: 175840407-1

### **TUTOR**

Ambato, 14 de junio de 2019

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Erick Paul Moreira Campoverde, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo la obtención del título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



.....  
Sr. Erick Paul Moreira Campoverde

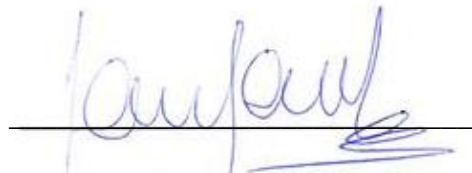
C.I. 070540075-2

**AUTOR**

## APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE 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 de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Ing. Mg. César Augusto German Tomalá

C.I. 18116710-5



PhD. Dayana Cristina Morales Acosta

C.I. 180413557-0

Ambato, 22 de julio del 2019

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Investigación o parte de él, 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 Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto 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.



.....  
Erick Paul Moreira Campoverde

C.I. 070540075-2

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

**PARA MI MADRE LUPE,  
MI PADRE ARTURO, MIS  
HERMANAS YESENIA, YANINA,  
YOMARA Y HERMANO LUIS  
MI ESPOSA CINTHIA E HIJA ISABELA  
MIS SOBRINOS PAULA, NICO, PAUL, LUIS Y AMELIA  
POR SER PARTE DE ESTE LOGRO  
LOS AMO**

*Cree en ti mismo y en lo que eres. Se consciente de que hay algo en tu interior que es más grande que cualquier obstáculo.*

*(Christian D. Larson)*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por cuidarme y bendecirme durante todo mi camino, a mi madre Lupe Campoverde, que con su esfuerzo hizo que sea quien soy ahora, gracias por brindarme su confianza y amor incondicional que hizo todo esto posible por estar pendiente de mí, todos los días, a mi padre Arturo Moreira gracias por el apoyo brindado durante todo este tiempo. Gracias por el amor de ustedes.

A mis hermanas Yesenia Corella, Yanina Corella y Yomara Corella y mi hermano Luis Moreira por todo el apoyo durante este tiempo, por cuidar de mi cuando era pequeño, jamás olvidare de los momentos que hemos compartido, son los mejores hermanos que tengo los quiero mucho.

A Cinthia Estefanía Romero, gracias por el amor incondicional durante todos estos años que nos conocemos, eres una gran mujer y con quien tuve el privilegio de ser padre te amo.

A Isabella Victoria Moreira, quien es el motor de mi vida por quien daría todo lo que tengo, a ti mi adorada hija que con tu sonrisa y amor eres lo mejor que me ha pasado te amo.

A todos mis seres queridos, familia y amigos.

Al Doctor Jorge Briceño por haberme extendido su ayuda intelectual y amistad en todo este proceso del proyecto.

A la Dr Mayra Paredes por haberme echo parte del proyecto REDU

A las Universidad Técnica de Ambato, Facultad.

## ÍNDICE GENERAL

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....	ii
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....	iii
<b>APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	iv
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	15
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	15
<b>1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS</b> .....	15
<b>1.2 OBJETIVOS</b> .....	19
<b>1.2.1 Objetivo General</b> .....	19
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	19
<b>1.3 Hipótesis</b> .....	19
<b>1.3.1 Hipótesis Nula</b> .....	19
<b>1.3.2 Hipótesis Alternativa</b> .....	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	21
<b>METODOLOGÍA</b> .....	21
<b>2.1 MATERIALES</b> .....	21
<b>2.1.1 Materia prima</b> .....	21
<b>2.1.2 Materiales de laboratorio</b> .....	21



<b>2.1.3 Reactivos</b> .....	21
<b>2.1.3 Equipos</b> .....	22
<b>2.2 MÉTODOS</b> .....	23
<b>2.2.1 Caracterización química</b> .....	23
<b>2.2.1.1 Determinación de humedad</b> .....	23
<b>2.2.1.2 Determinación de grasa</b> .....	23
<b>2.2.1.2 Determinación de cenizas</b> .....	24
<b>2.2.2 Extracción y cuantificación de azúcares solubles en alcohol y almidón</b> .....	24
<b>2.2.2.1 Preparación de las muestras de azúcares</b> .....	24
<b>2.2.2.2 Cuantificación de azúcares reductores soluble en agua</b> .....	25
<b>2.2.2.3 Cuantificación de azúcares reductores por medio de la hidrólisis enzimática</b> .....	25
<b>2.2.2.4 Cuantificación de azúcares totales por hidrólisis ácida</b> .....	25
<b>2.2.2.5 Cuantificación del almidón</b> .....	26
<b>2.2.2.6 Método del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) para cuantificación de azúcares reductores</b> .....	27
<b>2.2.2.7 Curva estándar de glucosa</b> .....	27
<b>2.2.2.8 Cálculo de azúcares reductores, totales y almidón</b> .....	27
<b>2.2.3 Determinación de Hierro (Fe), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)</b> .....	28
<b>2.2.3.1 Calcinación de muestras</b> .....	28
<b>2.2.3.2 Digestión ácida de las cenizas</b> .....	28
<b>2.2.3.3 Curvas de calibración para hierro, calcio y magnesio</b> .....	28
<b>2.2.3.4 Determinación de minerales</b> .....	29
<b>2.2.3.5 Cuantificación de minerales</b> .....	29
<b>3. Resultados y discusión</b> .....	30
<b>3.1 Determinación de grasa y ceniza</b> .....	30
<b>3.2 Cuantificación de azúcares reductores, totales y almidón por el método del ácido 3.5 dinitrosalicílico (DNS)</b> .....	30

<b>3.3 Determinación de minerales: Hierro, Calcio y magnesio</b> .....	32
<b>3.4 Composición de nutrientes de las harinas estudiadas</b> .....	33
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	36
<b>4.1 Conclusiones</b> .....	36
<b>4.2 Recomendaciones</b> .....	36
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	37
<b>Anexos</b> .....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Recomendaciones de ingesta diaria de calcio.....	17
<b>Tabla 2.</b> Recomendaciones de ingesta diaria de hierro.....	18
<b>Tabla 3.</b> Recomendaciones de ingesta diaria de magnesio.....	18
<b>Tabla 4.</b> Contenido de grasa y cenizas en las harinas analizadas .....	30
<b>Tabla 5.</b> Contenido de azúcares reductores, totales y almidón.....	31
<b>Tabla 6.</b> Contenido de micronutrientes de las matrices estudiadas .....	32
<b>Tabla 7.</b> Composición de nutrientes de las matrices estudiadas.....	34
<b>Tabla 8.</b> Composición de nutrientes de los alimentos INCAP .....	34
<b>Tabla 9.</b> Datos para la determinación de grasa de las matrices estudiadas.....	28
<b>Tabla 10.</b> Datos de la extracción de azúcares en matrices estudiadas .....	29
<b>Tabla 11.</b> Datos en la determinación de azúcares reductores .....	29
<b>Tabla 12.</b> Datos de la determinación de azúcares totales por hidrólisis ácida.....	30
<b>Tabla 13.</b> Datos obtenidos en la determinación de azúcares totales por invertasa.....	31
<b>Tabla 14.</b> Datos obtenidos en la determinación de almidón.....	32
<b>Tabla 15.</b> Datos para la curva de glucosa .....	29
<b>Tabla 16.</b> Resultados obtenidos de la determinación de minerales, cenizas y humedad de firiguero proveedor 1 .....	32
<b>Tabla 17.</b> Resultados obtenidos de la determinación de minerales, cenizas y humedad de firiguero proveedor 2 .....	32
<b>Tabla 18.</b> Resultados obtenidos de la determinación de minerales, cenizas y humedad de 7 harinas proveedor 1.....	32
<b>Tabla 19.</b> Resultados obtenidos de la determinación de minerales, cenizas y humedad de 7 harinas proveedor 2.....	33
<b>Tabla 20.</b> Datos obtenidos de los pesos de crisoles, cenizas y concentración de minerales.....	34
<b>Tabla 21.</b> Condiciones Instrumentales del equipo para cada elemento .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva de glucosa.....	29
<b>Figura 2</b> Curva de calibración de hierro .....	30
<b>Figura 3.</b> Curva de calibración de calcio .....	30
<b>Figura 4.</b> Curva de calibración de magnesio .....	31

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el contenido de azúcares reductores, azúcares totales, almidón, hierro, calcio y magnesio en harinas de firiguero (*Vigna Unguiculata* L.) y una mezcla de siete harinas. El firiguero es una leguminosa rica en proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas, ideal para la dieta de la población ecuatoriana, por otro lado, las mezclas de harinas son ideales para aprovechar el mejoramiento de nuevas tecnologías en industrias alimenticias. Se analizaron harinas de firiguero de dos proveedores y de una mezcla de siete harinas (soya, trigo, cebada tostada, maíz, almidón de achira, haba y plátano) de dos proveedores otorgados por la Universidad Particular de Loja, los minerales se cuantificaron por absorción atómica con llama y los carbohidratos por el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico DNS. Con los resultados obtenidos de las harinas estudiadas se propuso una tabla de composición proximal de nutrientes. La harina que presentó un mayor contenido de carbohidratos fue la mezcla de siete harinas proveedor 2 con un 61%, mientras que para los minerales la harina de firiguero proveedor 1 resultó con mayor contenido de magnesio con 2596 mg/Kg de harina seca, el firiguero proveedor 2 y la mezcla de harina del proveedor 2 exhibieron mayor contenido de calcio 988 mg/Kg y 981 mg/Kg respectivamente, y la harina de firiguero proveedor 2 mostro mayor contenido de hierro con 117 mg/Kg de harina seca.

**Palabras claves:** carbohidratos, minerales, vigna unguiculata L., mezcla de harinas, absorción atómica.

## ABSTRACT

The objective of the present research was to determine the content of reducing sugars, total sugars, starch, iron, calcium and magnesium in firiguero flours (*Vigna Unguiculata* L.) and a mixture of seven flours. The firiguero is a legume rich in proteins, carbohydrates, minerals and vitamins ideal for the diet of the Ecuadorian population, on the other hand, flour mixture are ideal to take advantage of the improvement of new technologies in food industries. Firiguero flours from two providers and a mixture of seven flours (soy, wheat, roasted barley, corn, achira starch, bean and banana) were analyzed from two providers granted by the Universidad Particular of Loja, the minerals were quantified by absorption atomic with flame and carbohydrates by the method of dinitrosalicylic acid 3,5 DNS. With the results obtained from the flours studied, a table of proximal nutrient composition was proposed. The flour with the highest carbohydrate content was the mixture of seven flour provider 2 with 61%, while for the minerals the firiguero flour provider 1 resulted with a higher magnesium content with 2596 mg / kg of dry flour, the firiguero provider 2 and flour mixture from provider 2 exhibited a higher calcium content of 988 mg / Kg and 981 mg / Kg, respectively, and firiguero flour providers 2 showed higher iron content with 117 mg / Kg of dry flour.

**Keywords:** carbohydrates, minerals, *vigna unguiculata* L., flour mixture, atomic absorption.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Las legumbres son una especie vegetal de la familia leguminosa, estos alimentos son consumidos hace miles de años por los seres humanos, contienen alrededor del doble de cantidad de proteínas que los cereales, y pueden constituirse en una importante fuente de proteínas en países en desarrollo. Son un excelente alimento fundamental para la dieta de lactantes, niños y resultan muy beneficiosa para adultos mayores (FAO, 2016a).

#### **Firiguero (*Vigna unguiculata* L.)**

El firiguero es un tipo de fréjol que proviene de la familia fabácea, correspondiente a la especie de *Vigna unguiculata*. Este alimento es originario de África occidental, Asia, Oceanía, sur de Europa, América Central y América del Sur (Samaniego, 2016). Es una fuente de proteínas, fibra dietética, calorías, minerales y vitaminas principal en la dieta de la población mundial.

El porcentaje aproximado de proteína en las semillas de caupí como también se le conoce al firiguero, fluctúa entre 21,2% y 27,9%; carbohidratos 52 g/100g y hierro 6,8 mg/100g. La calidad nutricional de la semilla se ve influenciada por el cultivar y factores anti nutricionales, tiempo de almacenamiento y tratamientos térmicos (Araméndiz-Tatis, Cardona-Ayala, y Combatt-Caballero, 2016).

La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala que alrededor de 60 mil hectáreas son cultivadas en América (Gómez, 2004).

#### **Mezclas de harinas**

La mezcla de harinas se emplea como mejora a las propiedades comunes de la harina de trigo, típicamente se usa harinas de cereales y leguminosas particularmente en la industria de panificación (González, 2012).

La **(FAO, 1995)** menciona que la mezcla de harina con otros cereales, raíces y tubérculos, de leguminosas u otras materias primas puede considerarse como una tecnología de harinas compuestas.

Los usos de estas harinas compuestas son diversos, tanto en la industria de panificación, como en la producción de alimentos suplementarios, resultando una alternativa para mejorar el valor nutritivo de los alimentos **(González, 2012)**.

Los carbohidratos son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza, y también los más consumidos por los seres humanos (en muchos países constituyen entre 50 y 80% de la dieta poblacional). En general, los azúcares simples no se encuentran libres en la naturaleza, sino en forma de polisacáridos, como reserva energética (almidones), o como parte de la estructura firme del producto (fibra dietética, celulosa, pectinas, gomas y hemicelulosa), en cuyo caso no son digeribles, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo humano. Los azúcares reductores son aquellos que poseen un carbono anomérico libre y así pueden reaccionar como reductores con otras moléculas, estos azúcares provocan alteración en las proteínas mediante reacción de glucosilación no enzimática o también conocida como reacción de Maillard **(Degral, 2006)**

### **Determinación de azúcares reductores por el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS)**

El método del ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) para la determinación de azúcares reductores es un análisis de alta sensibilidad y productividad debido a que es un método espectrofotométrico, que se basa en una reacción redox que ocurre entre el DNS y los azúcares reductores de la muestra, a este método se le han realizado varias modificaciones a través de los años. Este método no es recomendable usar en muestras con intenso color o un contenido alto en grasa **(Gil, D. Becourt, E. y Maqueira, 2006)**

### **Minerales**

Los minerales son compuestos que aportan en diversas formas al organismo humano, estos compuestos presentes en alimentos, absorbidos y utilizados por diferentes órganos y sistemas como los elementos estructurales (calcio, magnesio), o para formar hemoglobina (hierro), o bien formando parte de enzimas importantes (cinc, en las fosfatasa alcalinas) **(Cervera, Clapés, y Rigolfas, 2004)**.



## Calcio

El calcio cumple una función importante en el organismo, si existe una ingesta baja de este mineral por un tiempo prolongado ocurre la desmineralización ósea, y esto hace que el hueso se vuelva frágil, el déficit de calcio en niños dificulta el crecimiento óseo. El calcio se absorbe en la parte alta del intestino delgado, el porcentaje que absorbe el organismo es del 10 a un 40% del total ingerido, el resto se elimina por excreción en las heces (Cervera et al., 2004).

En la Tabla 1 se presentan las recomendaciones de ingesta diaria de calcio para los diferentes grupos de la población según la FAO-OMS.

**Tabla 1.** Recomendaciones de ingesta diaria de calcio

<b>Edad</b>	<b>Consumo</b>
<b>0 – 12 meses</b>	600 mg
<b>Niños</b>	600 mg
<b>Adolescentes</b>	700 mg
<b>Adultos</b>	500 mg
<b>Embarazadas</b>	700 mg
<b>Lactantes</b>	1000 – 1200 mg

Fuente: “Sociedad Española de Nutrición Comunitaria: Guías alimentarias: recomendaciones para una dieta saludable,” (2001)

## Hierro

El organismo humano contiene aproximadamente 4 g de hierro, la mayor parte de este mineral se encuentra en la hemoglobina, esta molécula cumple la función del transporte de oxígeno a órganos y sistemas del cuerpo humano. La carencia de hierro provoca anemia ferropénica, es una de las principales carencias nutricionales en países en desarrollo. Este alimento se encuentra en diversos alimentos de fuentes con origen vegetal como legumbres y frutos secos oleaginosos (Cervera et al., 2004).

En la Tabla 2 se presentan las recomendaciones de ingesta diaria de hierro para los distintos grupos de la población

**Tabla 2.** Recomendaciones de ingesta diaria de hierro

<b>Edad</b>	<b>Consumo</b>
<b>Hombres adultos y mujeres posmenopáusicas</b>	10 – 12 mg
<b>Mujeres en edad fértil</b>	15 – 22 mg
<b>Embarazadas</b>	15 mg
<b>Niños en crecimiento</b>	12 – 15 mg

Fuente: **Cervera et al., (2004)**

### **Magnesio**

El magnesio se halla en el interior de las células, desempeña funciones de activador del pirofosfato de tiamina y coenzima A. No se conocen cuadros clínicos por una carencia de magnesio en personas sanas. Es absorbido en el intestino delgado, alrededor de las dos terceras partes del ingerido se elimina por las heces. El magnesio se puede encontrar en diversas verduras y hortalizas, las legumbres también son fuente importante de magnesio. Es recomendable una ingesta diaria de 300 a 350 mg en adultos (**Cervera et al., 2004**).

En la tabla 3 se presentan las recomendaciones de ingesta diaria de magnesio para los distintos grupos de la población.

**Tabla 3.** Recomendaciones de ingesta diaria de magnesio

<b>Edad</b>	<b>Consumo</b>
<b>Hombres y mujeres adultos</b>	280 – 400 mg
<b>Lactantes</b>	30 – 75 mg
<b>Niños pequeños</b>	80 – 130 mg
<b>Adolescentes</b>	240 – 410 mg
<b>Mujeres gestantes</b>	350 – 400 mg

Fuente: **Baca, Ríos, & Rojas, (2015)**

## **Determinación de minerales por absorción atómica con flama**

Para determinar la concentración de metales en las matrices, se utilizan técnicas instrumentales de análisis como la Espectrofotometría de Absorción Atómica con Flama (FAAS) que probablemente es una de las técnicas más utilizada en análisis de metales en alimentos por su simplicidad, rendimiento alto de muestras y el costo relativamente bajo de su instrumentación. Este método permite la determinación de la mayoría de los elementos en los alimentos en el rango de mg/kg con una precisión de 0,3 – 1% y una exactitud aproximadamente de 0,5 – 5% (**Kastenmayer, 1995**).

### **1.2 OBJETIVOS**

#### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar el contenido de carbohidratos, y los minerales hierro, calcio y magnesio en harinas de firiguero (*Vigna Unguiculata L.*) y una mezcla de siete harinas.

#### **2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la concentración de hierro, calcio y magnesio presente en las harinas de firiguero y mezcla de siete harinas mediante absorción atómica con flama.
- Analizar el contenido de azúcares reductores, azúcares totales y almidón en las muestras de harinas.
- Proponer una tabla de composición de alimentos (carbohidratos y minerales) de las harinas estudiadas.

### **1.3 Hipótesis**

#### **1.3.1 Hipótesis Nula**

**Ho1:** El contenido de carbohidratos (azúcares reductores, totales y almidón), minerales hierro, calcio y magnesio no difiere en las muestras de firiguero y mezcla de siete harinas.

### **1.3.2 Hipótesis Alternativa**

**H<sub>01</sub>:** El contenido de carbohidratos (azúcares reductores, totales y almidón), minerales hierro, calcio y magnesio difiere en las muestras de firiguero y mezcla de siete harinas.

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1 MATERIALES

##### 2.1.1 Materia prima

Para la ejecución de este trabajo de investigación se consideraron 2 matrices de distintos proveedores del proyecto REDU. Las muestras fueron proporcionadas por la Universidad Técnica Particular de Loja. Se trabajó con harinas de firiguero (*Vigna unguiculata* L.) y una mezcla de siete harinas de: soya (*Glycine max* L.), trigo (*Triticum aestivum*), cebada tostada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), almidón de achira (*Canna indica*), haba (*Vicia faba*) y plátano (*Musa sapientum*).

##### 2.1.2 Materiales de laboratorio

- Agitadores magnéticos
- Balones de aforo
- Crisoles de porcelana
- Dedales de extracción
- Desecadores con silicagel
- Filtros para jeringas
- Fundas plásticas herméticas
- Guantes de látex
- Jeringas
- Mascarillas
- Matraces
- Micropipetas
- Pera de succión
- Pinzas
- Probetas
- Puntas de micropipetas
- Tamices
- Tubos de ensayo con tapa
- Tubos para centrifuga
- Vasos de precipitación

##### 2.1.3 Reactivos

- Ácido 3,5-dinitrosalicílico 98 % ACROS ORGANICS
- Ácido clorhídrico concentrado fumante 37 % p/p EMSURE
- Ácido nítrico concentrado grado analítico 68-70 % FISHER CHIMICAL
- Agua purificada de un sistema Milli Q (Thermo Scientific, Inglaterra, UK)

- Estándares monoelementales para absorción atómica de Calcio, Hierro y Magnesio cada uno de 1000 mg·L<sup>-1</sup> en HNO<sub>3</sub> 5 %, AccuStandard, New Haven, USA.
- Etanol 95 %. EMSURE
- Gas: Aire/Acetileno AA 2,5 al 99,5 % de Linde, Ecuador
- Gas: Aire/Óxido nitroso UAP grado 5,0 de Linde, Ecuador
- Hidróxido de sodio 99,9% EMSURE
- n-Hexano grado analítico EMSURE
- Cloruro de lantano 99,5 % MERCK
- Soluciones de Cárrez I (solución de hexacianoferrato II de potasio al 15 % en agua) y Cárrez II (solución de sulfato de cinc heptahidratado al 30% en agua).
- Tampón de Acetato de Sodio-Ácido acético pH 4,5
- Tartrato de Sodio y Potasio 99,9% MERCK

### 2.1.3 Equipos

- Agitador VORTEX MIXER
- Balanza analítica METTLER – XPE204
- Balanza infrarroja para humedad METTLER – HX204
- Cámara de extracción de gases y humos tóxicos NOVATECH – CE120BA
- Centrífuga EPEDOR5702
- Centrífuga SPECTRAFUGE24D
- Espectrofotómetro de absorción atómica PG-INSTRUMENT – AA500
- Espectrofotómetro UV-Visible THERMO SCIENTIFIC Modelo Evolution 201
- Estufa BINDER – ED400
- Extractor de grasa VELP SCIENTIFICA SER 148
- Mufla NABER THERM
- Plancha de agitación C-MAG HS7

## **2.2 MÉTODOS**

### **2.2.1 Caracterización química**

En la determinación de humedad, grasa, cenizas y minerales se emplearon métodos oficiales de la Asociación de Químicos Analíticos oficiales AOAC por sus siglas en inglés la (Association of Official Analytical Chemist).

#### **2.2.1.1 Determinación de humedad**

Para la determinación de humedad de las muestras se usó una balanza infrarroja METTLER TOLEDO HX 204 MOISTURE ANALYZER. Se usó 1 g de muestra, esta determinación se realizó por triplicado. El equipo operó a 150 °C en la lámpara y un promedio de 1mg/50seg de secado. Se empleó el método 925.10 para determinación de sólidos totales y humedad en harina (AOAC, 2012)

#### **2.2.1.2 Determinación de grasa**

Se extrajo la grasa de las muestras para evitar la interferencia que ocasiona en las lecturas de la absorbancia debido a la turbidez. Se realizó mediante extracción continúa utilizando hexano como solvente a 130 °C por un tiempo total de 6 horas, 4 horas en modalidad inmersión y 2 horas en lavado. Se usó dedales de extracción ACUALAB y vasos de extracción con núcleo de ebullición los cuales fueron secados a 70 °C por 24 horas en una estufa. Los dedales se secaron a 70 °C por 24 horas, posteriormente se enfriaron en frascos plásticos cerrados, se registró el peso por diferencia y los vasos se enfriaron en un desecador para proceder al pesado.

Se colocó 2,5 g de cada muestra, pesada por diferencia e incorporada en el dedal de extracción, completado el tiempo de extracción se procedió al enfriado y se sacó el dedal con la muestra desengrasada, después se secó en la estufa a 72 °C por 12 horas para la eliminación de solvente y se pesó por diferencia para ser utilizado en la extracción de azúcares. Para ello se utilizó el equipo “Extractor de grasas con recuperación VELP SCIENTIFICA SER 148. Se empleó el método oficial de la AOAC 920.39 Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages AOAC, (2000).

### **2.2.1.2 Determinación de cenizas**

Las muestras se colocaron en crisoles de porcelana, se calcinaron en la mufla NABERTHERM a 650 °C por 8 horas, previamente se anotó el peso vacío del crisol, luego se colocó 0,6 g de muestra seca y se anotó el peso del crisol más muestra. Luego se calcinaron a la temperatura y tiempo anteriormente mencionados hasta la obtención de las cenizas. Se enfrió el crisol con la ceniza en un desecador y se pesó para así obtener el peso final, se empleó el método oficial de la **AOAC, (2006)** para determinación de cenizas.

### **2.2.2 Extracción y cuantificación de azúcares solubles en alcohol y almidón**

La extracción se efectuó en el equipo de extracción de grasa VELP SCIENTIFICA SER 148, utilizando el método mencionado por **Adrián, Potus, Poiffait, & Dauvillier, (2000)**. Se ocuparon las muestras desengrasadas con los mismos dedales, previamente desengrasadas en el extractor de grasa.

En los vasos de extracción se puso aproximadamente 80 mL de etanol 80%, la extracción se hizo por 4 horas, a 150 °C de temperatura en el plato, en modalidad de lavado para evitar gelatinización de la muestra en el dedal. Culminada la extracción, la solución de etanol se recuperó con el mismo equipo, se dejó aproximadamente 5 mL de solución de etanol con azúcares en los vasos de extracción, se retiraron los dedales y los vasos, los mismos que fueron colocados en una estufa a 50 °C.

La muestra sin azúcares contenida en los dedales se procedió a pesar por diferencia y se trituró para almacenarla en fundas de plástico herméticas y almacenarlas a 5 °C, para utilizarla en la cuantificación de almidón, la muestra con azúcares se aforó a 10 mL para ser almacenado a -80 °C hasta utilizarla en la cuantificación de azúcares.

#### **2.2.2.1 Preparación de las muestras de azúcares**

La solución de azúcares del apartado anterior se descongeló a temperatura ambiente, posteriormente se colocó 1,8 mL de muestra en tubos Eppendorf de 2 mL para ser



centrifugados a 15600 G por 30 minutos en una microcentrífuga Eppendorf MODEL 5702, el sobrenadante se utilizó en la determinación de azúcares totales y para la hidrólisis con invertasa.

#### **2.2.2.2 Cuantificación de azúcares reductores soluble en agua**

Se pesó de 0,1 g – 0,2 g de la harina desengrasada, se colocó en un tubo de centrifuga, luego se aforó a 10 mL con agua destilada, se agitó por 1 hora, y se centrifugó a 3000 G por 15 min (**Mensah, Ibok, Ellis, & Carey, 2016**).

En un tubo Eppendorf de 2 mL anteriormente pesado, se colocó 1 mL de alícuota del centrifugado, se registró el peso, posteriormente se agregó 20  $\mu$ L de solución de Cárrez 1, 20  $\mu$ L de Cárrez 2 y 100  $\mu$ L de NaOH 0,1 M para neutralizar el pH, se vortizó cada vez adicionada las soluciones, se centrifugó a 15600 G por 15 min. Se procedió a pesar la muestra con la solución para determinar el factor de disolución por diferencia de pesos y se procedió al análisis de azúcares reductores por el método con ácido 3,5-dinitrosalicílico descrito en el apartado 2.2.2.6.

#### **2.2.2.3 Cuantificación de azúcares reductores por medio de la hidrólisis enzimática**

Se tomó 1 mL de alícuota del centrifugado del apartado 2.2.2.1, se colocó en un tubo Eppendorf de 2 mL pesado vacío y se registró el peso del volumen adicionado, se agregó 140  $\mu$ L de extracto de invertasa y se mezcló suavemente, la enzima se dejó actuar por 6 h, transcurrido el tiempo se procedió a inactivar la enzima con proceso térmico a ebullición por 5 min, se dejó enfriar y se añadió 20  $\mu$ L de Cárrez 1, 20  $\mu$ L de Cárrez 2 y 100  $\mu$ L de NaOH 0,1 M, se procedió a vortizar después de cada solución añadida, se centrifugó a 15600 G por 15 min, se pesó la muestra con la solución para la determinación de la dilución por diferencia de peso y se procedió al análisis de azúcares reductores con ácido 3,5-dinitrosalicílico descrito en el apartado 2.2.2.6.

#### **2.2.2.4 Cuantificación de azúcares totales por hidrólisis ácida**

Para este análisis se usó el proceso de hidrólisis ácida indicado por **Adrián et al., (2000)**, se colocó en un tubo Eppendorf de 2 mL pesado, una alícuota de 1 mL de la

muestra del apartado 2.2.2.1 y se registró el peso de la alícuota, se agregó 20  $\mu\text{L}$  de Cárrez 1 y 20  $\mu\text{L}$  de Cárrez 2 se centrifugó a 15600 G por 15 min. Se pesó la muestra juntamente con la solución para determinar el factor de disolución por diferencia de peso. Posteriormente se colocó 400  $\mu\text{L}$  de la solución centrifugada en un tubo Eppendorf de 2 mL pesado anteriormente y se registró el peso, se adicionó 40  $\mu\text{L}$  ácido clorhídrico concentrado y se llevó a un microencubador a 70 °C y 450 rpm por 30 min, luego se neutralizó el pH, se aforó a 2 mL registrando el peso. Finalmente se centrifugó por 15 min a 15600 G y se realizó el análisis de azúcares reductores por el método con ácido 3,5-dinitrosalicílico descrito en el apartado 2.2.2.6.

### **2.2.2.5 Cuantificación del almidón**

Se realizó por hidrólisis enzimática, mediante el método descrito por **Adrián et al., (2000)**. Se pesó 50 mg de las harinas sin azúcares, se colocó en un tubo de centrifuga de 15 mL, 1 mL de agua y se homogenizó, luego se añadió 140  $\mu\text{L}$  de alfa – amilasa termoestable de *Bacillus lichenifonic*, se incubó por 30 minutos en agitación con magnetos a 400 rpm en baño de agua a ebullición en una plancha eléctrica con agitación.

Terminada la incubación se enfrió y agregó 2 mL de acetato de sodio 0,1 M y se ajustó el pH de la muestra a 4,5, luego se agregó 100  $\mu\text{L}$  de amiloglucosidasa de *Aspergillus nigger* diluida con acetato de sodio en relación 1:10 v/v, se procedió a colocar a temperatura de 50 °C en agitación a 400 rpm por toda una noche. Al siguiente día se enfrió las muestras a temperatura ambiente y se centrifugó a 3000 G por 15 min, se separó el sobrenadante y se aforó a volumen conocido.

En la cuantificación del almidón se agregó 1 mL de muestra en un tubo Eppendorf de 2 mL pesado anteriormente, registrando el peso de la alícuota, se añadió 20  $\mu\text{L}$  de Cárrez 1 y 20  $\mu\text{L}$  de Cárrez 2 y 100  $\mu\text{L}$  de NaOH 0,1 M. Se pesó la muestra para conocer el factor de dilución por diferencia de pesos y se realizó el análisis de azúcares reductores por medio del método con ácido 3,5-dinitrosalicílico descrito en el apartado 2.2.2.6.

El contenido de almidón se consigue multiplicando la tasa de glucosa por el factor de 0,9 para compensar la fijación de una molécula de agua por cada molécula de glucosa debido a la hidrólisis del almidón. La preparación del blanco se realiza los pasos indicados anteriormente excepto la adición de la muestra.

#### **2.2.2.6 Método del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) para cuantificación de azúcares reductores**

Se empleó el método de DNS expuesto por **Miller, (1959)**, para la determinación de azúcares reductores. En tubos de cristal con tapa se colocó 200  $\mu$ L de muestra con 200  $\mu$ L de solución de DNS y se vortizó, a los tubo se los llevó a ebullición en baño de agua por 5 min, luego se enfriaron rápidamente en agua para interrumpir la reacción y se agregó 2 mL de agua destilada, se vortizó y se procedió a leer la absorbancia en el espectrofotómetro UV-VISIBLE THERMO SCIENTIFIC a 540nm frente al blanco, se realizaron 4 lecturas de absorbancia.

#### **2.2.2.7 Curva estándar de glucosa**

Para la elaboración de la curva estándar de glucosa, se ocupó glucosa secada a 60 °C por 4 horas y se enfrió en un desecador. Se pesó 50 mg de glucosa, y se aforó a 25 mL para alcanzar una concentración de 2 mg/mL. De dicha solución se preparó soluciones de concentración de 0,00; 0,20; 0,40; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20; 1,40; 1,60; 1,80 y 2,00 mg/mL, se realizó la prueba de DNS frente a un blanco preparado con agua.

#### **2.2.2.8 Cálculo de azúcares reductores, totales y almidón**

El cálculo se efectuó teniendo en cuenta las disoluciones realizadas, el peso que se ocupó de la muestra, la curva de calibración de glucosa y la absorbancia obtenida.

### **2.2.3 Determinación de Hierro (Fe), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)**

Se realizó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica AA500 PG Instruments y tomando como base los métodos oficiales de la AOAC, método AOAC 999.11 para el hierro (AOAC, 2002) y el método AOAC 984,27 para calcio y magnesio AOAC, (2000).

#### **2.2.3.1 Calcinación de muestras**

Para la calcinación de las muestras se procedió de la misma manera que se menciona en el apartado **2.2.1.2 Determinación de cenizas**.

#### **2.2.3.2 Digestión ácida de las cenizas**

A las cenizas obtenidas se añadió 500  $\mu\text{L}$  de ácido clorhídrico concentrado y 250  $\mu\text{L}$  de ácido nítrico concentrado, se dejó en reposo por 20 min. La solución obtenida se trasvasó a balones de aforo de 25 mL, mediante filtración (filtros de 0,45  $\mu\text{m}$ ) y se aforó a 25 mL con ácido nítrico 0,14 M, se trasladó a frascos plásticos para el análisis correspondiente.

#### **2.2.3.3 Curvas de calibración para hierro, calcio y magnesio**

Para la elaboración de las curvas de calibración se usó patrones de referencia certificados de hierro, calcio y magnesio para absorción atómica de 1000  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  AccuStandard de  $\text{HNO}_3$  5%. A partir de estas soluciones se preparó diariamente soluciones patrones de 50 mg/L para hierro y calcio y de 12 mg/L para magnesio, aforadas con ácido nítrico 0,14 M. luego fueron diluidas en diferentes concentraciones

[Fe]: 0,10; 0,50; 1,00; y 2,00 mg/L.

[Ca]: 0,50; 1,00; 1,50; 2,00 y 4,00 mg/L.

[Mg]: 0,06; 0,12; 0,24; 0,36; 0,48 mg/L.

Para el blanco se utilizó ácido nítrico 0,14 M para hierro y para el calcio y magnesio cloruro de lantano al 1% p/v aforado con ácido nítrico 0,14 M.

#### **2.2.3.4 Determinación de minerales**

La determinación de los minerales se efectuó mediante el espectrofotómetro de absorción atómica AA500 por el método de llama. Se realizaron diariamente las curvas de calibración, para cada mineral estudiado. Las soluciones preparadas de menor a mayor se inyectaron en el capilar del equipo, para así obtener las absorbancias de cada una. Se realizaron 10 réplicas con 5 mediciones de absorbancia.

En la tabla 21, se pueden observar las condiciones instrumentales de cada mineral en las cuales el equipo se utilizó.

#### **2.2.3.5 Cuantificación de minerales**

La concentración de los metales Fe, Ca y Mg fueron reportados en mg de mineral/Kg de harina en base seca, para lo cual se tomó en cuenta la curva de calibración, la ecuación de la recta, las disoluciones y el peso inicial de muestra en base seca.

## Capítulo III

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Determinación de grasa y ceniza

En la Tabla 4 se presentan los valores del contenido de grasa de Firiguero proveedor 1 y 2 y mezcla de 7 harinas proveedor 1 y 2 y el contenido de cenizas de las muestras estudiadas.

**Tabla 4.** Contenido de grasa y cenizas en las harinas analizadas

Harinas	Firiguero		7 harinas	
	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 1	Proveedor 2
<b>Contenido de grasa (%)</b>	1,49 ± 0,18	1,39 ± 0,18	1,75 ± 0,11	4,78 ± 0,11
<b>Contenido de ceniza (%)</b>	3,19 ± 0,09	2,76 ± 0,11	3,27 ± 0,17	2,94 ± 0,10

*Los valores de esta tabla representan la media de 2 réplicas, ± la desviación estándar.*

El contenido de grasa es comparable con los resultados de **Gómez, (2004)** que reporta 1,3 – 1,5 % de grasa y **Henshaw (2008)** que obtuvo valores de 0,9 – 1,4 % de grasa para firiguero.

El contenido de ceniza se compara con resultados de **Fontenele et al., (2012)** que obtiene valores de ceniza de 3,3 – 4,6 %, **Gómez, (2004)** reportan 3,4 – 3,9 % de ceniza, y **Giami, (1993)** con valores de 3,1% de ceniza para firiguero.

El contenido de ceniza que contiene el firiguero puede variar por las condiciones climáticas, el suelo y la variedad de cultivo. En relación al contenido de grasa se observa que existe poca variación en los proveedores de estas harinas, según **Henshaw (2008)**, el bajo contenido de grasa en el firiguero es una ventaja durante el procesamiento de la harina, ya que se podría evitar la etapa de desengrasado.

#### 3.2 Cuantificación de azúcares reductores, totales y almidón por el método del ácido 3.5 dinitrosalicílico (DNS)

A continuación, en la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de carbohidratos de las muestras estudiadas.

**Tabla 5.** Contenido de azúcares reductores, totales y almidón

<b>Harinas</b>	<b>Azúcares reductores (%)</b>	<b>Azúcares Totales Hidrólisis ácida (%)</b>	<b>Azúcares Totales Invertasa (%)</b>	<b>Almidón (%)</b>
<b>Firiguero P1</b>	0,10 ± 0,00	3,81 ± 0,20	3,76 ± 0,23	36,85 ± 2,28
<b>Firiguero P2</b>	0,14 ± 0,01	4,56 ± 0,21	3,73 ± 0,03	35,25 ± 2,11
<b>7 Harinas P1</b>	0,17 ± 0,00	2,14 ± 0,07	1,79 ± 0,05	50,54 ± 3,20
<b>7 Harinas P2</b>	0,20 ± 0,01	2,01 ± 0,19	1,86 ± 0,06	58,99 ± 2,18

*Los valores de esta tabla representan la media de 2 réplicas, con 4 repeticiones de mediciones de absorbancia, ± la desviación estándar. P1: Proveedor 1, P2: Proveedor 2.*

Los resultados obtenidos se comparan con los valores reportados por **Clement & Singh, (2008)** que indican que el firiguero contiene 44 g carbohidratos/100g de muestra. La **USDA, (2018)** reporta valores de 26 g carbohidratos /100 g de muestra y 3g azúcares totales /100 g de muestra en harina de firiguero.

En otros trabajos se indica que el firiguero tiene un contenido de azúcares reductores de 3.8 – 7,8 g/ 100g de muestra variando según la diversidad de la semilla, 1,6g /100g de sacarosa y de almidón contiene valores comprendidos entre 25,5 – 48 g/100g de muestra **Longe, (1980)**.

El almidón que contiene esta leguminosa es de aproximadamente 52 g/100g del total de carbohidratos en la semilla de firiguero (**Kerr, Ward, McWatters, & Resurreccion, 2000**).

Según valores reportados por otros investigadores se mencionan que la cantidad de carbohidratos que contiene el firiguero es de 52g / 100 g de muestra (**Gupta, Singh, Malhotra, Boora, & Singal, 2010**).

La calidad nutricional del firiguero difiere por el cultivar y factores anti nutricionales, tiempo de almacenamiento y tratamiento térmico al que esté sometida la semilla (**Frota, Soares, & Arêas, 2008**).

Esta semilla debido a sus propiedades fisicoquímicas, se conoce que es utilizada como modificador de textura en formulaciones de las industrias de alimentos, específicamente como espesantes, estabilizantes, agentes gelificantes o como fuente de calorías dietéticas (**Thomas & Atwell, 1997**).

### 3.3 Determinación de minerales: hierro, calcio y magnesio

En la Tabla 6 se reportan las concentraciones de hierro, calcio y magnesio, los cuales están expresados en mg de metal por Kg de harina seca. Estas concentraciones se obtuvieron mediante la comparación directa de la señal de la muestra con las curvas de calibración de los correspondientes patrones acuosos.

**Tabla 6.** Contenido de micronutrientes de las matrices estudiadas

Harinas	Fe mg Fe/Kg	Ca mg Ca/Kg	Mg mg Mg/Kg
<b>Firiguero P1</b>	65 ± 5	518 ± 48	2596 ± 137
<b>Firiguero P2</b>	117 ± 4	988 ± 64	1881 ± 134
<b>7 Harinas P1</b>	70 ± 3	785 ± 30	1896 ± 96
<b>7 Harinas P2</b>	63 ± 6	981 ± 52	1090 ± 35

*Los valores de esta tabla representan la media de 5 réplicas, con 3 mediciones de absorbancia, ± la desviación estándar. P1: Proveedor 1, P2: Proveedor 2*

Según estudios realizados por diferentes investigadores mencionan que el contenido de minerales en firiguero varía según el cultivar de esta leguminosa. **Onwuliri & Obu, (2002)** mencionan que el contenido de potasio es el mineral más abundante en esta leguminosa, mientras que el manganeso se encuentra en cantidades mínimas, los valores que reporta de calcio son de 800 – 1610 mg/Kg de muestra, para el hierro 100 – 180 mg/Kg de muestra y para magnesio de 1580 – 3500 mg/Kg de muestra.

Según los estudios realizados por otros investigadores se indican valores para el hierro de 138 mg/Kg de muestra (**Vargas, Villamil, Murillo, Murillo, & Solanilla, 2012**).

También se reporta valores de calcio de 1260 mg/Kg de harina, en hierro 11 mg/Kg de harina, magnesio 510 mg/Kg de harina **USDA, (2018)**. Y en otros trabajos se obtuvo valores de hierro de 10,8 mg/Kg de harina y en magnesio de 342 mg/Kg de harina (**Avanza, Acevedo, Chaves, & Añón, 2012**).

Se menciona que los micronutrientes son importantes en la actividad normal del cuerpo y su función es facilitar reacciones químicas que ocurren en el organismo (**FAO, 2015**).



En la mezcla de siete harinas, no se pudieron comparar valores bibliográficos de grasa, ceniza, carbohidratos y minerales debido a que no se suministró la formulación exacta de la mezcla, en ese sentido, no se conocía el porcentaje específico de cada harina contenida en la mezcla. Sin embargo, se muestran los resultados de los análisis en la Tablas 7. Esta mezcla suele realizarse con el fin de proporcionar una mejor nutrición a la población ecuatoriana y así poder obtener nuevos productos para ofrecer al mercado.

### **3.4 Composición de nutrientes de las harinas estudiadas**

En la tabla 7, se presenta los resultados obtenidos de carbohidratos y minerales para una TCA de las harinas de firiguero y mezcla de siete harinas (soya, trigo, cebada tostada, maíz, almidón de achira, haba y plátano)

En la tabla 8, se muestran datos bibliográficos de carbohidratos y minerales según la Tabla de Composición de los Alimentos INCAP, para el firiguero y las harinas que componen la mezcla de siete harinas.

En la mezcla de siete harinas no se especificaba la composición exacta de cada harina por lo que se presentan los valores en la Tabla 8 como referencia bibliográfica de cada harina.

Las mezclas de harinas son ideales para el mejoramiento de nuevos productos ya sea en la panificación, pastas y otros productos.

En los últimos años han existido cambios relacionados a costumbres alimenticias, entre los que destacan el interés por alimentos con cierto valor nutricional en mezclas alimenticias (**Mellado y Haros, 2016**). Por consecuentes investigaciones respecto a nutrición asientan por otras alternativas al uso de mezclas de harinas con cereales tradicionales como trigo (*Triticum spp*), cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*) y leguminosas como soya (*Glycine ma*), haba (*Vicia faba*), achira (*Canna indica*), por lo que la elaboración de estas mezclas constituye a una buena alternativa para la alimentación. La combinación de cereales-leguminosas brindan proteínas de óptima calidad debido a la compensación de sus aminoácidos esenciales, siendo una buena alternativa en el suplemento nutricional para niños (**Mellado y Haros, 2016**).

**Tabla 7.** Composición de nutrientes de las matrices estudiadas

Harinas	Grasa (%)	Ceniza (%)	Azúcares reductores (%)	Azúcares Totales por hidrólisis ácida (%)	Azúcares Totales por Invertasa (%)	Almidón (%)	Fe mg Fe/Kg	Ca mg Ca/Kg	Mg mg Mg/Kg
<b>Firiguero P1</b>	1,49	3,19	0,10	3,81	3,76	36,85	65	518	2596
<b>Firiguero P2</b>	1,39	2,76	0,14	4,56	3,73	35,25	117	988	1881
<b>7 Harinas P1</b>	1,75	3,27	0,17	2,14	1,79	50,54	70	785	1896
<b>7 Harinas P2</b>	4,78	2,94	0,20	2,01	1,86	58,99	63	981	1090

Los valores que se representa en esta tabla en carbohidratos es g/100 gr de Harina en base seca y la cantidad de minerales es en mg metal/Kg de harina, P1: proveedor 1 y P2: proveedor 2: Fe: hierro, Ca: calcio, Mg: magnesio.

**Tabla 8.** Composición de nutrientes de los alimentos INCAP

Harinas	Grasa	Cenizas	Carbohidratos	Fe	Ca	Mg
	g/100 g de muestra			mg metal/Kg de muestra		
<b>Firiguero</b>	1,26	3,24	60,03	82,7	1110	1840
<b>Soya</b>	6,7	6,09	37,98	8,7	2770	2290
<b>Trigo</b>	1,54	1,57	71,18	32,9	290	1260
<b>Cebada</b>	2,3	2,29	73,48	36	330	1260
<b>Maíz</b>	1,7	0,6	77,7	29	1100	400
<b>Achira</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Haba</b>	2	3	63,3	60	600	-
<b>Plátano</b>	0,1	0,8	35,3	6	80	-

Fuente: INCAP, (2012)

Se menciona que las legumbres vistas en lo nutricional contienen un alto porcentaje de proteínas y fibra, ricas en nutrientes, vitaminas y minerales, también actúan como antioxidante que contrarresta el envejecimiento natural, incluso contienen más nutrientes que los cereales. Son abundantes en minerales como hierro, magnesio, potasio y cinc, vitaminas como las del grupo B, contiene carbohidratos complejos y fibra lo que propicia una liberación lenta y gradual de la energía (FAO, 2016b).

**Sanchez, Jiménez, Cardador, & Dávila, (2016).** Señala que la opción que han salido con un gran impacto importante y excelente aceptación, son alternativas alimenticias no convencionales, un grupo de alimentos al que se ha dedicado gran parte de investigaciones es a las leguminosas, ya que nos aportan energía, por su contenido de carbohidratos (50 – 60 %), también de la capacidad de acumular y sintetizar proteínas (20 – 40 %), convirtiéndolas en una fuente importante de alimentos para la población.

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

Se determinó el contenido de azúcares reductores y totales en harinas de firiguero proveedor 1, y proveedor 2, y mezcla de siete harinas proveedor 1 y proveedor 2, la matriz con mayor contenido en azúcares reductores fue la mezcla de siete harinas, a diferencia de la matriz de firiguero con contenido menor en azúcares reductores, en cuanto a los azúcares totales el firiguero proveedor 2 mostró mayor contenido.

Se evaluó la concentración de hierro, calcio y magnesio presente en harinas de firiguero y mezcla de siete harinas, siendo el firiguero proveedor 2 con mayor contenido de hierro y calcio en comparación con la harina del proveedor 1. La matriz de siete harinas del proveedor 2 presenta valores mayores en calcio y mostró menor cantidad de hierro y magnesio frente a la mezcla de siete harinas proveedor 1.

Se analizó el contenido de almidón en las matrices de firiguero y mezcla de siete harinas, en donde se encontró que la harina con mayor contenido de almidón fue la matriz de mezcla de siete harinas proveedor 2 y con menos contenido de almidón la matriz de firiguero proveedor 2.

Se propuso una tabla de comparación de alimentos (ceniza, grasa, carbohidratos y minerales), los cuales representan los resultados porcentuales obtenidos en la investigación, en cuanto a carbohidratos se presenta en g de carbohidrato/100g de harina y en minerales mg de metal/Kg de harina.

#### 4.2 Recomendaciones

Se debe conocer el porcentaje de harinas, cuando se realizan mezclas para así poder comparar con datos bibliográfico.

En la medición de azúcares reductores, totales y almidón, es recomendable desengrasar la muestra a analizar, por lo que muestras con gran contenido de grasa difiere en los resultados de absorbancias.

## Referencias Bibliográficas

- Adrián, J., Potus, J., Poiffait, A., & Dauvillier, P. (2000). *Análisis nutricional de los Alimentos*. (ACRIBIA S.A., Ed.). Zaragoza - España: Acribia Editorial.
- AOAC. (2000a). Official Method 984.27 Calcium, Copper, Iron, Magnesium, Manganese, Phosphorus, Potassium, Sodium, and Zinc in Infant Formula.pdf, *18th Ed.*
- AOAC. (2000b). Official Methods of Analysis 920.39. Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages, *17th Ed.*
- AOAC. (2002). Official Methods of Analysis 999.11. Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods, *18th Ed.*
- AOAC. (2006). Official Method of Analysis 923.03. Ash determination, *15th Edit.*
- AOAC. (2012). Official Method of Analysis 925.10. Moisture determination, *15th Edit.*
- Araméndiz-Tatis, H., Cardona-Ayala, C. E., & Combatt-Caballero, E. M. (2016). Contenido nutricional de líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) seleccionadas de una población criolla. *Informacion Tecnologica*, *27*(2), 53–60. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000200007>
- Avanza, M., Acevedo, B., Chaves, M., & Añón, M. (2012). Nutritional and anti-nutritional components of four cowpea varieties under thermal treatments: Principal component analysis. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.09.010>
- Baca, S., Ríos, P., & Rojas, J. (2015). Importancia del magnesio en la dieta humana. *Agroindustrial Science*, *5*, 13.
- Cervera, P., Clapés, J., & Rigolfas, R. (2004). *Alimentación y dietoterapia (Nutrición aplicada en la salud y la enfermedad)* (4th Ed.). España: McGRAW-HILL-INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- Clement, O., & Singh, V. (2008). Physico-chemical properties of the flours and starches of two cowpea varieties ( *Vigna unguiculata* ( L . ) Walp ), *9*, 92–100. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.06.003>
- Degral, S. (2006). *QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS*. (E. Q. Duarte, Ed.) (Cuarta edi). MEXICO: Pearson Educación.
- FAO. (1995). El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Alimentación y nutrición N°27.
- FAO. (2015). Macronutrientes y micronutrientes. Retrieved from [www.foodpyramid.com/6-essential-nutrients](http://www.foodpyramid.com/6-essential-nutrients)  
[y%0Awww.fao.org/docrep/017/i3261e/i3261e05.pdf](http://www.fao.org/docrep/017/i3261e/i3261e05.pdf)
- FAO. (2016a). Beneficios Nutricionales de las Legumbres.
- FAO. (2016b). Legumbres semillas nutritivas para un futuro sostenible.
- Fontenele, A., Carvalho, U., Mateus, N., Sousa, D., Felipe, D., Clarissa, Lady, ... Filho,

- F. (2012). Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins, 26, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.01.005>
- Frota, K., Soares, R., & Arêas, J. (2008). Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Ciênc. Tecnol. Aliment.:* 28(2), 470-476.
- Giami, S. Y. (1993). Effect of processing on the proximate composition and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) flour, 47, 153–158.
- Gil, D. Becourt, E. y Maqueira, Y. (2006). Determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar, Vol. 40*, 45–50.
- Gómez, C. (2004). Cowpea Post-harvest Operations. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-au994e.pdf>
- González, A. (2012). *Desarrollo de un Producto de Panificación a Partir de una Harina Compuesta de Trigo, Garbanzo y Brócoli*. Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ingeniería Agroindustrial.
- Gupta, P., Singh, R., Malhotra, S., Boora, K. S., & Singal, H. R. (2010). Characterization of seed storage proteins in high protein genotypes of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.].
- Henshaw, F. O. (2008). Varietal Differences in Physical Characteristics and Proximate Composition of Cowpea (*Vigna unguiculata*), 4(3), 302–306.
- INCAP. (2012). Tabla de Composición de los alimentos INCAP. (H. Menchú, MT. y Méndez, Ed.). Guatemala: INCAP. Retrieved from <http://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf>
- Kastenmayer, P. (1995). Análisis de minerales y elementos traza en alimentos. Producción y manejo de datos y disposición química de alimentos en nutrición. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura FAO.
- Kerr, W., Ward, C., McWatters, K., & Resurreccion, A. (2000). Effect of milling and particle size on functionality and physicochemical properties of cowpea flour. *Cereal Chemistry*.
- Longe, O. G. (1980). Carbohydrate composition of different varieties of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Department of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria*, 6, 9.
- Mellado, M. de las M. S., & Haros, M. (2016). Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harina integral de arroz. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19(0), 1–9. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0216>
- Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426–428.
- Onwuliri, V. A., & Obu, J. A. (2002). Lipids and other constituents of *Vigna*

unguiculata and Phaseolus vulgaris grown in northern Nigeria, 78, 1–7.

Samaniego, F. (2016). *Optimización de parámetros de extracción de compuestos antioxidantes en firiguero ( vigna unguiculata)*. Universidad Técnica Particular de Loja, Área Biológica y Biomédica.

Sanchez, N., Jiménez, C., Cardador, A., & Dávila, G. (2016). Caracterización física , nutricional y no nutricional de las semillas de Inga paterno., 43, 400–407. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400010>

Sociedad Española de Nutrición Comunitaria : Gias alimentarias: recomendaciones para una dieta saludable. (2001). *IM Y C*.

Thomas, D. J., & Atwell, W. A. (1997). *Starches*. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists: Eagan Press handbook series.

USDA. (2018). Cowpeas (blackeyes), immature seeds, raw: United States Department of Agriculture.

Vargas, Y., Villamil, O., Murillo, E., Murillo, W., & Solanilla, D. (2012). Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol Caupí (Vigna Unguiculata L), cultivado en Colombia.

# **Anexos**



**ANEXO A.**

**Tabla 9.** Datos para la determinación de grasa de las matrices estudiadas

Muestra	W. Dedal vacío (g)	W Muestra inicial (g)	W. Vaso + núcleo vacío (g)	W. Vaso+ núcleo + grasa (g)	W. Dedal desengrasado (g)	W. Muestra desengrasada (g)	% Grasa	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación.
Firiguero P1	3,1033	2,5007	73,6867	73,7273	5,3432	0,0406	1,6235	<b>1,49</b>	<b>0,18</b>	12,32
	3,2302	2,5452	74,0031	74,0378	5,6610	0,0347	1,3634			
Firiguero P2	3,3402	2,4960	74,9308	74,9686	5,5756	0,0378	1,5144	<b>1,39</b>	<b>0,18</b>	12,70
	3,4720	2,5062	74,5242	74,5559	5,8693	0,0317	1,2649			
7 HARINAS P1	5,2747	2,5865	74,5498	74,5971	8,2062	0,0473	1,8287	<b>1,75</b>	<b>0,11</b>	6,27
	5,3207	2,5219	74,4818	74,524	7,6561	0,0422	1,6733			
7 HARINAS P2	5,3422	2,5141	75,2575	75,3809	8,1894	0,1234	4,9083	<b>4,78</b>	<b>0,18</b>	3,81
	4,9379	2,5180	74,8052	74,9223	7,1971	0,1171	4,6505			

## ANEXO B.

**Tabla 10.** Datos de la extracción de azúcares en matrices estudiadas

<b>Muestra</b>	<b>W. Dedal sin azúcar (g)</b>	<b>W. muestra sin azúcar (g)</b>	<b>% Residuo</b>	<b>% Azúcares</b>	<b>W. De aforo (g)</b>
<b>Firiguero P1</b>	5,1361	2,0328	81,2892	18,7108	9,8913
	5,2944	2,0642	81,1017	18,8983	10,1577
<b>Firiguero P2</b>	5,5075	2,1673	86,8309	13,1691	10,0372
	5,3840	1,9120	76,2908	23,7092	10,0480
<b>7 Harinas P1</b>	7,4923	2,2176	85,7375	14,2625	10,1333
	7,6623	2,3416	92,8506	7,1494	9,9446
<b>7 Harinas P2</b>	7,5074	2,1652	86,1223	13,8777	10,0601
	7,1903	2,2524	89,4519	10,5481	10,0242

**ANEXO C.**

**Tabla 11.** Datos en la determinación de azúcares reductores

MUESTRA	ABSORBANCIA				Volumen de aforo ml	Factor de dilución	Azúcares reductores (%)				Promedio (%)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
	R1	R2	R3	R4									
<b>Firiguero P1</b>	0,1260	0,1160	0,1190	0,1120	9,8913	1,1423	0,1074	0,0993	0,1017	0,0961	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>3,34</b>
	0,1160	0,1190	0,1180	0,1210	10,1577	1,1461	0,1005	0,1030	0,1022	0,1046			
<b>Firiguero P2</b>	0,1690	0,1710	0,1740	0,1660	10,0372	1,1425	0,1445	0,1461	0,1486	0,1420	<b>0,14</b>	<b>0,01</b>	<b>5,63</b>
	0,1660	0,1470	0,1690	0,1530	10,0480	1,1406	0,1414	0,1259	0,1438	0,1308			
<b>7 Harinas P1</b>	0,0460	0,0450	0,0450	0,0460	10,1333	4,5933	0,1704	0,1672	0,1672	0,1704	<b>0,17</b>	<b>0,00</b>	<b>1,95</b>
	0,0450	0,0450	0,0440	0,0430	9,9446	4,5589	0,1670	0,1670	0,1638	0,1606			
<b>7 Harinas P2</b>	0,0510	0,0500	0,0490	0,0480	10,0601	4,5692	0,1895	0,1862	0,1829	0,1797	<b>0,20</b>	<b>0,01</b>	<b>6,35</b>
	0,0580	0,0550	0,0550	0,0550	10,0242	4,6240	0,2138	0,2039	0,2039	0,2039			

**ANEXO D.**

**Tabla 12.** Datos de la determinación de azúcares totales por hidrólisis ácida

MUESTRA	ABSORBANCIA				Volumen de aforo (mL)	Factor de dilución	Azúcares totales por hidrólisis ácida (%)				Promedio (%)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
	R1	R2	R3	R4									
<b>Firiguero P1</b>	0,889	0,861	0,854	0,810	9,8913	6,5332	4,1379	4,0086	3,9762	3,7730	<b>3,81</b>	<b>0,20</b>	<b>5,30</b>
	0,855	0,867	0,833	0,852	10,1577	5,9628	3,6659	3,7170	3,5724	3,6532			
<b>Firiguero P2</b>	0,288	0,308	0,306	0,304	10,0372	21,3011	4,5158	4,8219	4,7913	4,7607	<b>4,56</b>	<b>0,21</b>	<b>4,63</b>
	0,253	0,247	0,250	0,236	10,0480	24,2457	4,5166	4,4124	4,4645	4,2213			
<b>7 Harinas P1</b>	0,495	0,492	0,49	0,495	10,1333	6,2707	2,2040	2,1908	2,1820	2,2040	<b>2,14</b>	<b>0,07</b>	<b>3,05</b>
	0,508	0,492	0,5	0,494	9,9446	5,7993	2,1185	2,0526	2,0856	2,0609			
<b>7 Harinas P2</b>	0,22	0,216	0,228	0,219	10,0601	13,3874	2,1731	2,1348	2,2497	2,1635	<b>2,01</b>	<b>0,19</b>	<b>9,29</b>
	0,509	0,492	0,484	0,53	10,0242	5,0358	1,8666	1,8051	1,7762	1,9426			

**ANEXO E.**

**Tabla 13.** Datos obtenidos en la determinación de azúcares totales por invertasa

MUESTRA	ABSORBANCIA				Volumen de aforo (mL)	FDT	Azúcares totales por invertasa (%)				Promedio (%)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
	R1	R2	R3	R4									
<b>Firiguero 1</b>	0,471	0,473	0,471	0,475	9,8913	10,4558	3,5329	3,5476	3,5329	3,5624	<b>3,76</b>	<b>0,23</b>	<b>6,07</b>
	0,542	0,543	0,543	0,544	10,1577	10,1212	3,9630	3,9702	3,9702	3,9775			
<b>Firiguero 2</b>	0,494	0,491	0,497	0,493	10,0372	10,3123	3,7129	3,6906	3,7351	3,7054	<b>3,73</b>	<b>0,03</b>	<b>0,73</b>
	0,495	0,496	0,497	0,497	10,0480	10,4153	3,7462	3,7536	3,7611	3,7611			
<b>7 Harinas P1</b>	0,241	0,242	0,245	0,243	10,1333	10,2562	1,7808	1,7880	1,8095	1,7952	<b>1,79</b>	<b>0,05</b>	<b>2,72</b>
	0,25	0,228	0,236	0,247	9,9446	10,2860	1,8629	1,7034	1,7614	1,8411			
<b>7 Harinas P2</b>	0,243	0,241	0,244	0,248	10,0601	10,1733	1,8187	1,8041	1,8260	1,8551	<b>1,86</b>	<b>0,06</b>	<b>3,06</b>
	0,252	0,262	0,243	0,247	10,0242	10,3415	1,9055	1,9791	1,8393	1,8688			

**ANEXO F.**

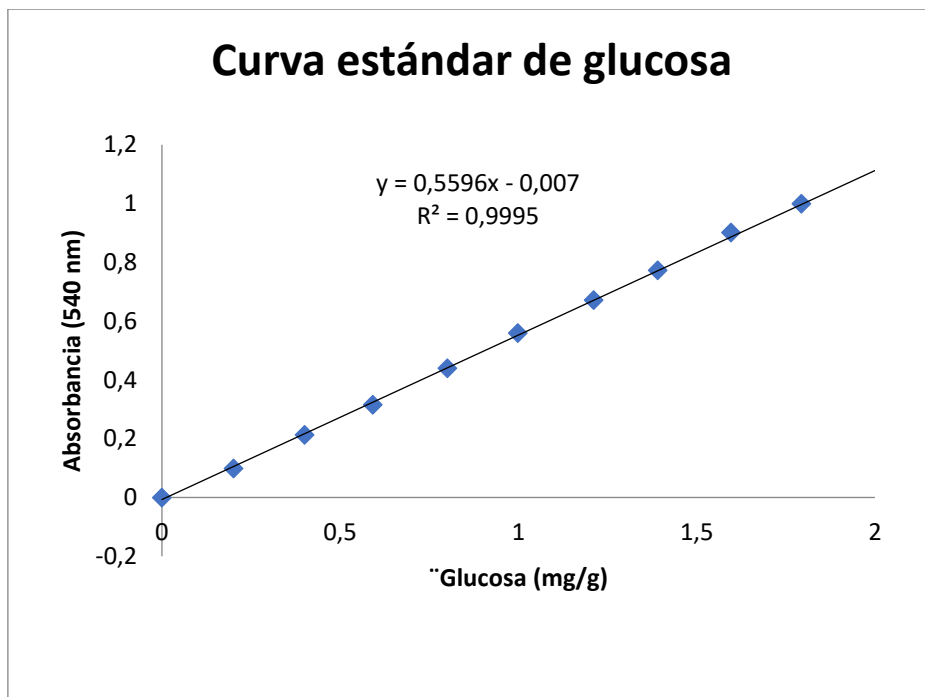
**Tabla 14.** Datos obtenidos en la determinación de almidón

MUESTRA	ABSORBANCIA				FDT	ALMIDON				Promedio (%)	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
	R1	R2	R3	R4		(%)						
<b>Firiguero P1</b>	0,234	0,232	0,233	0,230	57,02	33,5166	33,2384	33,3775	32,9602	<b>36,85</b>	<b>2,28</b>	<b>6,20</b>
	0,232	0,231	0,230	0,233	57,62	37,1837	37,0281	36,8725	37,3393			
<b>Firiguero P1</b>	0,234	0,23	0,221	0,224	57,31	39,6358	38,9779	37,4977	37,9911	<b>35,25</b>	<b>2,11</b>	<b>5,98</b>
	0,229	0,225	0,232	0,222	57,22	38,8324	38,1742	39,3261	37,6805			
<b>Firiguero P2</b>	0,194	0,173	0,186	0,191	57,21	35,1941	31,5169	33,7932	34,6688	<b>50,54</b>	<b>3,20</b>	<b>6,34</b>
	0,197	0,194	0,193	0,196	54,38	33,7500	33,2537	33,0882	33,5846			
<b>Firiguero P2</b>	0,241	0,244	0,237	0,244	57,08	37,9897	38,4492	37,3769	38,4492	<b>58,99</b>	<b>2,18</b>	<b>3,70</b>
	0,225	0,242	0,235	0,233	56,82	34,4270	36,9498	35,9110	35,6142			
<b>7 Harinas P1</b>	0,323	0,324	0,32	0,319	52,28	51,2312	51,3864	50,7654	50,6102	<b>58,99</b>	<b>2,18</b>	<b>3,70</b>
	0,306	0,31	0,312	0,306	57,37	53,8381	54,3136	54,6563	53,6282			
<b>7 Harinas P1</b>	0,246	0,259	0,256	0,258	53,53	43,8046	46,6927	46,1660	46,5171	<b>58,99</b>	<b>2,18</b>	<b>3,70</b>
	0,258	0,265	0,254	0,253	59,34	50,9663	52,8285	50,6920	50,4978			
<b>7 Harinas P2</b>	0,319	0,315	0,315	0,32	58,91	56,4736	56,3212	56,3212	57,1958	<b>58,99</b>	<b>2,18</b>	<b>3,70</b>
	0,313	0,311	0,314	0,311	61,45	58,8500	58,3681	58,9188	58,3681			
<b>7 Harinas P2</b>	0,315	0,317	0,318	0,314	55,52	57,3728	58,9842	59,1662	58,4380	<b>58,99</b>	<b>2,18</b>	<b>3,70</b>
	0,314	0,32	0,314	0,317	58,72	62,2997	62,8384	61,6853	62,2618			

## ANEXO G.

**Tabla 15.** Datos para la curva de glucosa

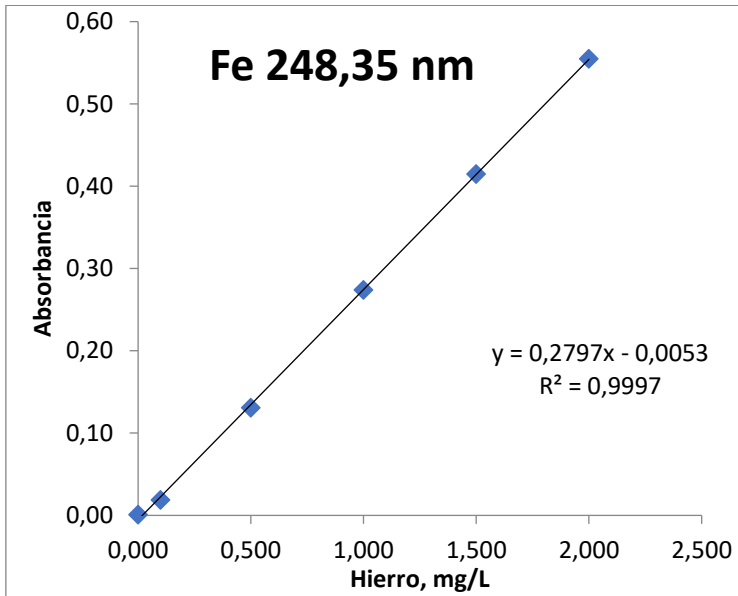
Concetracion de glucosa (mg/ml)	Absorbancia
0	0
0,2011	0,099
0,4002	0,213
0,5919	0,316
0,8009	0,44
0,9984	0,56
1,2109	0,672
1,3908	0,773
1,5967	0,901
1,7940	1
2,0004	1,096



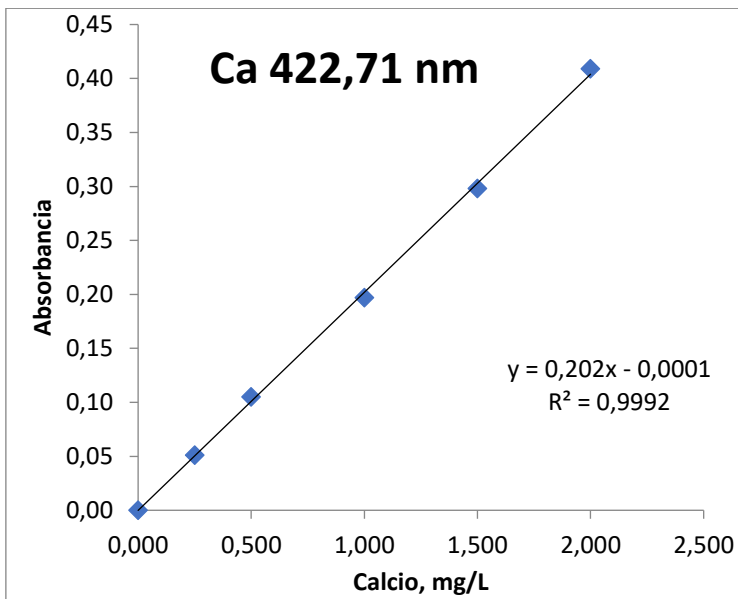
**Figura 1.** Curva de glucosa

## ANEXO H.

Curvas típicas de calibración de Hierro (Fe), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

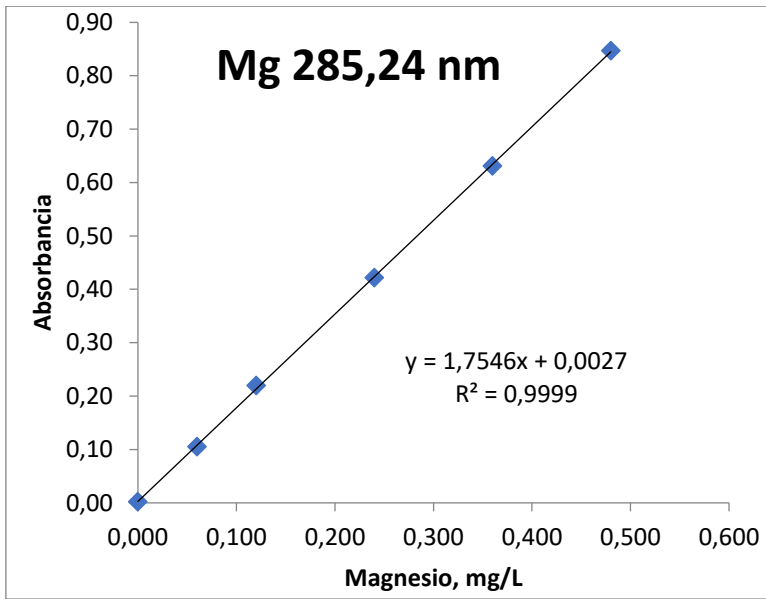


**Figura 2** Curva de calibración de hierro



**Figura 3.** Curva de calibración de calcio





**Figura 4.** Curva de calibración de magnesio

## ANEXOS I.

**Tabla 16.** Resultados obtenidos de la determinación de minerales, cenizas y humedad de firiguero proveedor 1

	<b>Firiguero Prov1, mg metal/kg Harina seca</b>				
	Calcio	Hierro	Magnesio	Cenizas	% Humedad
	469	71,2	2512	3,14%	11,72%
	504	66,9	2596	3,33%	11,45%
	512	67,6	2535	3,23%	11,20%
	506	59,0	2505	3,17%	
	599	61,5	2833	3,10%	
<b>Promedio</b>	<b>518</b>	<b>65</b>	<b>2596</b>	<b>3,19%</b>	<b>11,46%</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>48</b>	<b>5</b>	<b>137</b>	<b>0,09%</b>	<b>0,26%</b>
<b>Coef. Var.</b>	<b>9,3%</b>	<b>7,5%</b>	<b>5,3%</b>	<b>2,9%</b>	<b>2,3%</b>

**Tabla 17.** Resultados obtenidos de la determinación de minerales, cenizas y humedad de firiguero proveedor 2

	<b>Firiguero Prov2, mg metal/kg Harina seca</b>				
	Calcio	Hierro	Magnesio	Cenizas	% Humedad
	908	118,1	1891	2,87%	11,63%
	948	120,9	1696	2,64%	11,64%
	980	111,7	1812	2,78%	11,61%
	1065	115,5	1973	2,87%	
	1038	118,6	2036	2,66%	
<b>Promedio</b>	<b>988</b>	<b>117</b>	<b>1881</b>	<b>2,76%</b>	<b>11,63%</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>64</b>	<b>4</b>	<b>134</b>	<b>0,11%</b>	<b>0,02%</b>
<b>Coef. Var.</b>	<b>6,5%</b>	<b>3,0%</b>	<b>7,1%</b>	<b>3,9%</b>	<b>0,1%</b>

**Tabla 18.** Resultados obtenidos de la determinación de minerales, cenizas y humedad de 7 harinas proveedor 1

	<b>7 Harinas Prov1, mg metal/kg Harina seca</b>				
	Calcio	Hierro	Magnesio	Cenizas	% Humedad
	751	71,4	1831	3,28%	11,49%
	768	64,6	1957	3,49%	10,81%
	810	73,1	2030	3,01%	11,20%
	773	71,9	1792	3,30%	
	821	70,5	1872	3,26%	
<b>Promedio</b>	<b>785</b>	<b>70</b>	<b>1896</b>	<b>3,27%</b>	<b>11,17%</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>96</b>	<b>0,17%</b>	<b>0,34%</b>
<b>Coef. Var.</b>	<b>3,8%</b>	<b>4,7%</b>	<b>5,1%</b>	<b>5,3%</b>	<b>3,1%</b>

**Tabla 19.** Resultados obtenidos de la determinación de minerales, cenizas y humedad de 7 harinas proveedor 2

<b>7 Harinas Prov2, mg metal/kg Harina seca</b>					
	<b>Calcio</b>	<b>Hierro</b>	<b>Magnesio</b>	<b>Cenizas</b>	<b>% Humedad</b>
	<b>960</b>	56,5	1096	3,04%	10,76%
	<b>1000</b>	67,8	1099	2,87%	10,91%
	<b>1002</b>	71,2	1091	2,98%	10,80%
	<b>1040</b>	61,0	1131	3,01%	
	<b>904</b>	57,6	1033	2,82%	
<b>Promedio</b>	<b>981</b>	<b>63</b>	<b>1090</b>	<b>2,94%</b>	<b>10,82%</b>
<b>Desv. Est.</b>	<b>52</b>	<b>6</b>	<b>35</b>	<b>0,10%</b>	<b>0,08%</b>
<b>Coef. Var.</b>	<b>5,3%</b>	<b>10,2%</b>	<b>3,2%</b>	<b>3,2%</b>	<b>0,7%</b>

**ANEXO J.**

**Tabla 20.** Datos obtenidos de los pesos de crisoles, cenizas y concentración de minerales

<b>Harina</b>	<b># Crisol</b>	<b>W crisol (g)</b>	<b>W c + muestra (g)</b>	<b>W c + ceniza (g)</b>	<b>% cenizas</b>	<b>Cantidad de harina (g)</b>	<b>[ug Fe/g]</b>	<b>[ug Ca/g]</b>	<b>[ug Mg/g]</b>
<b>Firiguero Prov. 1</b>	1	24,7212	25,4263	24,7450	3,37%	0,7051	78,1	454,1	2539,3
	2	26,0899	26,7840	26,1101	2,91%	0,6941	64,2	483,9	2484,3
	3	25,2975	25,9906	25,3207	3,35%	0,6931	65,0	491,1	2553,6
	4	24,8862	25,5878	24,9095	3,32%	0,7016	68,8	516,3	2638,2
	5	23,6851	24,3872	23,7092	3,43%	0,7021	67,7	501,3	2556,1
	6	25,3586	26,0564	25,3798	3,04%	0,6978	67,5	521,9	2513,9
	7	24,9421	25,6498	24,9643	3,14%	0,7077	57,2	496,9	2395,9
	8	25,9618	26,6663	25,9843	3,20%	0,7045	60,9	515,3	2614,9
	9	25,3413	26,1414	25,3667	3,17%	0,8001	62,6	621,9	3087,6
	10	25,1623	25,8675	25,1836	3,03%	0,7052	60,4	575,7	2578,4
<b>Firiguero Prov. 2</b>	1	25,5650	26,2757	25,5843	2,72%	0,7107	112,8	932,3	1952,5
	2	25,6789	26,3775	25,6999	3,01%	0,6986	123,3	883,6	1829,2
	3	24,8917	25,5931	24,9100	2,61%	0,7014	124,1	916,0	1698,2
	4	24,8831	25,5967	24,9022	2,68%	0,7136	117,6	980,3	1693,3
	5	25,0510	25,7589	25,0696	2,63%	0,7079	114,1	978,2	1919,7
	6	25,8769	26,5799	25,8976	2,94%	0,7030	109,3	982,1	1703,6
	7	24,5634	25,2741	24,5836	2,84%	0,7107	120,7	989,8	1800,9
	8	25,1482	25,8480	25,1684	2,89%	0,6998	110,2	1139,8	2144,3
	9	24,5575	25,3630	24,5788	2,64%	0,8055	129,5	1121,2	2196,8
	10	25,1292	25,8210	25,1477	2,68%	0,6918	107,8	954,3	1876,1
<b>7 Harinas Prov. 1</b>	1	24,7200	25,5174	24,7459	3,25%	0,7974	81,4	735,5	1742,5
	2	26,0894	26,8841	26,1157	3,31%	0,7947	61,4	767,0	1919,8
	3	25,2963	26,0997	25,3250	3,57%	0,8034	63,7	769,8	1915,3
	4	24,8855	25,6892	24,9129	3,41%	0,8037	65,5	765,6	1998,5
	5	23,6890	24,4997	23,7136	3,03%	0,8107	73,2	815,8	2101,8
	6	25,3573	26,1532	25,3811	2,99%	0,7959	73,0	805,0	1957,3
	7	24,9414	25,7404	24,9678	3,30%	0,7990	55,1	774,4	1749,1
	8	25,9609	26,7675	25,9875	3,30%	0,8066	88,6	771,8	1834,5
	9	25,3407	26,1418	25,3668	3,26%	0,8011	70,9	834,9	1987,1
	10	25,1610	25,9627	25,1871	3,26%	0,8017	70,1	807,3	1757,3
<b>Harinas</b>	1	25,5638	26,3622	25,5883	3,07%	0,7984	53,0	975,3	1044,2
	2	25,6780	26,4778	25,7021	3,01%	0,7998	59,9	944,2	1148,2

	3	24,8902	25,6940	24,9110	2,59%	0,8038	60,9	1039,6	1153,1
	4	24,8819	25,6880	24,9073	3,15%	0,8061	74,7	960,3	1044,4
	5	25,0497	25,8419	25,0737	3,03%	0,7922	58,7	940,7	1081,0
	6	25,8759	26,6838	25,8995	2,92%	0,8079	83,6	1062,8	1100,7
	7	24,5624	25,3656	24,5874	3,11%	0,8032	60,1	954,0	1116,7
	8	25,1475	25,9416	25,1706	2,91%	0,7941	62,0	1125,7	1144,7
	9	24,5563	25,3579	24,5785	2,77%	0,8016	54,6	920,9	1066,5
	10	25,1285	25,9291	25,1515	2,87%	0,8006	60,6	887,2	1000,1

## ANEXO K

**Tabla 21.** Condiciones Instrumentales del equipo para cada elemento

<b>Parámetros de análisis</b>	<b>Hierro (Fe)</b>	<b>Magnesio (Mg)</b>	<b>Calcio (Ca)</b>
Línea analítica	248.3 nm	285.2 nm	422.7 nm
Tipo de flama	Aire/Aceliteno	Aire/Aceliteno	N2O/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

## ANEXO L.

### 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 vértir en cuatro tubos de centrífuga de 15 mL.
- Centrifugar por 30 min a la graduación 8,5 en la centrífuga de tapa anaranjada de Análisis de Alimentos.
- Recuperar el sobrenadante y almacenar a -80 °C.

## ANEXO M.

### 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 (lentamente) 30 g de tartrato de sodio y potasio.
- Enfriar y aforar a 100 mL con agua destilada.