

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

Determinación de sodio, potasio, hierro, calcio y zinc en arveja, lenteja y harina de haba,
por espectrofotometría de absorción atómica de llama

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

DÉBORA MATILDE ÁLVAREZ DE LA TORRE

Quito, 2016

DEDICATORIA

A mi madre, por su apoyo incondicional.

Para el Príncipe, para ti Martín.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente al Mtr. Pablo Pozo, pues sin su colaboración no se presentaría el presente trabajo. También MSc. Ma. Fernanda Pilaquinga y Mtr. Gabriela Cueva, gracias por sus observaciones y correcciones.

También agradezco al Dr. Ramiro Gallegos y a MSc. Eliza Jara por su ayuda con la presente disertación.

También agradezco a mis compañeros y profesores que fueron un apoyo y guía mientras estuve en la facultad.

Finalmente, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mi madre y hermana por estar siempre junto a mí.

TABLA DE CONTENIDOS

Preliminares	ii
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
1. CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	12
1.1 NUTRICIÓN	12
1.2 NUTRIENTES	14
1.2.1 Macronutrientes	14
1.2.2. Micronutrientes	16
1.3. LEGUMINOSAS	19
1.4. ANÁLISIS DE MINERALES	21
1.4.1. Espectrometría de absorción atómica	22
1.4.2. Herramientas estadísticas	24
2. CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA	28
2.1. MUESTREO	28
2.2. PREPARACIÓN DE MUESTRA	28
2.2.1. Molienda	28
2.2.2. Secado	28
2.2.3. Digestión	30
2.3. DETERMINACIÓN DE MINERALES	31
2.3.1 Materiales	32

2.3.2. Equipos	32
2.3.3. Reactivos	32
2.3.4. Preparación de soluciones necesarias	33
2.3.5. Análisis del metal en el software	34
2.3.6. Análisis de minerales	34
3. CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1. LÍMITES DE DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN	45
3.2. DETERMINACIÓN DE SODIO	46
3.3. DETERMINACIÓN DE POTASIO	49
3.4. DETERMINACIÓN DE CALCIO	53
3.5. DETERMINACIÓN DE HIERRO	56
3.6. DETERMINACIÓN DE ZINC	60
3.7. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS TABLAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS ECUATORIANOS DE 1965	63
4. CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
4.1. CONCLUSIONES	67
4.2. RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de sodio	36
Tabla 2.2. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de potasio	38
Tabla 2.3. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de calcio	40
Tabla 2.4. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de hierro	42
Tabla 2.5. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de zinc	43
Tabla 3.1. Límites de Determinación y Cuantificación calculados para los métodos utilizados.	45
Tabla 3.2. Resumen de los resultados obtenidos para sodio en arveja, harina de haba y lenteja.	49
Tabla 3.3. Resumen de los resultados obtenidos para potasio en arveja, harina de haba y lenteja.	52
Tabla 3.4. Resumen de los resultados obtenidos para calcio en arveja, harina de haba y lenteja.	56
Tabla 3.5. Resumen de los resultados obtenidos para hierro en arveja, harina de haba y lenteja.	59
Tabla 3.6. Resumen de los resultados obtenidos para zinc en arveja, harina de haba y lenteja.	63

Tabla 3.7 Resumen de los resultados de la determinación realizada	64
Tabla 3.8. Contenido de minerales expuestos en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos.	65
Tabla 3.9. Comparación de medias obtenidas en 1965 y 2014 en el contenido de minerales en Alimentos Ecuatorianos.	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. La Guía Pirámide de Alimentos de USDA de 1992.	13
Figura 1.2. MyPlate de USDA de 2011.	14
Figura 1.3. Relación entre presencia de minerales en alimentos y su biodisponibilidad.	17
Figura 3.1 Curva de calibración de sodio realizada previo al análisis de sodio en arveja.	47
Figura 3.2. Curva de calibración de sodio realizada previo al análisis de sodio en harina de haba.	47
Figura 3.3. Curva de calibración de sodio realizada previo al análisis de sodio en lenteja.	48
Figura 3.4. Curva de calibración de potasio realizada previo al análisis de sodio en arveja.	50
Figura 3.5. Curva de calibración de potasio realizada previo al análisis de sodio en harina de haba.	51
Figura 3.6. Curva de calibración de potasio realizada previo al análisis de sodio en lenteja.	51
Figura 3.7. Curva de calibración de calcio realizada previo al análisis de sodio en arveja.	53
Figura 3.8. Curva de calibración de calcio realizada previo al análisis de sodio en harina de haba.	54
Figura 3.9. Curva de calibración de calcio realizada previo al análisis de sodio en lenteja.	55

Figura 3.10. Curva de calibración de hierro realizada previo al análisis de hierro en arveja.	57
Figura 3.11. Curva de calibración de hierro realizada previo al análisis de hierro en harina de haba.	58
Figura 3.12. Curva de calibración de hierro realizada previo al análisis de hierro en lenteja.	58
Figura 3.13. Curva de calibración de zinc realizada previo al análisis de zinc en arveja.	60
Figura 3.14. Curva de calibración de zinc realizada previo al análisis de zinc en harina de haba.	61
Figura 3.15. Curva de calibración de zinc realizada previo al análisis de zinc en lenteja.	62

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos para calcular límites	72
Anexo 2. Datos de las curvas de calibración	77
Anexo 3. Tablas de resultados obtenidos en la presente disertación	82
Anexo 4. Certificados de los estándares utilizados	97

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo la determinación cuantitativa de sodio, potasio, hierro, calcio y zinc en arveja, lenteja y harina de haba, utilizando Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los datos de este estudio se compararon con la Tabla de Componentes de los Alimentos Ecuatorianos realizada en 1965. El muestreo de los alimentos se realizó en dos mercados municipales y un supermercado; para el análisis se prepararon las muestras mediante digestión seca y posterior dilución individual para el análisis de los minerales estudiados en cada matriz. Se obtuvo un mayor contenido de sodio y potasio en arveja, de calcio y hierro en lenteja, mientras que la cantidad de zinc fue similar en todas las matrices estudiadas. Los resultados promedio obtenidos para harina de haba, arveja y lenteja, respectivamente, fueron los siguientes para sodio: 12,05 mg/100g, 14,14 mg/100g y 2,71 mg/100g; para potasio: 788,39 mg/100g, 1203,77 mg/100g y 858,07 mg/100g; para calcio: 18,42 mg/100g, 39,59 mg/100g y 59,60 mg/100g; para hierro: 3,29 mg/100g, 3,51 mg/100g y 4,86 mg/100g; y para zinc: 2,80 mg/100g, 2,66 mg/100g y 2,84 mg/100g.

PALABRAS CLAVE: Análisis de alimentos, determinación de minerales, validación, Tabla de Composición de alimentos.

ABSTRACT

The objective of this dissertation work is to determinate sodium, potassium, iron, calcium and zinc in pea, lentil and bean flour, using flame atomic absorption spectrophotometry as quantification method. Data from this study had been compared with the data of the Ecuadorians Food Components Chart of 1965. Food sampling was executed in two municipal markets and a supermarket; the samples were prepared by dry ashes and subsequent single dilution for the analysis of minerals. A higher content of sodium and potassium were found in pea, calcium and iron in lentil while the amount of zinc was similar in all tested legumes. The average results obtained for bean flour, peas and lentils, respectively, were as follows for sodium: 12,05 mg/100g, 14,14 mg/100g y 2,71 mg/100g; for potassium: 788,39 mg/100g, 1203,77 mg/100g y 858,07 mg/100g; for calcium: 18,42 mg/100g, 39,59 mg/100g y 59,60 mg/100g; for iron: 3,29 mg/100g, 3,51 mg/100g y 4,86 mg/100g; and for zinc: 2,80 mg/100g, 2,66 mg/100g y 2,84 mg/100g.

KEYWORDS: Food Analysis, Minerals Quantification, Food Composition Chart.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos están compuestos por nutrientes orgánicos (carbohidratos, lípidos, proteínas y vitaminas) e inorgánicos (minerales), y cada uno tiene un papel importante en la nutrición humana, ya que incide directamente en la salud y el correcto funcionamiento del organismo humano, por esta razón, es importante conocer la composición de los alimentos que consumimos, en forma cualitativa y cuantitativa. A partir de este planteamiento surge la importancia de determinar bases de datos de la composición nutricional de los alimentos.

En un alimento, ya sea de fuente vegetal o animal, se pueden encontrar aproximadamente 60 de 114 de los elementos químicos, de los cuales 36 aparecen con mayor frecuencia [1], entre éstos, los minerales que se determinaron en la presente disertación.

Las leguminosas, como haba, arveja y lenteja, son alimentos de gran importancia, por su alto contenido de carbohidratos y por ser fuentes significativas de minerales en comparación con otros alimentos [2]. Además, las leguminosas analizadas son granos de consumo masivo ampliamente utilizados en la gastronomía ecuatoriana.

Es así que, en la presente disertación se determinó mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama (AA), la presencia de sodio, potasio, calcio, hierro y zinc en 3 matrices alimentarias: arveja, lenteja y harina de haba.

La presente disertación contiene en cuatro capítulos: marco teórico, metodología, resultados y conclusiones.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. NUTRICIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a la nutrición como la ingesta de alimentos en relación con las necesidades dietéticas del organismo y es fundamental para el mantenimiento de la salud [3]. La malnutrición, ya sea por falta o exceso de nutrientes, es causante de múltiples enfermedades para el ser humano e incluso puede llegar hasta la muerte, por lo que es realmente importante tener una dieta balanceada [4]. Para planificar una dieta balanceada se pueden utilizar una guía médica o una pirámide alimenticia, mediante la cual se puede calcular que cantidad y tipo de alimentos consumir.

Durante años se ha tratado de diseñar una guía rápida para que la gente sepa que alimento consumir y en qué cantidad. De hecho se propusieron varios modelos, como ruedas o folletos, hasta que en 1992 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), propuso la Pirámide de Alimentos [5], que es una guía y no una receta estricta a seguir, se diseñó con el fin de brindar a la gente una recomendación para proyectar una dieta saludable y balanceada, basándose en la dieta típica de una persona estadounidense, y donde se busca limitar en lo que sea posible la ingesta de grasas, en especial de las saturadas. La pirámide de 1992 se dividió en seis grupos según su origen, como se puede observar en la Figura 1.1. Se debe notar que en la base se encuentran los granos y sus subproductos, ya sean cereales o leguminosas, a medida que se asciende se ve que el

origen cambia a animal y en la cúspide se encuentra los alimentos que se deben consumir con moderación, grasas, aceites y dulces o azúcares [6].



Figura 1.1. La Guía Pirámide de Alimentos de USDA de 1992 [6].

La pirámide de alimentos ha generado mucha controversia, debido a la falta de especificaciones o por no reflejar la realidad dietética por lo que en 2011 la USDA cambia a MyPlate (en español: MiPlato) y se busca llamar la atención mediante su diseño, como se ve en la Figura 1.2, además propone dar una guía más visual para que el consumidor pueda comprender con mayor facilidad [5]. Se complementa esto con una guía de como planificar la dieta detalla y de fácil comprensión en donde se recomienda consumir aproximadamente 30% de granos, 40% de vegetales, 10% de frutas, 20% de proteínas y se acompaña con porciones moderadas de derivados lácteos, como se muestra en la Figura 1.2.



Figura 1.2. MyPlate de USDA de 2011 [5].

1.2. NUTRIENTES

Nutriente es toda sustancia, incluyendo al agua, que aporte energía, aminoácidos y elementos o compuestos fundamentales para el metabolismo [7]. Los nutrientes se pueden clasificar de diferentes formas, entre ellas por su cantidad en los alimentos: macronutrientes y micronutrientes [8].

1.2.1. Macronutrientes

Los macronutrientes son aquellos que se encuentran y se necesitan en mayor cantidad en la nutrición humana, como los lípidos, carbohidratos y proteínas. Además de proporcionar energía, en ellos se pueden encontrar micronutrientes [7].

1.2.1.1. Carbohidratos

Los carbohidratos o hidratos de carbono, $C_n(H_2O)_n$, son compuestos formados por carbono, hidrogeno y oxígeno, con una estructura polihidroaldehído o de polihidroxicetona [8]. Son los compuestos más abundantes en la naturaleza y en la dieta humana por su alto aporte energético [6]. Se encuentra principalmente en fuentes vegetales y son productos de la fotosíntesis. Al clasificarlos por su estructura se dividen en tres principales grupos: monosacáridos (1 unidad de carbohidrato), oligosacáridos (de 2 a 10 unidades de carbohidratos) y polisacáridos (más de 10 unidades de carbohidratos) [9].

1.2.1.2. Proteínas

Las proteínas son compuestos orgánicos nitrogenados y que tienen múltiples funciones en los organismos vivos como: energéticas, estructurales, metabólicas, de transporte, entre otras. Al momento de consumir proteínas se debe cuidar no solo que sea la cantidad adecuada, sino también de la calidad requerida [9].

1.2.1.3. Lípidos

Los lípidos son grupos de compuestos constituidos por carbono, hidrogeno y oxigeno que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas y en ciertos casos pueden contener fósforo y nitrógeno. Entre sus funciones se pueden encontrar como fuente y reservas de energía, metabólicas, endocrinas, de transporte, aislante térmico natural, pigmentación, fuente de diferentes nutrientes y entre otras. [9]

1.2.2. Micronutrientes

Los micronutrientes, son aquellos nutrientes que se encuentran en los alimentos en cantidades de miligramos por cada 100 gramos del alimento, es decir, se consumen en pequeñas dosis [10]. Tienen un papel fundamental para mantener la buena salud, ya que cumplen funciones metabólicas. Los micronutrientes se dividen en vitaminas y minerales [9].

1.2.2.1. Minerales

Los minerales o nutrientes inorgánicos, son elementos químicos que se encuentran presentes en los alimentos [9]. Se puede encontrar con regularidad 36 elementos y 21 de ellos son esenciales para el buen funcionamiento del organismo [9]. Muchos de los minerales esenciales se encuentran en los alimentos, pero su biodisponibilidad es baja, lo que causa una tendencia de deficiencia de minerales en la dieta al no tener una alimentación adecuada causando malnutrición, lo anterior se puede resumir en la Figura 1.3 [1]. Con todo, la presencia de ácido fítico hace que se formen complejos insolubles con los cationes divalentes, como calcio, hierro y zinc, por lo que su absorción se ve afectada negativamente y por consiguiente la biodisponibilidad de estos minerales es muy baja.

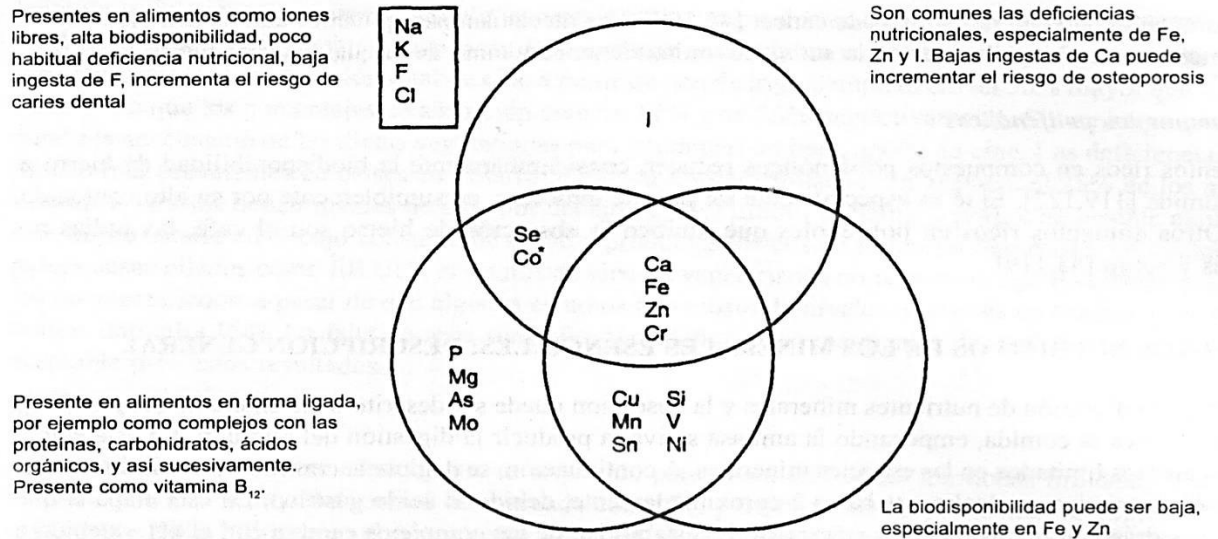


Figura 1.3. Relación entre presencia de minerales en alimentos y su biodisponibilidad [1].

Se debe tomar en cuenta que el tipo de suelo afecta directamente al contenido de minerales en los alimentos de fuente vegetal, ya que mediante las raíces las plantas interactúan con el suelo para realizar un intercambio iónico para absorber los minerales necesarios para su desarrollo normal o completar su ciclo vital [11]. Y por lo tanto la composición y tratamiento de los suelos afecta directamente al contenido de minerales en los alimentos vegetales.

Desde el punto de vista nutricional, hay varios minerales que son importantes debido a las funciones que cumplen en el organismo, según se detalla a continuación:

- Hierro:

Si bien el hierro es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre no lo es en organismo humano, pero aun así es uno de los minerales con mayor importancia en el cuerpo humano. Entre las funciones del hierro en el cuerpo se encuentra la de

transportar oxígeno, respiración celular, metabolismo energético, destrucción del peróxido de hidrogeno y síntesis del ADN [12]. El aporte alimenticio recomendado para mujeres es de 18 mg y para hombres es de 8 mg/día, para individuos entre 19 a 30 años [13]. A este nutriente se lo puede encontrar en carnes rojas, hígado, leguminosas, y cereales [11].

- Zinc

En los sistemas biológicos se lo puede encontrar como un catión divalente, Zn^{2+} , y entre las funciones que cumple en el cuerpo humano van desde las metabólicas hasta estructurales en ciertas enzimas [13]. El aporte alimenticio recomendado de este metal es de 8 mg/día para mujeres y 11 mg/día para individuos entre 19 a 30 años [13]. Se lo puede encontrar en todo tipo de carnes y granos [11].

- Calcio

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo humano, el 99% del calcio corporal se encuentra en los huesos [1]. La principal función es estructural, además de ser necesario para la actividad muscular y nerviosa [13]. El consumo adecuado para individuos entre 19 y 30 años es de 1000 mg/día [13]. A este elemento se lo puede encontrar principalmente en lácteos y leguminosas [11].

- Sodio

El sodio, se lo encuentra como Na^+ , es el catión con mayor concentración en los fluidos extracelulares [1], es responsable del mantenimiento hídrico en los tejidos celulares, además es responsable del transporte de ciertos nutrientes al interior de la célula [13]. El consumo adecuado de este mineral es de 1500 mg/día para individuos de 19 a 30 años [13]. Su principal fuente es la sal de mesa, aunque se encuentra presente en diferentes alimentos en menores concentraciones [11].

- Potasio

Las funciones del potasio no difieren mucho de las del sodio en el organismo, ya que muchas de estas las realizan en conjunto [13]. El consumo adecuado de potasio es de 4700 mg/día para individuos de 19 a 30 años [13]. A este mineral se lo encuentra primariamente en alimentos de origen vegetal, como granos en general, y carnes [11].

1.3. LEGUMINOSAS

Las leguminosas son plantas o el fruto de las plantas que pertenece a la familia *Fabácea*, o *Leguminosae*, y su uso en la alimentación radica en el consumo directo del grano y de la legumbre o vaina [12]. Es común que posean alto contenido de proteína, entre el 20% al 35%, y al ser un producto vegetal son fuente de carbohidratos, en forma de almidón y fibra dietética, además de minerales, los cuales son absorbidos de la tierra mediante las raíces [14]. Por lo mencionando, las leguminosas son una fuente significativa de nutrientes a costos asequibles.

Según el Manual Agrícola de Leguminosas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), los cultivos de leguminosas son los más comunes en el país, entre las cuales se encuentran frejol, arveja, haba, chocho y lenteja, todos generalmente presentes en la alimentación ecuatoriana [12].

- Arveja verde, *Pisum sativum*, es una planta herbácea de la familia *Fabácea*, con tendencia trepadora, que se cultiva en todo el mundo y se la conoce comúnmente como arveja, guisante o chícharo [12]. Siguiendo el perfil de las leguminosas, es un grano rico en carbohidratos y proteínas, además tiene un contenido significativo de calcio y potasio [15]. Estas características nutricionales lo hacen un alimento deseable para una dieta balanceada.
- Lenteja, *Lens culinaris*, se conoce comúnmente como lenteja y es una planta herbácea de la familia *Fabácea*, aunque se cultiva mundialmente es originaria del medio oriente [12]. Es un alimento energéticamente rico y proteicamente deficiente por su falta de ciertos aminoácidos esenciales, como metionina y cistina a pesar de su considerable cantidad de proteína presente, además contiene minerales como zinc y hierro [16]. Esta leguminosa puede ser un buen alimento siempre y cuando se encuentre acompañada de otro alimento rico en aminoácidos esenciales.
- El haba, *Vicia faba*, es una planta trepadora herbácea de la familia *Fabácea*, originaria del norte de África [12]. Nutricionalmente es un alimento rico en proteínas y calcio, además de ser un alimento muy energético [17]. Estas características hacen del haba un ingrediente nutritivo para una dieta sana y balanceada.

1.4. ANÁLISIS DE MINERALES

La bromatología es la ciencia enfocada al estudio de los alimentos y uno de los análisis de mayor importancia para determinar las cualidades nutricionales de un alimento es el de minerales, es decir, la determinación de nutrientes de naturaleza inorgánica, ya que los minerales juegan un papel crítico en la nutrición y mantenimiento de la salud humana, siendo considerados como elementos esenciales [18].

La química analítica es fundamental para la determinación de minerales, ya que gracias a ella se ha podido establecer su presencia, mediante los análisis cualitativos y cuantitativos. Algunos minerales como el calcio se pueden determinar mediante métodos clásicos, gravimetría, volumetría, o complejometría, mientras que otros, debido a la presencia en concentraciones muy pequeñas, requieren de los métodos instrumentales, como la espectrometría. De manera general, en la actualidad se prefiere el uso de instrumentación por su sensibilidad [19].

Los métodos instrumentales se basan en la medida de una respuesta física generada por el analito obtenida por estimulación de un equipo [19]. La utilización de instrumentación ha facilitado el ejercicio de la química analítica al disminuir cantidades de muestras y reactivos a utilizar, disminuir conjuntamente el tiempo de análisis considerablemente y de los riesgos de los usos de sustancias peligrosas. Entre las técnicas más utilizadas se encuentra la espectroscopia, la interacción de la radiación con la materia [19], ya sea atómica o molecular. Para la determinación de minerales se utiliza la espectrofotometría atómica, en modo de absorción o emisión.

1.4.1. Espectrofotometría de absorción atómica

La espectrofotometría de absorción atómica se basa en la respuesta óptica que es causada por la radiación absorbida por los átomos libres del metal al incidir radiación en ellos.

La cuantificación en la espectrometría se fundamenta en la Ley de Beer-Lambert, la cual expone que la absorbancia es directamente proporcional a la longitud b del recorrido a través de un medio y la concentración c de la especie absorbente, como se expresa en la Ecuación 1.1, en donde a es la constante de proporcionalidad llamada absorptividad [19].

$$A = abc \quad (1.1)$$

La técnica de espectrometría de absorción atómica está constituida por diferentes etapas: fuente de radiación, introducción de muestra, atomizador del analito, monocromador, detector y registro de datos. Cada una de las etapas tiene su función e importancia en el análisis de metales en solución.

Para obtener átomos libres se pueden utilizar algunos tipos de atomizadores, pero el más común es el de llama, porque es de bajo costo y es fácil de usar. Dependiendo del oxidante (aire, oxígeno molecular u óxido nitroso) y la mezcla que se dé con el combustible (gas natural, hidrógeno molecular o acetileno) la temperatura variara entre 1700 °C a 3150 °C. Hay que tener en cuenta que la temperatura tiene una gran incidencia al momento de aumentar la eficiencia de atomización, por lo que, hay que ser muy cuidadoso para evitar temperaturas demasiado altas que fomenten la ionización de los átomos y temperaturas

muy bajas donde no se llega a formar la nube atómica [22]. La atomización mediante la llama se da como resultado de los procesos interconectados descritos a continuación:

- **Nebulización:** por acción de un nebulizador mecánico la solución se nebuliza, es decir la solución se dispersa en pequeñas gotas, mediante el flujo de un oxidante gaseoso con un combustible también gaseoso que pasan a la llama.
- **Desolvatación:** el disolvente se evapora formando un aerosol molecular, de aquellas moléculas disueltas en la solución, finamente dividido por el efecto del calor de la llama.
- **Volatilización:** por el aumento de la temperatura las moléculas, del aerosol molecular, pasan a estado gaseoso.
- **Disociación:** en esta fase se obtienen los átomos libres por efecto de la temperatura al llegar a la región interzonal de la llama.

La fuente de radiación usualmente usada son las lámparas de cátodo hueco, la que consta de un ánodo de tungsteno y un cátodo cilíndrico sellado en un tubo de vidrio, con gas neón en su interior a una presión de 1 a 5 torr [19]. Se aplica una diferencia de potencial suficientemente grande en los electrodos, los cationes gaseosos tendrán la energía cinética suficiente para disolver a algunos de los átomos metálicos del cátodo, produciendo una nube atómica. Algunos átomos metálicos desprendidos se encuentran excitados y al regresar a su estado basal emiten su radiación característica, la misma que será absorbida por la muestra atomizada. Por último, los átomos metálicos regresan al cátodo o se depositan en las paredes del vidrio.

El monocromador es utilizado para separar una banda espectral deseada, por lo que esta diseñados para variar de forma continua de longitud de onda en un amplio intervalo, es decir, realizar un barrido espectral [19]. Los monocromadores pueden contener prismas o redes, actualmente se utilizan redes en la mayoría de instrumentos. Está formado por una rejilla de entrada de radiación, un espejo colimador que provoca un haz paralelo de radiación, una red de reflexión que dispersa las longitudes de onda que conforman la radiación que ingreso inicialmente, otro espejo cóncavo que reforma la imagen y que enfoca sobre el plano focal, y una rejilla de salida en el plano focal que aísla la longitud de onda deseada [19].

Al momento de realizar mediciones de potencia radiante baja, el tubo multiplicador es un buen detector por sus ventajas sobre un fototubo ordinario. En un fotocátodo incide un radiación, fotoelectrón, produciendo que emita electrones a los diodos, en donde cada fotoelectron que incida emitirá más electrones, hasta haber producido entre 10^6 a 10^7 electrones por cada fotón inducido, los electrones resultantes llegaran finalmente al ánodo y la corriente resultante se transforma en voltaje que se mide como la respuesta de la estimulación realizada por la lámpara de cátodo hueco sobre la muestra [19].

1.4.2. Herramientas estadísticas

A continuación se detallaran diferentes pruebas y cálculos estadísticos utilizados en la disertación.

- Prueba t de Student

Para determinar si existe una diferencia significativa entre determinaciones que se realizó en 1965 y los datos en la presente disertación se realiza una comparación de medias con la Prueba t de Student con el 95% de significancia y a dos colas aplicando la siguiente fórmula:

$$t = (\bar{x} - \mu) \times \frac{\sqrt{n}}{s} \quad (1.2)$$

En donde:

x: media del valor que se considera como verdadero, media de la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos de 1965

μ : La media de los valores que se desean comparar

n: grados de libertad de los valores que se desean comparar, 27 determinaciones por cada matriz

S: La desviación estándar de los valores que se desean comparar

El criterio para determinar si existe una diferencia significativa es:

- Si t calculada es menor a t crítica no hay una diferencia significativa en el contenido de minerales en el alimento entre los datos de 1965 y los obtenidos en el 2014.
- Si t calculada es mayor a t crítica hay una diferencia significativa en el contenido de minerales en el alimento entre los datos de 1965 y los obtenidos en el 2014.

- Límite de Detección

El límite de detección o LOD, por sus siglas en inglés Limit of Detection, es la concentración más pequeña que se puede determinar o detectar el equipo con confianza [20].

$$LOD = 2t_{(1-\alpha;v)} \times S_o \quad (1.3)$$

Si $t(0,05;\infty) \rightarrow 1,645$

$$LOD = 3,29 \times S_o \quad (1.4)$$

Siendo:

S_o = Desviación estándar de las lecturas realizadas

- Límite de Cuantificación

El límite de cuantificación o LOQ, por sus siglas en inglés Limit of Quantification, es la señal del valor de la medición que producirá estimaciones con una desviación estándar relativa del 10%, es decir, la menor cantidad que se puede determinar cuantitativamente con confianza [20].

$$LOQ = 10S_o \quad (1.5)$$

Siendo:

S_o = Desviación estándar de las lecturas realizadas

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. MUESTREO

El muestreo a efectuarse fue el muestreo aleatorio simple, el cual consiste en recolectar las muestras en tres lugares de la ciudad de Quito, durante tres semanas (tres muestreos diferentes). Los lugares para realizar el muestreo fueron: supermercado Supermaxi o Supermercado Santa María (solamente para la adquisición de las muestras de harina de haba), para productos con marca, y para productos de venta a granel en el mercado de Ñaquito y mercado Santa Clara. Se recolectaron nueve muestras de cada leguminosa.

2.2. PREPARACIÓN DE MUESTRA

2.2.1. Molienda

Se tomó aproximadamente 100 gramos de sub-muestra representativa de la muestra adquirida y se sometió a molienda con un molino y un tamiz, por lo que se obtuvo una harina con un tamaño de partícula menor a 1 mm.

2.2.2. Secado

Para secar las sub-muestra procesadas se hizo a presión y temperatura detalladas en el Método Oficial de la AOAC 925.10 para determinación de humedad, solamente que no se

determinó la humedad de la muestra sino que se utilizó para secar la sub-muestra, que posteriormente se almacenó pues el análisis de minerales se realizará en muestra seca.

2.2.2.1. Materiales

- Cápsula de porcelana
- Fundas auto-sellables
- Espátula metálica
- Pinzas de crisol
- Desecador de vidrio con silica gel con cloruro de cobalto

2.2.2.2. Equipos

- Balanza analítica Marca Mettler Toledo, modelo ML204/01
- Estufa Binder

2.2.2.3. Procedimiento

Se tararon las cápsulas de porcelana, limpias y secas, necesarias a 130 °C y a presión atmosférica, durante 1 hora en la estufa y se dejó enfriar a temperatura ambiente en un desecador. Se traspasaron porciones de la sub-muestra a diferentes cápsulas y se pesó cada cápsula. Se ingresó a la estufa las cápsulas a 130 °C y a presión atmosférica, durante 1 hora y se dejó enfriar a temperatura ambiente en un desecador. Se pesó cada una de las cápsulas. Se repitió el proceso hasta tener peso constante. Una vez que se obtuvo peso constante se

almacenó la sub-muestra en fundas plásticas auto-sellables evitando el ingreso de aire y contaminantes del ambiente.

2.2.3. Digestión

La digestión de las muestras se realizó mediante vía seca, método de cenizas, como indica el Método oficial de la AOAC 935.85, “Minerales en fórmulas infantiles, productos enterales, y comida de mascotas. Método de espectrometría de absorción atómica”.

2.2.3.1. Materiales

- Crisol de cuarzo
- Agitador de vidrio
- Embudo de vidrio
- Balón de aforo de 25 mL
- Tubos cónicos de 50 mL
- Piseta para solución de ácido nítrico
- Piseta para agua destilada
- Pinzas de crisol
- Desecador con silica gel con cloruro de cobalto (II)

2.2.3.2. Equipos

- Mufla SNOL, modelo 10740
- Plancha de calentamiento

2.2.3.3. Reactivos

- Agua destilada
- Ácido nítrico, 65% o 14 N, concentrado, libre de metales
- Ácido nítrico 0,1 N

2.2.3.4. Procedimiento

En un crisol de cuarzo, se pesó 0,5 g de muestra seca. Se introdujo en la mufla, en la que se aumentó 50° C cada 30 minutos hasta llegar a 525° C. Se dejó en la mufla al menos ocho horas o hasta obtener cenizas grises o blancas. En el caso de tener cenizas negras después de las ocho horas de digestión se realizó el siguiente procedimiento bajo la campana de extracción de gases: se agregó 10 gotas de HNO₃ concentrado; se calentó en una plancha de calentamiento hasta sequedad; se metieron nuevamente los crisoles en la mufla a 525 °C durante 30 minutos y al tener las cenizas blancas o grises se disolvieron con HNO₃ 0,1 N caliente. Una vez se encuentre a temperatura ambiente el crisol, se trasvasó el contenido del crisol con ayuda de la solución de HNO₃ 0,1 N a un balón de aforo de 25 mL. Se aforó el balón con HNO₃ 0,1N. Cuando este aforada la solución se trasvasó a tubos cónicos de 50 mL de capacidad y se les etiquetó de forma adecuada. A esta solución se la denominó como Solución Madre y a partir de ésta, se hicieron las diluciones necesarias para cada alimento.

2.3. DETERMINACIÓN DE MINERALES

2.3.1. Materiales

- Vasos de precipitación de 10, 25, 50, 100, 250 y 400 mL
- Pipetas Pasteur de vidrio y plástico de 3 mL
- Embudos de vidrio
- Balones de aforo de 50, 100, 500 y 1000 mL
- Piseta para ácido nítrico diluido
- Agitador de vidrio
- Puntas de pipetas correspondientes de las pipetas automáticas utilizadas
- Frascos de plástico para almacenar las muestras

2.3.2. Equipos

- Espectrómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer, modelo AAnalyst 400

2.3.3. Reactivos

- Ácido nítrico al 65%, concentrado, libre de metales
- Ácido clorhídrico al 37%, concentrado
- Peróxido de hidrógeno al 40%
- Agua destilada
- Solución estándar de potasio de 1000 mg/L
- Solución estándar de sodio de 1000 mg/L
- Solución estándar de hierro de 1000 mg/L
- Solución estándar de calcio de 1000 mg/L

- Solución estándar de zinc de 1000 mg/L
- Óxido de lantano (III), La_2O_3
- Cloruro de cesio, CsCl

2.3.4. Preparación de soluciones necesarias

2.3.4.1. Solución de cloruro de lantano (LaCl_3) al 1%(p/v)

Se pesaron 11,7 g de La_2O_3 y se traspasó a un balón aforado de 1000 mL; se agregó aproximadamente 100 mL de agua destilada para disolver el reactivo y con cuidado, se agregó, bajo campana de extracción de gases, lentamente 50 mL de HCl 37%. Con movimientos circulares se agitó hasta disolver el reactivo y se aforó con agua destilada.

2.3.4.2. Solución de cloruro de cesio (CsCl) al 10%(p/v)

Se pesaron 12,7 g de CsCl y se transfirió a un balón de aforado de 100 mL, se diluyó con agua destilada y se aforó. La solución es estable en refrigeración hasta 6 meses después de su preparación.

2.3.4.3. Solución de ácido nítrico 0,1 M

En un balón de aforo de 2000 mL se agregó aproximadamente 200 mL de agua destilada. Bajo la campana de extracción, se midió 14,3 mL de HNO_3 concentrado y se agregó lentamente al balón, con cuidado; se aforó con agua destilada y se agitó. Esta solución se puede almacenar en frasco vidrio, hasta por 6 meses a temperatura ambiente.

2.3.5. Análisis del metal en el software

Se encendió el computador en el que se encuentra el software instalado y se encendió el espectrofotómetro, luego se abre el programa *WinLab32 for AA*. Para realizar el análisis de potasio se siguieron los siguientes pasos: se encendió la lámpara del metal a analizar y se dejó que se estabilice la energía durante 10 minutos aproximadamente, luego se accede al método del metal a analizar y se verificó que se cumplan las condiciones del método necesarias. Se abrió el WorkSpace “Metales” y se encendió la llama. Se realizó la lectura del blanco del metal y se construyó la curva de calibración con las soluciones estándar del metal, entre cada lectura se dejó que absorba solución HNO_3 0,1N para limpiar el nebulizador y mechero. La curva de calibración debe tener un $R \geq 0,995$. Se identificó la solución a analizarse y se procedió a realizar el análisis. Se recomienda que entre cada lectura se deje que se absorba solución HNO_3 0,1N para limpiar el nebulizador y mechero.

2.3.6. Análisis de minerales

El análisis de sodio, potasio, calcio, hierro y zinc se realizó en las matrices de lenteja, arveja y harina de haba después de haber sido realizado el tratamiento que se indicó anteriormente a las muestras.

2.3.6.1. Determinación de sodio

Para la determinación de sodio se utilizó el Método Oficial AOAC 935.85, “Minerales en fórmulas infantiles, productos enterales, y comida de mascotas. Método de espectrometría de absorción atómica” y sus condiciones fueron:

- Longitud de onda de 589,00 nm
- Slit de 1,8/0,6 mm
- Flujo de aire de 10 L/min
- Flujo de acetileno 2,5 L/min

Se preparó una solución madre de 100 mg/L de sodio a partir del estándar de referencia de 1000 mg/L, y se aforó con la solución de HNO₃ 0,1 M. Para la curva de calibración se preparó 100 mL de cada una de las seis soluciones que conforman la curva de calibración de sodio, como se indica en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de sodio.

Estándar N°	Concentración de sodio (mg/L)	Volumen de solución madre (mL)	Volumen de CsCl (mL)
Blanco	0,000	0,000	5
1	0,050	0,050	5
2	0,100	0,100	5
3	0,250	0,250	5
4	0,500	0,500	5
5	1,000	1,000	5

Una vez que leyó la curva de calibración, se realizó el análisis de cada matriz mediante las siguientes diluciones a partir de la solución madre obtenida de la digestión de cada matriz, tomando en cuenta que por cada 100 mL de dilución preparada se debió agregar 5 ml de CsCl:

- Arveja: 1:10
- Harina de haba: 1:10
- Lenteja: se debe leer directo de la solución madre

2.3.6.2. Determinación de potasio

Para la determinación de potasio se utilizan el Método Oficial AOAC 935.85, “Minerales en fórmulas infantiles, productos enterales, y comida de mascotas. Método de espectrometría de absorción atómica”, y sus condiciones fueron:

- Longitud de onda de 766,44 nm
- Slit de 2,7/0,45 mm
- Flujo de aire de 10 L/min
- Flujo de acetileno 2,5 L/min

Se preparó una solución madre de 50 mg/L de potasio a partir del estándar de referencia de 1000 mg/L y se aforó con la solución de HNO₃ 0,1 M. Se debió preparar 100 mL de solución estándar correspondiente a cada punto de la curva a partir de la solución madre de potasio según las proporciones indicados en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de potasio.

Estándar N°	Concentración de potasio (mg/L)	Volumen de solución madre (mL)	Volumen de CsCl (mL)
Blanco	0,000	0,000	5
1	0,125	0,250	5
2	0,250	0,500	5
3	0,500	1,000	5
4	0,750	1,500	5
5	1,000	2,000	5
6	1,125	2,500	5

Una vez que leída la curva de calibración, se realizó el análisis de cada matriz mediante las siguientes diluciones a partir de la solución madre obtenida de la digestión de cada matriz, tomando en cuenta que por cada 100 mL de dilución preparada se debió agregar 5 ml de CsCl:

- Arveja: 1:400
- Harina de haba: 1:200
- Lenteja: 1:200

2.3.6.3. Determinación de calcio

Para la determinación de calcio se utilizó el Método Oficial AOAC 935.85, “Minerales en fórmulas infantiles, productos enterales, y comida de mascotas. Método de espectrometría de absorción atómica”, sus condiciones fueron:

- Longitud de onda de 422,67 nm
- Slit de 2,7/0,6 mm
- Flujo de aire de 10 L/min
- Flujo de acetileno 2,5 L/min

Se preparó una solución madre de 100 mg/L de sodio a partir del estándar de referencia de 1000 mg/L, de esta solución, se prepararon las soluciones para la curva de calibración, de la siguiente manera: de la solución estándar de 1000 mg/L de calcio se tomó 10 mL y se puso en un balón de aforo de 100 mL y luego se aforó con la solución de HNO₃ 0,1 M.

Para preparar la curva de calibración se elaboraron 100 mL de soluciones de cada concentración como se indica la Tabla 2.3 y aforar con HNO₃ 0,1 M.

Tabla 2.3. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de calcio.

Estándar N°	Concentración de calcio (mg/L)	Volumen de solución madre (mL)	Volumen de LaCl ₃ (mL)
Blanco	0,000	0,000	1
1	0,250	0,250	1
2	0,500	0,500	1
3	0,750	0,750	1
4	1,000	1,000	1
5	1,250	1,250	1

Una vez leída la curva de calibración, se realizó el análisis de cada matriz realizando las siguientes diluciones a partir de la solución madre obtenida de la digestión de cada matriz, tomando en cuenta que por cada 100 mL de dilución preparada se debe agregar 1 ml de LaCl₃:

- Arveja: 1:10
- Harina de haba: 1:10
- Lenteja: 1:20

2.3.6.4. Determinación de hierro

Para la determinación de hierro se utilizó el Método Oficial AOAC 999.11, “Plomo, calcio, cobre, hierro y zinc en alimentos. Espectrometría de absorción atómica después de digestión seca”, sus condiciones fueron:

- Longitud de onda de 248,33 nm
- Slit de 1,8/1,35 mm
- Flujo de aire de 10 L/min
- Flujo de acetileno 2,5 L/min

Se preparó una solución madre de 50 mg/L de sodio a partir del estándar de referencia de 1000 mg/L, de esta solución, se hicieron las soluciones para la curva de calibración, de la siguiente manera: de la solución estándar de 1000 mg/L de potasio se tomó 5 mL y se puso en un balón de aforo de 100 mL, y luego se aforó con la solución de HNO₃ 0,1 M.

Utilizando las proporciones indicadas en la Tabla 2.4, se preparó 100 mL de cada uno de los puntos de la curva de calibración de hierro.

Tabla 2.4. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de hierro.

Estándar Nº	Concentración de hierro (mg/L)	Volumen de solución madre (mL)
Blanco	0,000	0,000
1	0,125	0,250
2	0,250	0,500
3	0,500	1,000
4	1,000	2,000
5	1,500	3,000

Una vez leída la curva de calibración, se realizará el análisis de cada matriz realizando las siguientes diluciones a partir de la solución madre obtenida de la digestión de cada matriz:

- Arveja: leer la solución madre
- Harina de Haba: leer la solución madre
- Lenteja: leer la solución madre

2.3.6.5. Determinación de Zinc

Para la determinación de zinc se utilizó el Método Oficial AOAC 999.11, “Plomo, calcio, cobre, hierro y zinc en alimentos. Espectrometría de absorción atómica después de digestión seca”, sus condiciones fueron:

- Longitud de onda de 213,86 nm
- Slit de 2,7/1,8 mm
- Flujo de aire de 10 L/min
- Flujo de acetileno 2,5 L/min

Se preparó una solución madre de 25 mg/L de sodio a partir del estándar de referencia de 1000 mg/L, de esta solución, se prepararon las soluciones para la curva de calibración, de la siguiente manera: de la solución estándar de 1000 mg/L de zinc se tomó 2,5 mL y se puso en un balón de aforo de 100 mL, luego se aforó con la solución de HNO₃ 0,1 M.

Se preparó 100 ml de solución estándar de cada punto de la curva de calibración de zinc, según las proporciones indicadas en la Tabla 2.5 y aforó con HNO₃ 0,1 M.

Tabla 2.5. Proporciones necesarias para preparar las soluciones estándar de curva de calibración de zinc.

Estándar N°	Concentración de zinc (mg/L)	Volumen de solución madre (mL)
Blanco	0,000	0,000
1	0,100	0,400
2	0,125	0,500
3	0,250	1,000
4	0,500	2,000
5	0,750	3,000

Una vez que leyó la curva de calibración, se realizó el análisis de cada matriz utilizando las siguientes diluciones a partir de la solución madre obtenida de la digestión de cada matriz:

- Arveja: se debe leer la solución madre
- Harina de Haba: se debe leer la solución madre
- Lenteja: se debe leer la solución madre

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.LÍMITES DE DETECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN

Previo a la determinación de los metales en las diferentes leguminosas se determinó los Límites de Determinación y Cuantificación, con el fin de asegurar la fiabilidad de los métodos analíticos utilizados.

Se realizó el análisis de sodio, potasio, calcio, hierro y zinc en una muestra certificada de cereal identificada como BBF-2, cuyos resultados se encuentran en el Anexo 1, y los límites calculados se pueden apreciar en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Límites de Determinación y Cuantificación calculados para los métodos utilizados.

Método	Límite de Determinación (mg/L)	Límite de Cuantificación (mg/L)
Sodio	0,0696	0,1899
Potasio	0,0555	0,1515
Calcio	0,0579	0,1581
Hierro	0,0713	0,1948
Zinc	0,0573	0,1564

Como se ve los límites de detección son menores al límite inferior de la curva de calibración de cada uno de los métodos utilizados. Ya que los límites de cuantificación de los métodos de sodio, hierro y zinc son mayores al límite inferior de la curva de calibración, se buscó la dilución adecuada para obtener valores superiores a los límites de cuantificación.

3.2.DETERMINACIÓN DE SODIO

3.2.1. Curvas de Calibración de sodio

Previo al análisis de sodio en las muestras de las diferentes matrices se leyó una curva de calibración de cinco puntos: 0,050 mg/L, 0,100 mg/L, 0,250 mg/L, 0,500 mg/L y 1,000 mg/L. Se realizó una curva por cada matriz, en todas las curvas se obtuvo un coeficiente de correlación mayor a 0,995. Los datos obtenidos al realizar las curvas de calibración se encuentran en el Anexo 2.

En la Figura 3.1 se muestra la curva de calibración para el análisis de sodio en arveja, en donde se obtuvo un coeficiente de correlación $R=0,9987$ y la ecuación de la recta es $y=0,7119x-0,0003$.

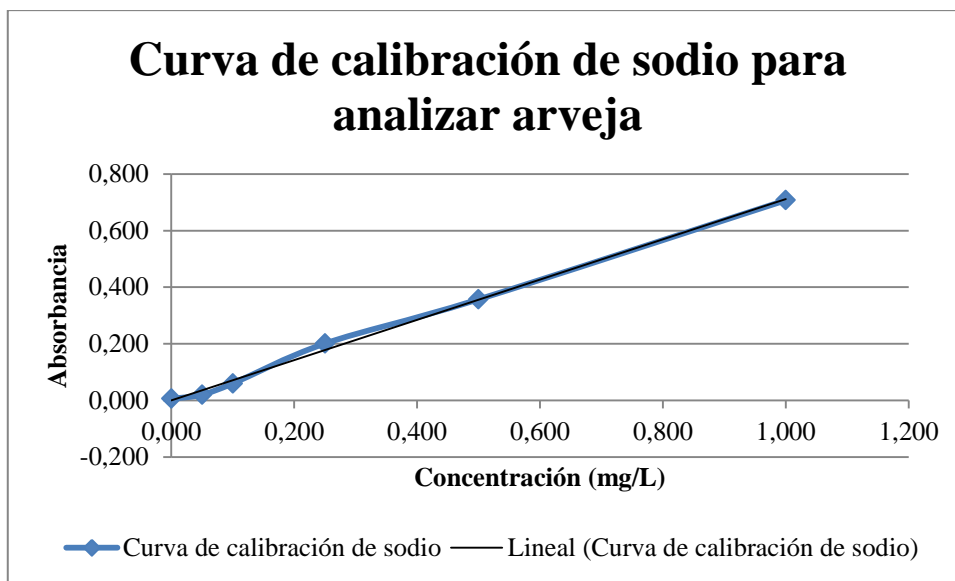


Figura 3.1. Curva de calibración de sodio realizada previo al análisis de sodio en arveja.

La curva de calibración de la Figura 3.2 muestra a la curva leída para el análisis de sodio en harina de haba. En esta curva se obtuvo un $R=0,9978$ y una ecuación de la recta $y=0,8581x-0,0086$.

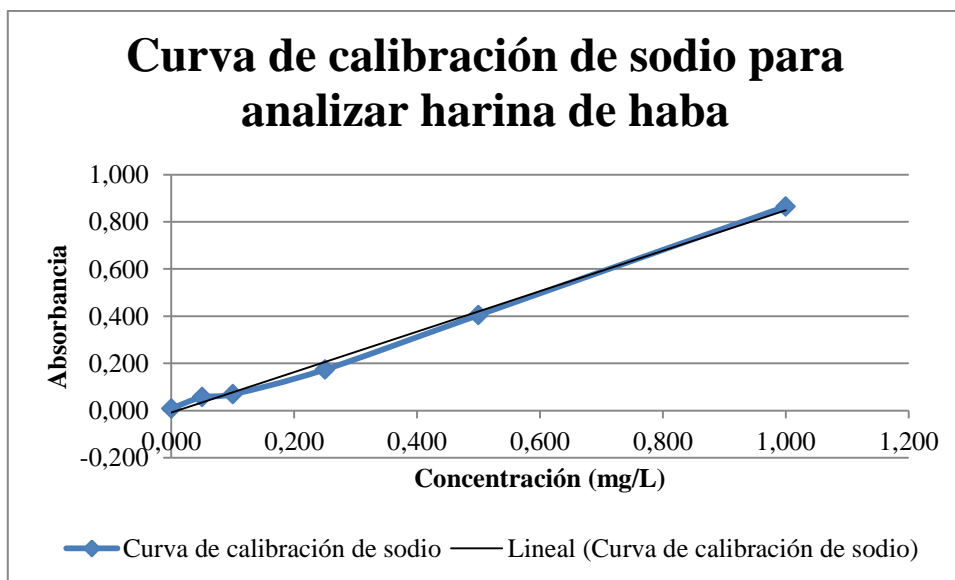


Figura 3.2. Curva de calibración de sodio realizada previo al análisis de sodio en harina de haba.

Se leyó una curva de calibración para sodio previo el análisis de este metal en lenteja, la cual se muestra en la Figura 3.3. El coeficiente de correlación obtenido en la curva de calibración de sodio preparada fue $R = 0,9988$ y una ecuación de la recta $y=0,7552x-0,0041$.

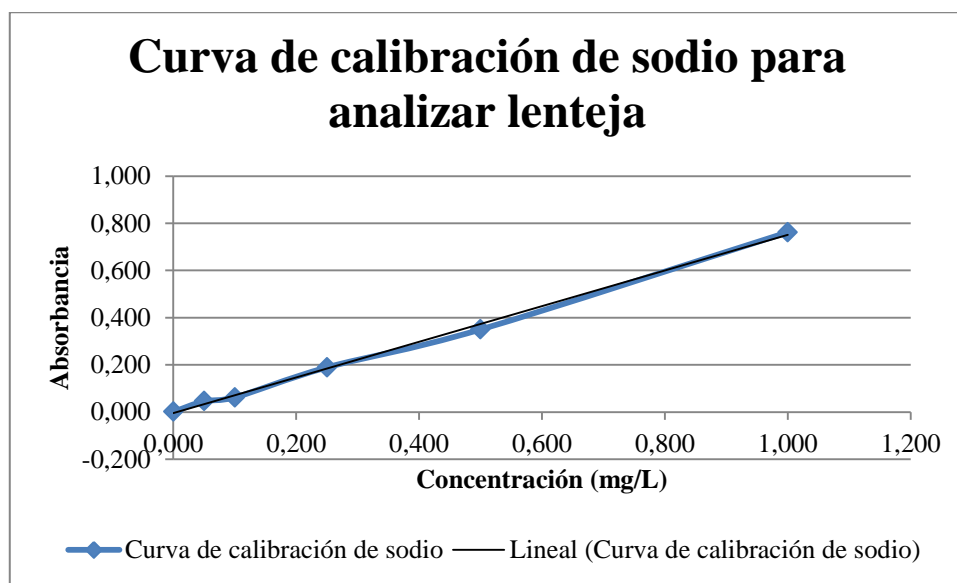


Figura 3.3. Curva de calibración de sodio realizada previo al análisis de sodio en lenteja.

3.2.2. Resultados obtenidos de sodio en arveja, harina de haba y lenteja

Se analizaron nueve muestras, cada una con tres repeticiones, teniendo un total de 27 datos para cada leguminosa.

En la Tabla 3.2 se encuentra un resumen de los resultados obtenidos para sodio en arveja, harina de haba y lenteja, en esta tabla se encuentran los valores promediados, mínimos y máximos, y la desviación estándar de cada corrida.

Tabla 3.2. Resumen de los resultados obtenidos para sodio en arveja, harina de haba y lenteja.

Leguminosa	Promedio (mg/100)	Desviación estándar (mg/100)	Valor (mg/100)	
			Mínimo	Máximo
Arveja	14,1425	3,5196	8,1601	23,3576
Harina de Haba	12,0543	3,5319	6,2305	19,9311
Lenteja	2,7172	0,4462	2,0225	3,7679

Como se aprecia en la Tabla 3.2, la leguminosa con mayor cantidad de sodio es la arveja y la que tiene menor cantidad es la lenteja. Hay que tomar en cuenta que la harina de haba pudo haber sido alterada en la manipulación desde su producción hasta en los puntos de venta, por lo que su valor es relativo al momento de comparar la cantidad de sodio y así su rango tan amplio. También se ve que existe un rango muy amplio en la determinación de arveja y esto se puede deber a tipos de suelo en donde fueron cultivadas.

3.3.DETERMINACIÓN DE POTASIO

3.3.1. Curvas de Calibración de potasio

Previo al análisis de potasio en las diferentes matrices se leyó una curva de calibración de seis puntos: 0,125 mg/L, 0,250 mg/L, 0,500 mg/L, 0,750 mg/L, 1,000 mg/L y 1,125 mg/L. Se realizó una curva por cada matriz, en todas las curvas se obtuvo un coeficiente de

correlación mayor a 0,995. Los datos obtenidos al realizar las curvas de calibración se encuentran en el Anexo 2.

La curva de calibración de potasio de la Figura 3.4 fue utilizada para el análisis de potasio. Esta curva tiene un coeficiente de correlación $R=0,9975$ y una curva de la recta $y=0,5274x-0,0369$.

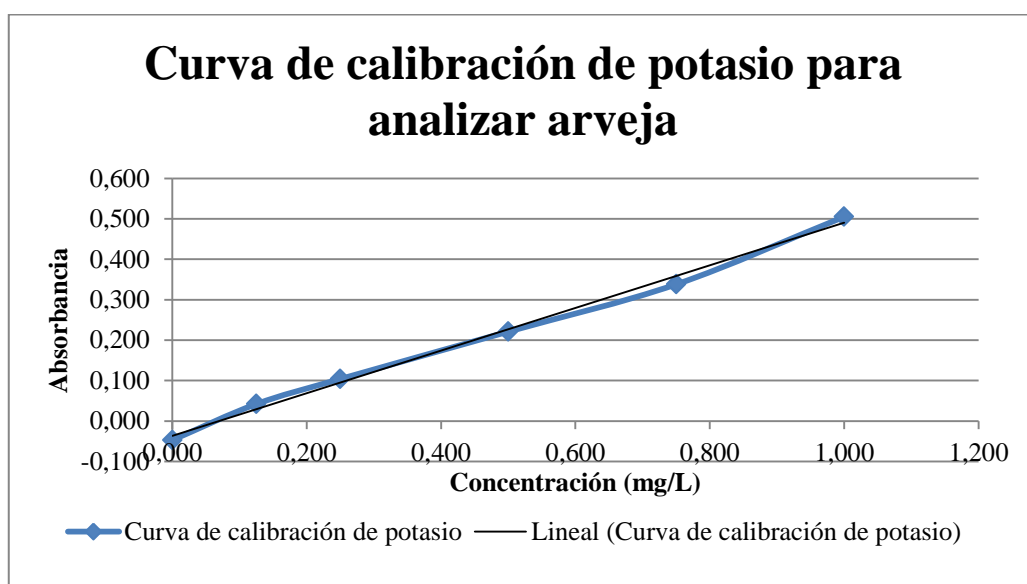


Figura 3.4. Curva de calibración de potasio realizada previo al análisis de potasio en arveja.

En la Figura 3.5 se representa la curva de calibración de potasio realizada previo a analizar harina de haba. El coeficiente de correlación obtenido es $R=0,9970$ y una ecuación de la curva de $y=0,5227x-0,0127$.

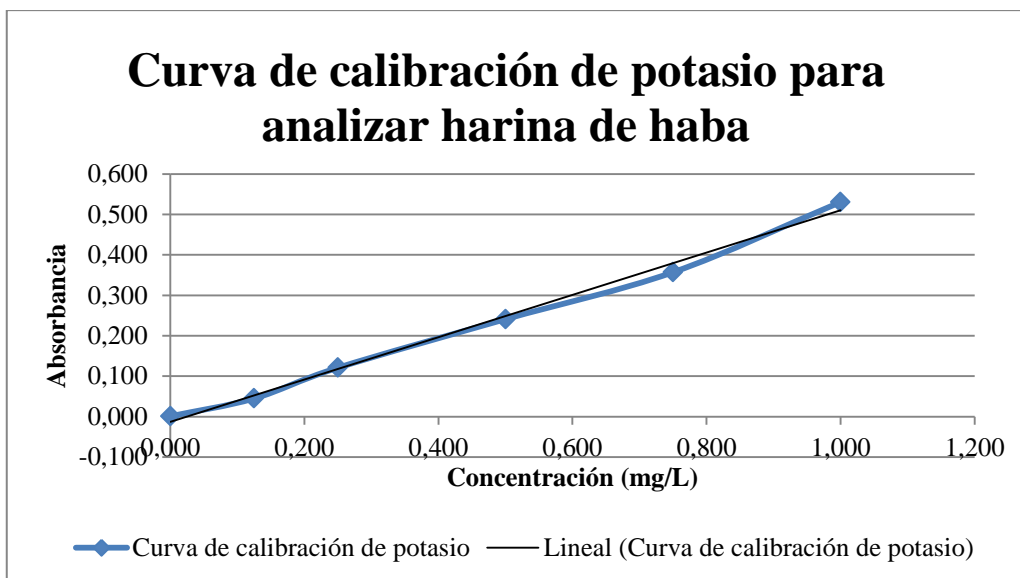


Figura 3.5. Curva de calibración de potasio realizada previo al análisis de potasio en harina de haba.

En la Figura 3.6 se representa la curva de calibración de potasio previo al análisis en lenteja. Se obtuvo un coeficiente de correlación $R=0,9968$ y una ecuación de la curva $y=0,4895x+0,0128$.

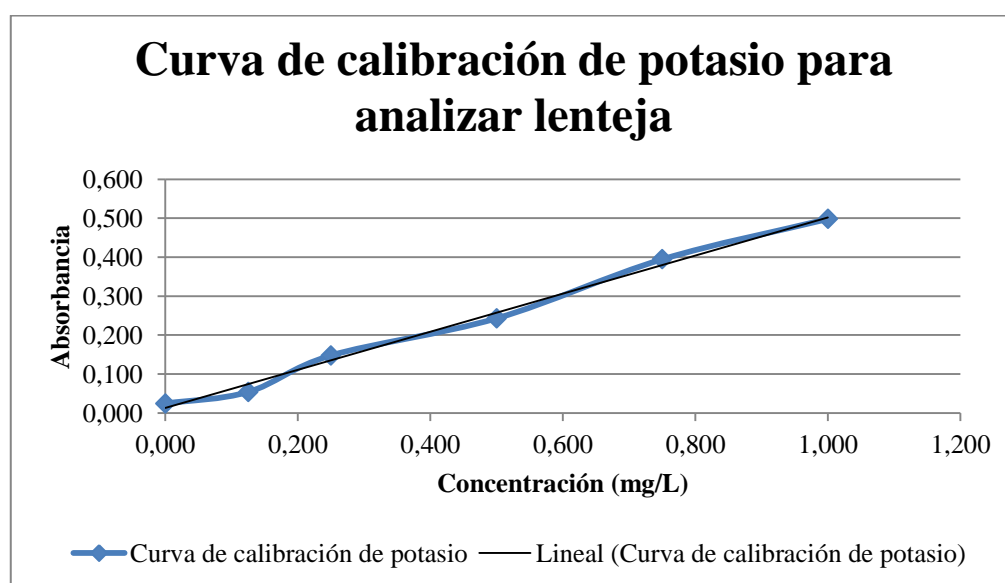


Figura 3.6. Curva de calibración de potasio realizada previo al análisis de potasio en lenteja.

3.3.2. Resultados obtenidos de potasio en arveja, harina de haba y lenteja

Se analizaron nueve muestras, cada una con tres repeticiones, teniendo un total de 27 datos para cada leguminosa.

En la Tabla 3.3 se encuentra un resumen de los resultados obtenidos para potasio en arveja, harina de haba y lenteja, en esta tabla se encuentran los valores promediados, mínimos y máximos, y la desviación estándar de cada corrida.

Tabla 3.3. Resumen de los resultados obtenidos para potasio en arveja, harina de haba y lenteja.

Leguminosa	Promedio (mg/100)	Desviación estándar (mg/100)	Valor (mg/100)	
			Mínimo	Máximo
Arveja	1203,7689	224,8888	913,8523	1996,5076
Harina de Haba	788,3917	175,2006	416,6667	1072,6707
Lenteja	857,0707	122,6200	504,3075	1084,1487

En la Tabla 3.3 se puede ver que la arveja es la leguminosa con mayor cantidad de potasio y aparentemente la harina de haba es la que contiene menor cantidad, porque al ser una harina puede contener otras harinas o contaminantes. Nuevamente la arveja tiene un rango muy amplio a comparación de los rangos de las otras leguminosas, lo cual se puede deber a diferentes tipos de suelos o un tratamiento diferente durante su cultivo.

3.4. DETERMINACIÓN DE CALCIO

3.4.1. Curvas de Calibración de calcio

Las curvas de calibración de calcio utilizadas para el análisis en arveja, harina de haba y lenteja se componían de cinco puntos: 0,250 mg/L, 0,500 mg/L, 0,750 mg/L, 1,000 mg/L y 1,250 mg/L. En todas las curvas se obtuvo un coeficiente de correlación mayor a 0,995. Los datos obtenidos al realizar las curvas de calibración se encuentran en el Anexo 2.

La curva de calibración de calcio para arveja se representa en la Figura 3.7. El coeficiente de correlación alcanzado fue de $R=0,9971$ en la curva de calibración, su ecuación de la recta fue de $y=0,1405x+0,0077$.

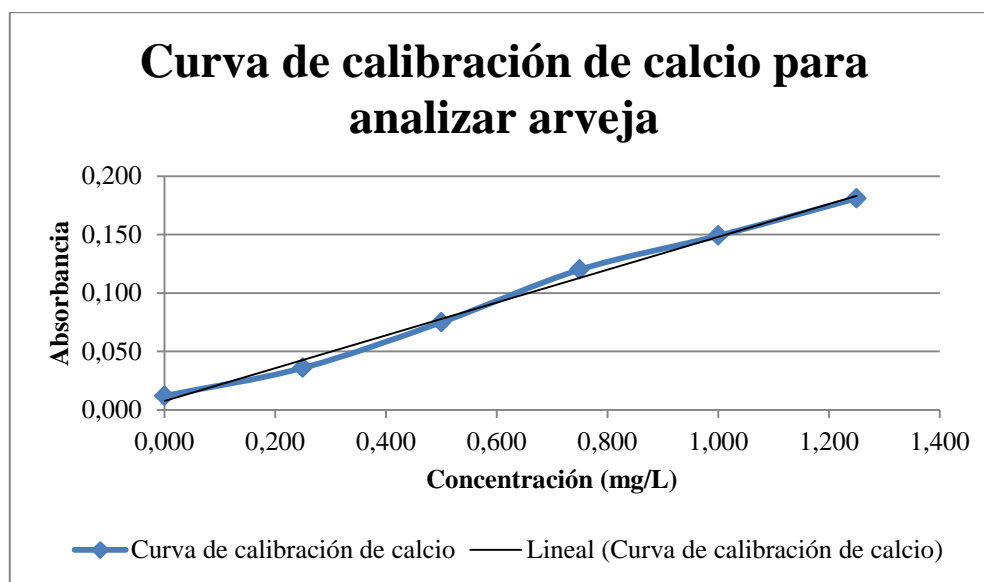


Figura 3.7. Curva de calibración de calcio realizada previo al análisis de calcio en arveja.

como se muestra en la Figura 3.8, se realizó una curva de calibración de calcio con el fin de conocer la cantidad de este metal en la harina de haba. La curva de calibración tuvo un coeficiente de correlización $R = 0,9960$ y una ecuación de la recta de $y=0,1512x+0,001$.

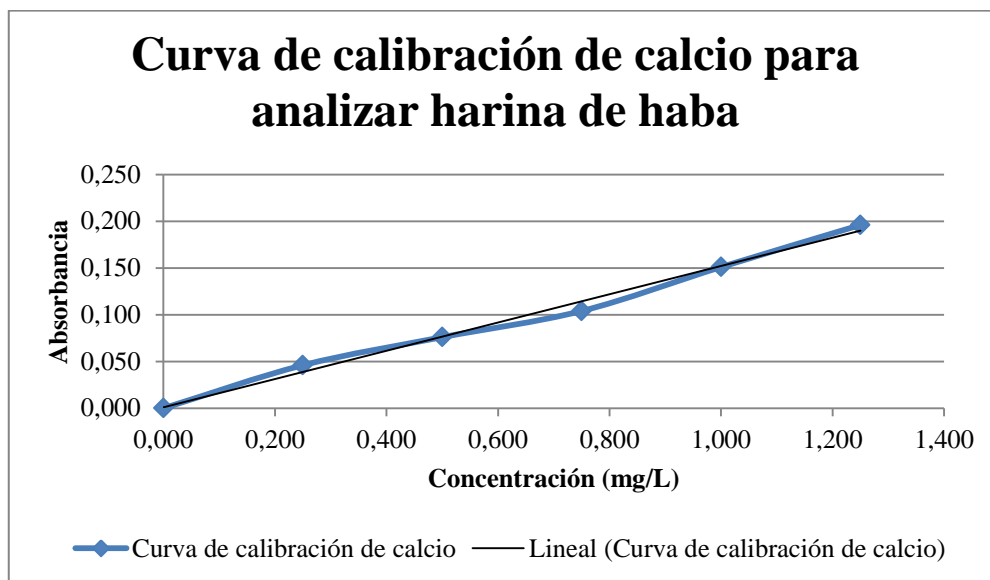


Figura 3.8. Curva de calibración de calcio realizada previo al análisis de calcio en harina de haba.

La curva de calibración de calcio previo al análisis en lenteja se representa en la Figura 3.9. Esta curva de calibración tiene un coeficiente de correlación $R=0,9978$ y una ecuación de la recta $y=0,1328x+0,0111$.

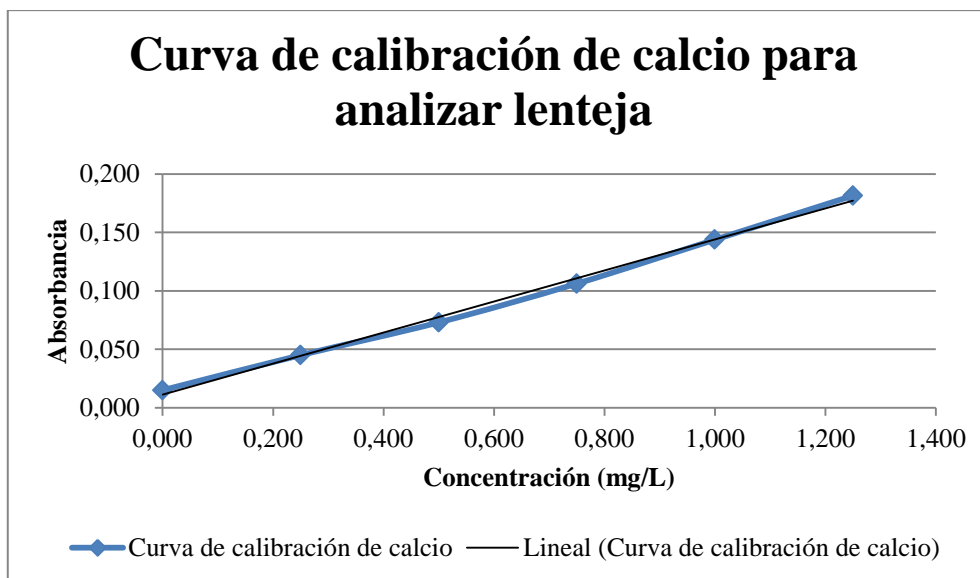


Figura 3.9. Curva de calibración de calcio realizada previo al análisis de calcio en lenteja.

3.4.2. Resultados obtenidos de calcio en arveja, harina de haba y lenteja

Se analizaron nueve muestras, cada una con tres repeticiones, teniendo un total de 27 datos para cada leguminosa.

En la Tabla 3.4 se encuentra un resumen de los resultados obtenidos para calcio en arveja, harina de haba y lenteja, en esta tabla se encuentran los valores promediados, mínimos y máximos, y la desviación estándar de cada corrida.

Tabla 3.4. Resumen de los resultados obtenidos para calcio en arveja, harina de haba y lenteja.

Leguminosa	Promedio (mg/100)	Desviación estándar (mg/100)	Valor (mg/100)	
			Mínimo	Máximo
Arveja	23,1747	0,1463	22,9058	23,4267
Harina de Haba	18,4181	4,2717	11,2826	25,7856
Lenteja	59,6062	8,4696	46,4851	83,5046

Al analizar los datos de la Tabla 3.4 se puede ver que la leguminosa con mayor cantidad de calcio es la lenteja y la harina de haba contiene la menor cantidad de calcio. La lenteja tiene un rango muy amplio en la cantidad de calcio, esto se podría deber a diferentes suelos o tratamientos de cultivo.

3.5. DETERMINACIÓN DE HIERRO

3.5.1. Curvas de Calibración de hierro

Las curvas de calibración de hierro para el análisis en arveja, harina de haba y lenteja, están compuestas por cinco estándares: 0,125 mg/L, 0,250 mg/L, 0,500 mg/L, 1,000 mg/L y 1,500 mg/L. En todas las curvas de calibración preparadas se obtuvo un coeficiente de correlación mayor a 0,995. Los datos obtenidos al realizar las curvas de calibración se encuentran en el Anexo 2.

La curva de calibración preparada de hierro para el análisis en arveja se encuentra en la Figura 3.10. en esta curva se obtuvo un coeficiente de correlación de $R=0,9998$ y una ecuación de la recta $y=0,0937x-0,0019$.

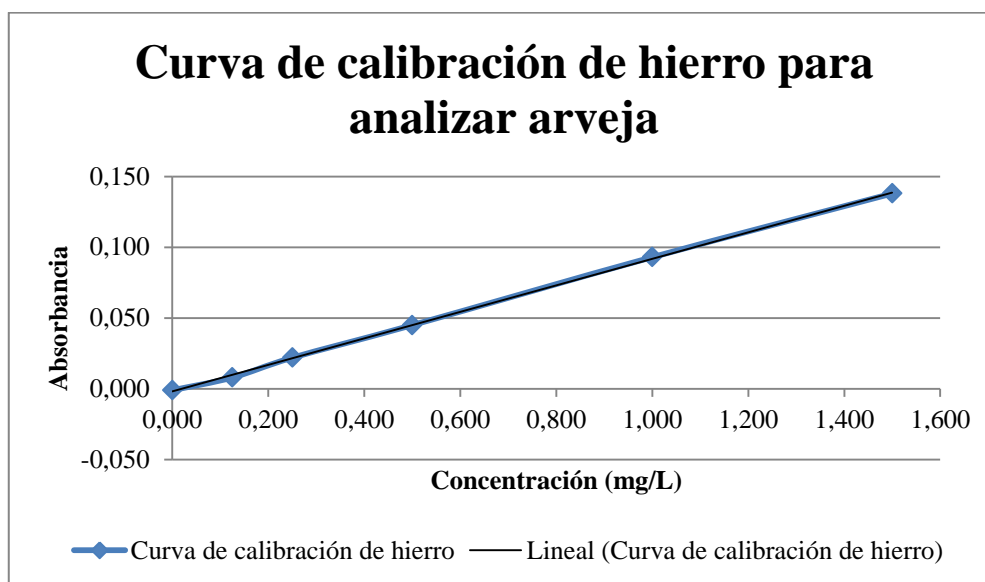


Figura 3.10. Curva de calibración de hierro realizada previo al análisis de hierro en arveja.

En la Figura 3.11 se encuentra la curva de calibración de hierro realizada previo al análisis en harina de haba. Se obtuvo un coeficiente de correlación $R=0,9988$ y una ecuación de la recta $y=0,093x+0,0003$.

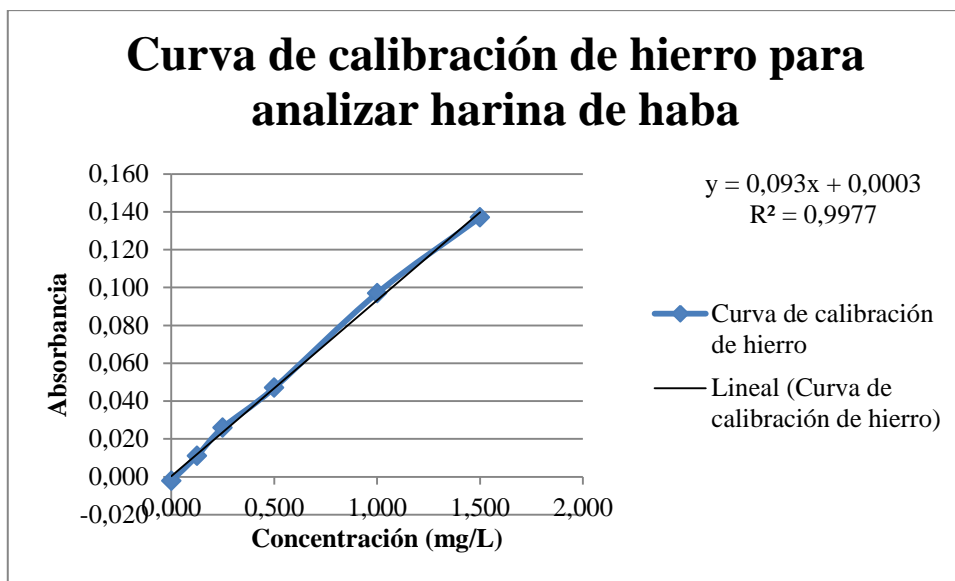


Figura 3.11. Curva de calibración de hierro realizada previo al análisis de hierro en harina de haba.

La curva de calibración de hierro utilizada previo al análisis en lenteja, se encuentra en la Figura 3.12. Se encontró un coeficiente de correlación $R=0,9994$ y una ecuación de la recta $y=0,0998x+0,0012$.

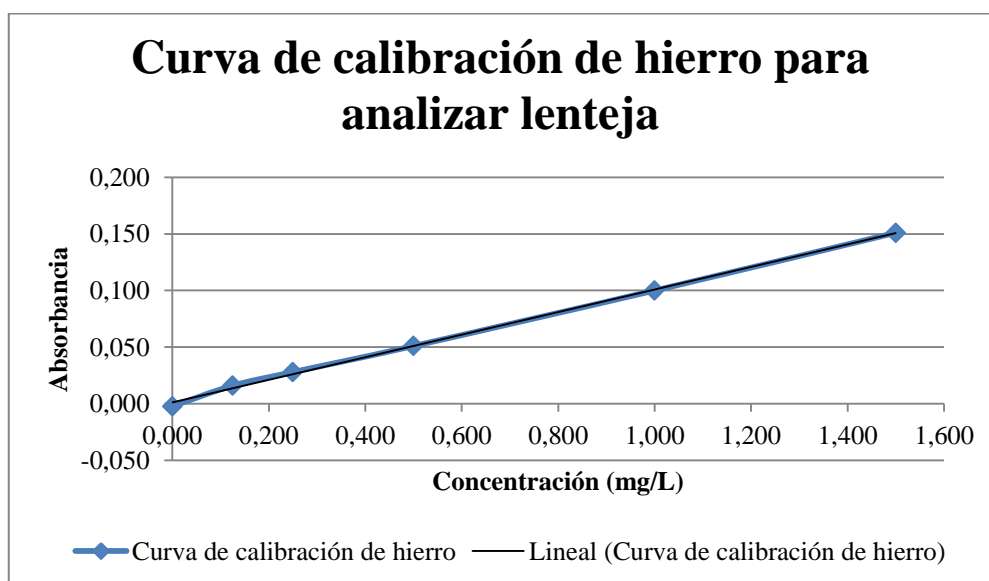


Figura 3.12. Curva de calibración de hierro realizada previo al análisis de hierro en lenteja.

3.5.2. Resultados obtenidos de hierro en arveja, harina de haba y lenteja

Se analizaron nueve muestras, cada una con tres repeticiones, teniendo un total de 27 datos para cada leguminosa.

En la Tabla 3.5 se encuentra un resumen de los resultados obtenidos para hierro en arveja, harina de haba y lenteja, en esta tabla se encuentran los valores promediados, mínimos y máximos, y la desviación estándar de cada corrida.

Tabla 3.5. Resumen de los resultados obtenidos para hierro en arveja, harina de haba y lenteja.

Leguminosa	Promedio (mg/100)	Desviación estándar (mg/100)	Valor (mg/100)	
			Mínimo	Máximo
Arveja	3,5107	0,3888	2,4821	4,1674
Harina de Haba	3,2934	0,6793	2,1149	4,8345
Lenteja	4,8588	1,2227	2,9971	7,6427

Como se ve en la Tabla 3.5, la leguminosa con mayor contenido de hierro es la lenteja y la harina de haba contiene la menor cantidad. Como se mencionó anteriormente, la harina de haba puede contener contaminaciones u otras harinas, al ser una mezcla homogénea difícilmente se puede asegurar que el cien por ciento de la harina adquirida sea de haba.

3.6. DETERMINACIÓN DE ZINC

3.6.1. Curvas de Calibración de zinc

Las curvas de calibración zinc utilizadas para el análisis de las leguminosas estudiadas se compone por cinco puntos: 0,100 mg/L, 0,125 mg/L, 0,250 mg/L, 0,500 mg/L y 0,750 mg/L. En todas las curvas preparadas se obtuvo un coeficiente de correlación mayor a 0,995. Los datos obtenidos al realizar las curvas de calibración se encuentran en el Anexo 2.

En la Figura 3.13 se representa la curva de calibración de zinc utilizada para el análisis en arveja. La curva de calibración tiene un coeficiente de correlación $R=0,9990$ y una ecuación de la recta $y=0,4944x-0,0055$.

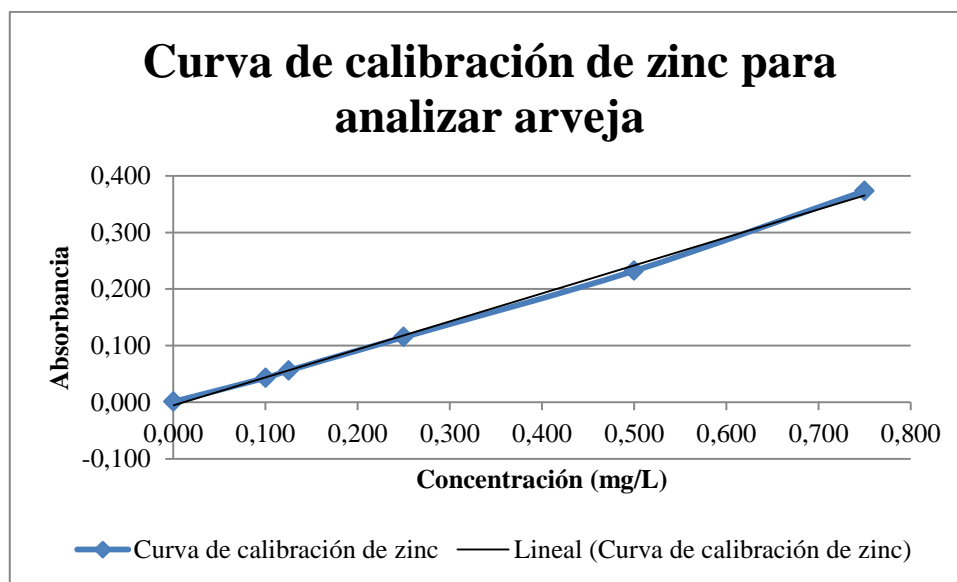


Figura 3.13. Curva de calibración de zinc realizada previo al análisis de zinc en arveja.

La curva de calibración de zinc realizada previo al análisis en harina de haba se respresenta en la Figura 3.14. La curva preparada tiene una coeficiente de correlación $R=0,9987$ y una ecuación de la recta $y=0,5158x-0,0093$.

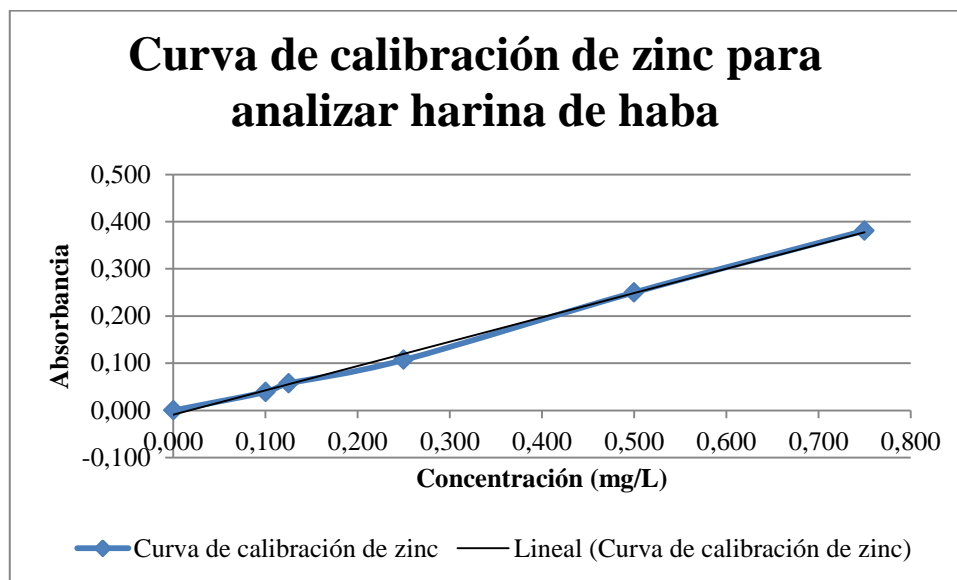


Figura 3.14. Curva de calibración de zinc realizada previo al análisis de zinc en harina de haba.

En la Figura 3.15 se encuentra la curva de calibración de zinc para el análisis en lenteja. La curva de calibración tiene un coeficiente de correlación $R=0,9996$ y una ecuación de la recta $y=0,4324x-0,0007$.

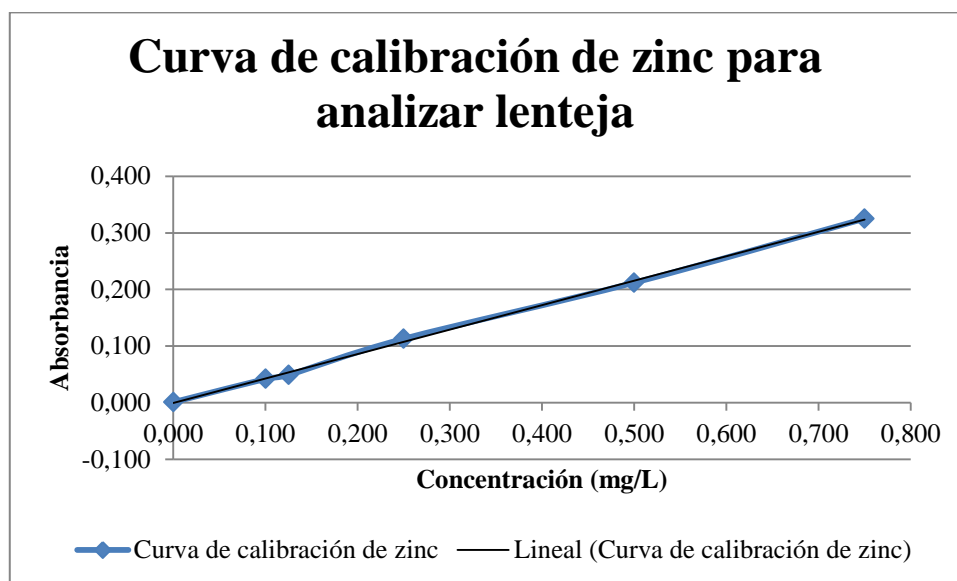


Figura 3.15. Curva de calibración de zinc realizada previo al análisis de zinc en lenteja.

3.6.2. Resultados obtenidos de zinc en arveja, harina de haba y lenteja

Se analizaron nueve muestras, cada una con tres repeticiones, teniendo un total de 27 datos para cada leguminosa.

En la Tabla 3.6 se encuentra un resumen de los resultados obtenidos para zinc en arveja, harina de haba y lenteja, en esta tabla se encuentran los valores promediados, mínimos y máximos, y la desviación estándar de cada corrida.

Tabla 3.6. Resumen de los resultados obtenidos para zinc en arveja, harina de haba y lenteja.

Leguminosa	Promedio (mg/100)	Desviación estándar (mg/100)	Valor (mg/100)	
			Mínimo	Máximo
Arveja	2,6604	0,7010	1,4241	4,2893
Harina de Haba	2,8034	0,6987	1,8766	4,0652
Lenteja	2,8400	0,9918	1,3985	4,9594

Al analizar la Tabla 2.6 se puede ver que todas las tres leguminosas analizadas tienen un contenido similar de zinc, siendo la lenteja la de mayor concentración y la arveja la de menor concentración. Se puede decir que no influye que leguminosas consumir, pues las tres aportan valores similares de zinc.

3.7. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS TABLAS DE COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS ECUATORIANOS DE 1965

Los resultados obtenidos durante esta investigación con respecto al contenido de minerales en alimentos se resumen en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Resumen de los resultados de la determinación realizada.

Mineral	Matriz	Contenido en el alimento (mg/100g)	
		Promedio	Desviación Estándar
Sodio	Harina de haba	12,0543	3,5319
	Arveja	14,1425	3,5196
	Lenteja	2,7172	0,4462
Potasio	Harina de haba	788,39	175,20
	Arveja	1203,77	224,89
	Lenteja	858,07	122,62
Calcio	Harina de haba	18,4181	4,2717
	Arveja	39,5908	3,3850
	Lenteja	59,6062	8,4096
Hierro	Harina de haba	3,2934	0,6793
	Arveja	3,5107	0,3888
	Lenteja	4,8588	1,2227
Zinc	Harina de haba	2,8034	0,6987
	Arveja	2,6604	0,7010
	Lenteja	2,8400	0,9918

Ya que en la Tabla 3.8 se encuentran el contenido de minerales expuestos en la Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos [21].

Tabla 3.8. Contenido de minerales expuestos en la Tabla de Composición de los

Alimentos Ecuatorianos [21].

Mineral	Matriz	Contenido en el alimento (mg/100g)
Calcio	Haba seca	48
	Arveja seca	70
	Lenteja	91
Hierro	Haba seca	5,4
	Arveja seca	5,6
	Lenteja	6,6

Para determinar si existe una diferencia significativa entre ambas determinaciones se realiza una comparación de medias con la prueba t de Student con el 95% de significancia y a dos colas, tomando como valor verdadero a los de la Tabla 3.8 aplicando la Ecuación 1.2.

Tabla 3.9. Comparación de medias obtenidas en 1965 y 2014 en el contenido de minerales en Alimentos Ecuatorianos.

Mineral	Matriz	Contenido en el alimento (mg/100g)		t crítica	t calculada	Diferencia significativa
		Año: 1965	Año: 2014			
Calcio	Haba seca	48	18,4181	2,05	35,98	Existe
	Arveja seca	70	39,5908		46,68	Existe
	Lenteja	91	59,6062		19,39	Existe
Hierro	Haba seca	5,4	3,2934		16,11	Existe
	Arveja seca	5,6	3,5107		27,92	Existe
	Lenteja	6,6	4,8588		7,39	Existe

Al comparar los valores de t calculada con el de la t crítica se ve que en todos los casos existe diferencia significativa entre los valores en el contenido de minerales en el alimento entre los datos de 1965 y los obtenidos en el 2014.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENTACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Los resultados del contenido medio y rangos en miligramos por cada 100 gramos de alimento seco , hierro y zinc en harina de haba, arveja y lenteja que se obtuvieron son: para sodio: en harina de haba de 12,05 mg/100g, arveja de 14,14 mg/100g y lenteja de 2,71 mg/100g; para potasio: en harina de haba de 788,39 mg/100g, arveja de 1203,77 mg/100g y lenteja de 858,07 mg/100g; para calcio: en harina de haba de 18,42 mg/100g, arveja de 39,59 mg/100g y lenteja de 59,60 mg/100g; para hierro: en harina de haba de 3,29 mg/100g, arveja de 3,51 mg/100g y lenteja de 4,86 mg/100g; y para zinc: en harina de haba de 2,80 mg/100g, arveja de 2,66 mg/100g y lenteja de 2,84 mg/100g.

Al analizar los resultados se puede notar lo siguiente:

- Como se ve la lenteja es el alimento de los analizados con menor cantidad de sodio y mayor cantidad de calcio y hierro.
- La arveja contiene la mayor cantidad de potasio al compararlo con el contenido del mineral en harina de haba y lenteja.
- Y todas las matrices analizadas contienen cantidades similares de zinc.

Al comparar los resultados obtenidos en calcio y hierro con los reportados en la Tabla de los Alimentos Ecuatorianos de 1965 se encuentra diferencia significativa en haba, arveja y lenteja. Por esta razón fue importante el realizar el estudio pues se sabe que se debería

actualizar la información con respecto a minerales, además de que se analizaron sodio, potasio, y zinc que no estaban contemplados en 1965.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar la investigación desde el punto de vista nutricional para analizar la biodisponibilidad de cada mineral en cada alimento analizado, pues se ha analizado el contenido total del mineral en las matrices sin contemplar si es la cantidad total que puede ser asimilable por el ser humano.

También se podría complementar este trabajo realizando un estudio de identificación y cuantificación de vitaminas presentes en el haba, arveja y lenteja, con el fin de conocer todos los micronutrientes presentes en estas leguminosas.

Realizar una comparación de los resultados obtenidos, realizando una digestión en microondas para ver si hay pérdida de algún metal durante la digestión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Fennema, O., Parkin, K., Damodaran, S. (2010). Química de los alimentos. Tercera Edición. Editorial ARIBIA S.A. España.
- [2] Astiasarán, I., Lasheras, B., Ariño, A., Martínez, A. (2003). Alimentos y Nutrición en la práctica Sanitaria. Primera Edición. Díaz de Santos. España.
- [3] Organización Mundial de la Salud. (2015). Nutrición. <http://www.who.int/topics/nutrition/es/>. 2015/03/02.
- [4] Organización Mundial de la Salud. (2015). 10 facts on nutrition. <http://www.who.int/features/factfiles/nutrition/facts/en/>. 2015/03/02.
- [5] U.S. Department of Agriculture. (2011). A Brief History of USDA Food Guides. <http://www.choosemyplate.gov/food-groups/downloads/MyPlate/ABriefHistoryOfUSDAFoodGuides.pdf>. 2015/03/05.
- [6] U.S. Department of Agriculture. (2003). La Pirámide de Alimentos. http://www.cnpp.usda.gov/sites/default/files/archived_projects/FGPPamphletSpanish.pdf. 2015/03/05.
- [7] Organización Mundial de la Salud. (2015). Nutrients. <http://www.who.int/elena/nutrient/en/>. 2015/03/05.
- [8] Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2014) Nutrientes. http://www.naos.aesan.mssi.gob.es/csymb/nutricion_saludable/nutrientes/. 2015/03/05.
- [9] Badui, S. (2013). Química de los alimentos. Quinta Edición. Pearson Educación. México D.F., México.
- [10] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2015). Micronutrientes.
- [11] Solomon, E. P. (2008). Biología. Octava Edición. McGraw-Hill Interamericana. Madrid.

- [13] Brown, J. (2010). *Nutrición en las diferentes etapas de la vida*. Tercera Edición. McGraw Hill Educación. México.
- [12] INIAP. (S/A). *Manual Agrícola de leguminosas, Cultivos y Costos de Producción*. Quito, Ecuador.
- [14] Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición, Tomo 2*. Segunda Edición. Editoria Medica Panamericana. España.
- [15] National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. (2015). Basic Report: 16085, Peas, green, split, mature seeds, raw. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4798?fgcd=Legumes+and+Legume+Products&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=pea>. 15/03/2015.
- [16] National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. (2015). Basic Report: 16069, Lentils, raw. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4782?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=fg&qlookup=lentil>. 15/03/2015.
- [17] National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. (2015). Basic Report: 16052, Broadbeans (fava beans), mature seeds, raw. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4766?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=fava+bean>. 15/03/2015.
- [18] Kastenmayer, P. (1995). *Análisis de minerales y elementos traza en alimentos, Producción y manejo de datos de composición de alimentos en nutrición*, Santiago de Chile, Chile, pp 271 – 294.
- [19] Skoog, D. Holler, J. Crouch, S. (2008), *Principios de análisis instrumental*. Sexta edición, Cengage Learning, Mexico D. F., Mexico.

[20] Instituto de Salud Pública. (2010). Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición: “Aspectos generales sobre la validación de métodos”. Santiago de Chile, Chile.

[21] Ministerio de Previsión Social y Sanidad. (1965). Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos. <http://blog.espol.edu.ec/kcoello/tabla-de-composicion-de-alimentos-ecuatorianos>. 25/04/2015.

ANEXO 1

DATOS OBTENIDOS PARA CALCULAR LÍMITES

Los límites de detección y cuantificación se calcularon utilizando las Ecuaciones 1.4 y 1.5.

1. DATOS DE SODIO

Tabla A1.1. Datos obtenidos del análisis de sodio de un cereal.

Nº	Lectura (mg/L)
1	0,282
2	0,295
3	0,276
4	0,292
5	0,305
6	0,299
7	0,248
8	0,278
9	0,295
10	0,254
Media	0,282
Desviación Estándar	0,0189
LOD	0,0696
LOQ	0,1899

2. DATOS DE POTASIO

Tabla A1.2. Datos obtenidos del análisis de potasio de un cereal.

Nº	Lectura (mg/L)
1	0,131
2	0,163
3	0,184
4	0,151
5	0,141
6	0,147
7	0,137
8	0,152
9	0,140
10	0,145
Media	0,149
Desviación Estándar	0,0151
LOD	0,0555
LOQ	0,1515

3. DATOS DE CALCIO

Tabla A1.3. Datos obtenidos del análisis de calcio de un cereal.

Nº	Lectura (mg/L)
1	0,567
2	0,573
3	0,556
4	0,584
5	0,572
6	0,561
7	0,586
8	0,579
9	0,545
10	0,599
Media	0,572
Desviación Estándar	0,0158
LOD	0,0580
LOQ	0,1581

4. DATOS DE HIERRO

Tabla A1.4. Datos obtenidos del análisis de hierro de un cereal.

Nº	Lectura (mg/L)
1	0,173
2	0,163
3	0,132
4	0,158
5	0,181
6	0,121
7	0,179
8	0,151
9	0,167
10	0,163
Media	0,159
Desviación Estándar	0,0195
LOD	0,0714
LOQ	0,1948

5. DATOS DE ZINC

Tabla A1.5. Datos obtenidos del análisis de zinc de un cereal.

Nº	Lectura (mg/L)
1	0,220
2	0,214
3	0,225
4	0,222
5	0,231
6	0,199
7	0,210
8	0,202
9	0,183
10	0,191
Media	0,210
Desviación Estándar	0,0156
LOD	0,0573
LOQ	0,1564

ANEXO 2

DATOS DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN

1. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE SODIO

Tabla A2.1. Datos de la curva de calibración de sodio utilizada para analizar arveja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,006
1	0,050	0,020
2	0,100	0,060
3	0,250	0,201
4	0,500	0,357
5	1,000	0,707

Tabla A2.2. Datos de la curva de calibración de sodio utilizada para analizar harina de haba.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,009
1	0,050	0,057
2	0,100	0,069
3	0,250	0,174
4	0,500	0,405
5	1,000	0,865

Tabla A2.3. Datos de la curva de calibración de sodio utilizada para analizar lenteja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,001
1	0,050	0,046
2	0,100	0,062
3	0,250	0,189
4	0,500	0,350
5	1,000	0,762

2. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE POTASIO

Tabla A2.4. Datos de la curva de calibración de potasio utilizada para analizar arveja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	-0,047
1	0,125	0,042
2	0,250	0,104
3	0,500	0,221
4	0,750	0,338
5	1,000	0,505
6	1,125	0,565

Tabla A2.5. Datos de la curva de calibración de potasio utilizada para analizar harina de haba.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,001
1	0,125	0,045
2	0,250	0,121
3	0,500	0,241
4	0,750	0,357
5	1,000	0,531
6	1,125	0,595

Tabla A2.6. Datos de la curva de calibración de potasio utilizada para analizar lenteja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,024
1	0,125	0,054
2	0,250	0,148
3	0,500	0,243
4	0,750	0,394
5	1,000	0,498
6	1,125	0,580

3. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE CALCIO

Tabla A2.7. Datos de la curva de calibración de calcio utilizada para analizar arveja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,012
1	0,250	0,036
2	0,500	0,075
3	0,750	0,120
4	1,000	0,149
5	1,250	0,181

Tabla A2.8. Datos de la curva de calibración de calcio utilizada para analizar harina de haba.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,000
1	0,250	0,046
2	0,500	0,076
3	0,750	0,104
4	1,000	0,151
5	1,250	0,196

Tabla A2.9. Datos de la curva de calibración de calcio utilizada para analizar lenteja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,015
1	0,250	0,045
2	0,500	0,073
3	0,750	0,106
4	1,000	0,144
5	1,250	0,181

4. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE HIERRO

Tabla A2.10. Datos de la curva de calibración de hierro utilizada para analizar arveja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	-0,001
1	0,125	0,008
2	0,250	0,022
3	0,500	0,045
4	1,000	0,093
5	1,500	0,138

Tabla A2.11. Datos de la curva de calibración de hierro utilizada para analizar harina de haba.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	-0,002
1	0,125	0,011
2	0,250	0,026
3	0,500	0,047
4	1,000	0,097
5	1,500	0,137

Tabla A2.12. Datos de la curva de calibración de hierro utilizada para analizar lenteja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	-0,002
1	0,125	0,016
2	0,250	0,028
3	0,500	0,051
4	1,000	0,100
5	1,500	0,151

5. CURVAS DE CALIBRACIÓN DE ZINC

Tabla A2.13. Datos de la curva de calibración de zinc utilizada para analizar arveja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,001
1	0,100	0,043
2	0,125	0,056
3	0,250	0,115
4	0,500	0,232
5	0,750	0,373

Tabla A2.14. Datos de la curva de calibración de zinc utilizada para analizar harina de haba.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,000
1	0,100	0,039
2	0,125	0,057
3	0,250	0,107
4	0,500	0,250
5	0,750	0,381

Tabla A2.15. Datos de la curva de calibración de zinc utilizada para analizar lenteja.

Estándar	Concentración (mg/L)	Absorbancia
Blanco	0,000	0,001
1	0,100	0,042
2	0,125	0,049
3	0,250	0,113
4	0,500	0,212
5	0,750	0,325

ANEXO 3

TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRESENTE DISERTACIÓN

1. DETERMINACIÓN DE SODIO

Tabla A3.1. Contenido de sodio en harina de haba.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5414	0,250	0,198	0,241	11,1286
2	0,5463	0,242	0,190	0,232	10,6169
3	0,5329	0,279	0,227	0,274	12,8542
4	0,5606	0,189	0,137	0,17	7,5812
5	0,5184	0,207	0,155	0,191	9,2110
6	0,5136	0,153	0,101	0,128	6,2305
7	0,5790	0,171	0,119	0,149	6,4335
8	0,5015	0,162	0,110	0,138	6,8794
9	0,5608	0,222	0,170	0,208	9,2725
10	0,5279	0,309	0,257	0,310	14,6808
11	0,5294	0,298	0,246	0,297	14,0253
12	0,5080	0,391	0,339	0,405	19,9311
13	0,5187	0,371	0,319	0,382	18,4114
14	0,5039	0,369	0,317	0,379	18,8033
15	0,5103	0,292	0,240	0,290	14,2073
16	0,5542	0,254	0,202	0,245	11,0520
17	0,5639	0,253	0,201	0,244	10,8175
18	0,5509	0,241	0,189	0,23	10,4375
19	0,5012	0,278	0,226	0,273	13,6173
20	0,5400	0,325	0,273	0,328	15,1852
21	0,5135	0,240	0,188	0,229	11,1490
22	0,5297	0,235	0,183	0,223	10,5248
23	0,5098	0,281	0,229	0,277	13,5838
24	0,5049	0,259	0,207	0,251	12,4282
25	0,5742	0,272	0,220	0,266	11,5813
26	0,5549	0,312	0,260	0,313	14,1016
27	0,5643	0,251	0,199	0,242	10,7212

Tabla A3.2. Contenido de Sodio en Arveja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5265	0,276	0,227	0,319	15,1472
2	0,5215	0,230	0,181	0,255	12,2244
3	0,5537	0,361	0,312	0,438	19,7761
4	0,5147	0,168	0,119	0,168	8,1601
5	0,5010	0,205	0,156	0,220	10,9780
6	0,5100	0,231	0,182	0,256	12,5490
7	0,5156	0,225	0,176	0,247	11,9763
8	0,5141	0,262	0,213	0,299	14,5400
9	0,5027	0,225	0,176	0,248	12,3334
10	0,5190	0,195	0,146	0,205	9,8748
11	0,5018	0,257	0,208	0,292	14,5476
12	0,5019	0,208	0,159	0,224	11,1576
13	0,5203	0,326	0,277	0,390	18,7392
14	0,5145	0,249	0,200	0,281	13,6540
15	0,5039	0,219	0,170	0,239	11,8575
16	0,5088	0,277	0,228	0,320	15,7233
17	0,5190	0,331	0,282	0,396	19,0751
18	0,5298	0,401	0,352	0,495	23,3579
19	0,5078	0,219	0,170	0,239	11,7664
20	0,5146	0,203	0,154	0,217	10,5422
21	0,5284	0,230	0,181	0,255	12,0647
22	0,5243	0,232	0,183	0,257	12,2544
23	0,5199	0,325	0,276	0,388	18,6574
24	0,5188	0,303	0,254	0,357	17,2032
25	0,5154	0,264	0,215	0,302	14,6488
26	0,5146	0,235	0,186	0,261	12,6798
27	0,5257	0,294	0,245	0,344	16,3591

Tabla A3.3. Contenido de sodio en lenteja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5184	0,515	0,469	0,626	3,0189
2	0,5512	0,405	0,359	0,481	2,1816
3	0,5664	0,519	0,473	0,632	2,7895
4	0,5624	0,504	0,458	0,612	2,7205
5	0,5883	0,607	0,561	0,748	3,1787
6	0,5255	0,491	0,445	0,595	2,8306
7	0,5931	0,665	0,619	0,825	3,4775
8	0,6572	0,619	0,573	0,764	2,9063
9	0,5023	0,401	0,355	0,475	2,3641
10	0,5051	0,401	0,355	0,476	2,3560
11	0,5572	0,489	0,443	0,592	2,6561
12	0,5353	0,380	0,334	0,448	2,0923
13	0,5703	0,556	0,510	0,681	2,9853
14	0,5844	0,611	0,565	0,754	3,2255
15	0,5599	0,404	0,358	0,480	2,1432
16	0,5827	0,643	0,597	0,796	3,4151
17	0,5340	0,368	0,322	0,432	2,0225
18	0,5460	0,453	0,407	0,545	2,4954
19	0,5080	0,388	0,342	0,458	2,2539
20	0,5203	0,423	0,377	0,504	2,4217
21	0,5328	0,422	0,376	0,503	2,3602
22	0,5301	0,518	0,472	0,631	2,9759
23	0,5051	0,447	0,401	0,537	2,6579
24	0,5507	0,669	0,623	0,830	3,7679
25	0,5014	0,435	0,389	0,520	2,5927
26	0,5110	0,457	0,411	0,550	2,6908
27	0,5152	0,475	0,429	0,574	2,7853

2. DETERMINACIÓN DE POTASIO

Tabla A3.4. Contenido de potasio en harina de haba.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5414	0,558	0,539	1,092	1008,50
2	0,5463	0,600	0,581	1,172	1072,67
3	0,5329	0,483	0,464	0,949	890,41
4	0,5606	0,558	0,539	1,092	973,96
5	0,5184	0,515	0,496	1,011	975,12
6	0,5136	0,518	0,499	1,017	990,07
7	0,5790	0,563	0,544	1,102	951,64
8	0,5015	0,546	0,527	1,070	1066,80
9	0,5608	0,546	0,527	1,070	953,99
10	0,5279	0,363	0,344	0,722	683,84
11	0,5294	0,313	0,294	0,627	592,18
12	0,5080	0,329	0,310	0,657	646,65
13	0,5187	0,446	0,427	0,880	848,27
14	0,5039	0,430	0,411	0,849	842,43
15	0,5103	0,409	0,390	0,809	792,67
16	0,5542	0,409	0,390	0,810	730,78
17	0,5639	0,443	0,424	0,874	774,96
18	0,5509	0,379	0,360	0,752	682,52
19	0,5012	0,255	0,236	0,518	516,76
20	0,5400	0,219	0,200	0,450	416,67
21	0,5135	0,331	0,312	0,661	643,62
22	0,5297	0,344	0,325	0,687	648,48
23	0,5098	0,473	0,454	0,930	912,12
24	0,5049	0,340	0,321	0,679	672,41
25	0,5742	0,387	0,368	0,767	667,89
26	0,5549	0,367	0,348	0,729	656,88
27	0,5643	0,383	0,364	0,761	674,29

Tabla A3.5. Contenido de potasio en arveja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5265	0,350	0,331	0,698	1325,74
2	0,5215	0,257	0,238	0,522	1000,96
3	0,5537	0,249	0,230	0,506	913,85
4	0,5147	0,242	0,223	0,493	957,84
5	0,5010	0,269	0,250	0,544	1085,83
6	0,5100	0,273	0,254	0,551	1080,39
7	0,5156	0,313	0,294	0,628	1218,00
8	0,5141	0,300	0,281	0,603	1172,92
9	0,5027	0,318	0,299	0,637	1267,16
10	0,5190	0,362	0,343	0,720	1387,28
11	0,5018	0,323	0,304	0,647	1289,36
12	0,5019	0,358	0,339	0,713	1420,60
13	0,5203	0,322	0,303	0,644	1237,75
14	0,5145	0,316	0,297	0,634	1232,26
15	0,5039	0,256	0,237	0,519	1029,97
16	0,5088	0,249	0,230	0,507	996,46
17	0,5190	0,258	0,239	0,524	1009,63
18	0,5298	0,335	0,316	0,669	1262,74
19	0,5078	0,392	0,373	0,777	1530,13
20	0,5146	0,358	0,339	0,713	1385,54
21	0,5284	0,262	0,243	0,531	1004,92
22	0,5243	0,287	0,268	0,578	1102,42
23	0,5199	0,294	0,275	0,592	1138,68
24	0,5188	0,344	0,325	0,687	1324,21
25	0,5154	0,525	0,506	1,029	1996,51
26	0,5146	0,277	0,258	0,559	1086,28
27	0,5257	0,272	0,253	0,549	1044,32

Tabla A3.6. Contenido de potasio en lenteja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5184	0,479	0,458	0,962	927,8549
2	0,5512	0,501	0,480	1,006	912,5544
3	0,5664	0,496	0,475	0,996	879,2373
4	0,5624	0,462	0,441	0,928	825,0356
5	0,5883	0,454	0,433	0,910	773,4149
6	0,5255	0,433	0,412	0,868	825,8801
7	0,5931	0,466	0,445	0,935	788,2313
8	0,6572	0,411	0,390	0,823	626,1412
9	0,5023	0,473	0,452	0,949	944,6546
10	0,5051	0,457	0,436	0,917	907,7410
11	0,5572	0,283	0,262	0,562	504,3073
12	0,5353	0,391	0,370	0,782	730,4315
13	0,5703	0,515	0,494	1,036	908,2939
14	0,5844	0,411	0,390	0,822	703,2854
15	0,5599	0,505	0,484	1,014	905,5188
16	0,5827	0,460	0,439	0,922	791,1447
17	0,5340	0,427	0,406	0,856	801,4981
18	0,5460	0,484	0,463	0,971	889,1941
19	0,5080	0,459	0,438	0,920	905,5118
20	0,5203	0,483	0,462	0,969	931,1935
21	0,5328	0,480	0,459	0,963	903,7162
22	0,5301	0,479	0,458	0,961	906,4327
23	0,5051	0,527	0,506	1,060	1049,2972
24	0,5507	0,460	0,439	0,922	837,1164
25	0,5014	0,507	0,486	1,018	1015,1576
26	0,5110	0,551	0,530	1,108	1084,1487
27	0,5152	0,458	0,437	0,918	890,9161

3. DETERMINACIÓN DE CALCIO

Tabla A3.7. Contenido de calcio en harina de haba.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5414	0,126	0,053	0,352	16,2542
2	0,5463	0,116	0,043	0,284	12,9965
3	0,5329	0,140	0,067	0,445	20,8763
4	0,5606	0,111	0,038	0,253	11,2826
5	0,5184	0,113	0,040	0,262	12,6350
6	0,5136	0,114	0,041	0,272	13,2399
7	0,5790	0,114	0,041	0,272	11,7444
8	0,5015	0,114	0,041	0,271	13,5095
9	0,5608	0,126	0,053	0,350	15,6027
10	0,5279	0,149	0,076	0,502	23,7734
11	0,5294	0,147	0,074	0,491	23,1866
12	0,5080	0,148	0,075	0,495	24,3602
13	0,5187	0,154	0,081	0,535	25,7856
14	0,5039	0,146	0,073	0,481	23,8639
15	0,5103	0,145	0,072	0,478	23,4176
16	0,5542	0,149	0,076	0,501	22,6001
17	0,5639	0,142	0,069	0,453	20,0833
18	0,5509	0,135	0,062	0,407	18,4698
19	0,5012	0,129	0,056	0,370	18,4557
20	0,5400	0,133	0,060	0,393	18,1944
21	0,5135	0,135	0,062	0,407	19,8150
22	0,5297	0,128	0,055	0,360	16,9907
23	0,5098	0,131	0,058	0,383	18,7819
24	0,5049	0,133	0,060	0,399	19,7564
25	0,5742	0,121	0,048	0,320	13,9324
26	0,5549	0,131	0,058	0,386	17,3905
27	0,5643	0,142	0,069	0,458	20,2906

Tabla A3.8. Contenido de calcio en arveja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido	
1	0,5265	0,850	0,786	23,1176
2	0,5215	0,900	0,836	23,2222
3	0,5537	0,896	0,832	23,2143
4	0,5147	0,795	0,731	22,9874
5	0,5010	0,821	0,757	23,0512
6	0,5100	0,814	0,750	23,0344
7	0,5156	0,787	0,723	22,9670
8	0,5141	0,799	0,735	22,9975
9	0,5027	0,764	0,700	22,9058
10	0,5190	0,970	0,906	23,3505
11	0,5018	0,994	0,930	23,3903
12	0,5019	0,876	0,812	23,1735
13	0,5203	0,978	0,914	23,3640
14	0,5145	0,986	0,922	23,3773
15	0,5039	0,927	0,863	23,2740
16	0,5088	0,884	0,820	23,1900
17	0,5190	0,946	0,882	23,3087
18	0,5298	1,017	0,953	23,4267
19	0,5078	0,868	0,804	23,1567
20	0,5146	0,833	0,769	23,0792
21	0,5284	0,823	0,759	23,0559
22	0,5243	0,864	0,800	23,1481
23	0,5199	0,917	0,853	23,2552
24	0,5188	0,912	0,848	23,2456
25	0,5154	0,887	0,823	23,1962
26	0,5146	0,787	0,723	22,9670
27	0,5257	0,920	0,856	23,2609

Tabla A3.9. Contenido de calcio en lenteja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5184	0,156	0,098	0,656	63,2716
2	0,5512	0,144	0,086	0,564	51,1611
3	0,5664	0,162	0,104	0,702	61,9703
4	0,5624	0,154	0,096	0,637	56,6323
5	0,5883	0,151	0,093	0,615	52,2693
6	0,5255	0,154	0,096	0,637	60,6089
7	0,5931	0,160	0,102	0,682	57,4945
8	0,6572	0,150	0,092	0,611	46,4851
9	0,5023	0,139	0,081	0,529	52,6578
10	0,5051	0,171	0,113	0,764	75,6286
11	0,5572	0,167	0,109	0,737	66,1342
12	0,5353	0,188	0,130	0,894	83,5046
13	0,5703	0,152	0,094	0,622	54,5327
14	0,5844	0,143	0,085	0,559	47,8268
15	0,5599	0,150	0,092	0,606	54,1168
16	0,5827	0,147	0,089	0,585	50,1974
17	0,5340	0,145	0,087	0,57	53,3708
18	0,5460	0,149	0,091	0,598	54,7619
19	0,5080	0,161	0,103	0,694	68,3071
20	0,5203	0,153	0,095	0,631	60,6381
21	0,5328	0,155	0,097	0,645	60,5293
22	0,5301	0,158	0,100	0,672	63,3843
23	0,5051	0,150	0,092	0,611	60,4831
24	0,5507	0,162	0,104	0,703	63,8279
25	0,5014	0,148	0,090	0,596	59,4336
26	0,5110	0,149	0,091	0,603	59,0020
27	0,5152	0,166	0,108	0,733	71,1374

4. DETERMINACIÓN DE HIERRO

Tabla A3.10. Contenido de hierro en harina de haba.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5414	0,133	0,042	0,458	2,1149
2	0,5463	0,158	0,067	0,721	3,2995
3	0,5329	0,150	0,059	0,641	3,0071
4	0,5606	0,150	0,059	0,636	2,8362
5	0,5184	0,136	0,045	0,485	2,3389
6	0,5136	0,143	0,052	0,564	2,7453
7	0,5790	0,151	0,060	0,648	2,7979
8	0,5015	0,145	0,054	0,584	2,9113
9	0,5608	0,150	0,059	0,640	2,8531
10	0,5279	0,150	0,059	0,636	3,0119
11	0,5294	0,156	0,065	0,700	3,3056
12	0,5080	0,150	0,059	0,637	3,1348
13	0,5187	0,161	0,070	0,753	3,6293
14	0,5039	0,148	0,057	0,621	3,0810
15	0,5103	0,166	0,075	0,809	3,9634
16	0,5542	0,141	0,050	0,545	2,4585
17	0,5639	0,140	0,049	0,531	2,3541
18	0,5509	0,153	0,062	0,665	3,0178
19	0,5012	0,163	0,072	0,782	3,9006
20	0,5400	0,178	0,087	0,944	4,3704
21	0,5135	0,183	0,092	0,993	4,8345
22	0,5297	0,169	0,078	0,841	3,9692
23	0,5098	0,157	0,066	0,709	3,4769
24	0,5049	0,172	0,081	0,871	4,3127
25	0,5742	0,165	0,074	0,800	3,4831
26	0,5549	0,174	0,083	0,891	4,0142
27	0,5643	0,168	0,077	0,835	3,6993

Tabla A3.11. Contenido de hierro en arveja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5265	0,161	0,078	0,853	4,0503
2	0,5215	0,159	0,076	0,833	3,9933
3	0,5537	0,168	0,085	0,923	4,1674
4	0,5147	0,157	0,074	0,808	3,9246
5	0,5010	0,154	0,071	0,775	3,8673
6	0,5100	0,156	0,073	0,800	3,9216
7	0,5156	0,160	0,077	0,842	4,0826
8	0,5141	0,158	0,075	0,819	3,9827
9	0,5027	0,145	0,062	0,685	3,4066
10	0,5190	0,143	0,060	0,663	3,1936
11	0,5018	0,143	0,060	0,662	3,2981
12	0,5019	0,149	0,066	0,721	3,5914
13	0,5203	0,151	0,068	0,751	3,6085
14	0,5145	0,152	0,069	0,758	3,6832
15	0,5039	0,142	0,059	0,648	3,2149
16	0,5088	0,145	0,062	0,684	3,3608
17	0,5190	0,143	0,060	0,662	3,1888
18	0,5298	0,130	0,047	0,526	2,4821
19	0,5078	0,144	0,061	0,671	3,3035
20	0,5146	0,144	0,061	0,673	3,2695
21	0,5284	0,144	0,061	0,674	3,1889
22	0,5243	0,149	0,066	0,722	3,4427
23	0,5199	0,149	0,066	0,724	3,4814
24	0,5188	0,145	0,062	0,687	3,3105
25	0,5154	0,143	0,060	0,659	3,1965
26	0,5146	0,147	0,064	0,705	3,4250
27	0,5257	0,143	0,060	0,663	3,1529

Tabla A3.12. Contenido de hierro en lenteja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5184	0,183	0,105	1,037	5,0010
2	0,5512	0,184	0,106	1,054	4,7805
3	0,5664	0,225	0,147	1,457	6,4310
4	0,5624	0,185	0,107	1,065	4,7342
5	0,5883	0,184	0,106	1,047	4,4493
6	0,5255	0,180	0,102	1,010	4,8049
7	0,5931	0,178	0,100	0,985	4,1519
8	0,6572	0,192	0,114	1,127	4,2871
9	0,5023	0,155	0,077	0,761	3,7876
10	0,5051	0,210	0,132	1,308	6,4740
11	0,5572	0,146	0,068	0,668	2,9971
12	0,5353	0,164	0,086	0,850	3,9697
13	0,5703	0,172	0,094	0,925	4,0549
14	0,5844	0,151	0,073	0,716	3,0630
15	0,5599	0,180	0,102	1,010	4,5097
16	0,5827	0,167	0,089	0,878	3,7669
17	0,5340	0,149	0,071	0,700	3,2772
18	0,5460	0,154	0,076	0,751	3,4386
19	0,5080	0,175	0,097	0,961	4,7293
20	0,5203	0,199	0,121	1,201	5,7707
21	0,5328	0,222	0,144	1,435	6,7333
22	0,5301	0,195	0,117	1,161	5,4754
23	0,5051	0,184	0,106	1,052	5,2069
24	0,5507	0,186	0,108	1,074	4,8756
25	0,5014	0,216	0,138	1,366	6,8109
26	0,5110	0,201	0,123	1,219	5,9638
27	0,5152	0,236	0,158	1,575	7,6427

5. DETERMINACIÓN DE ZINC

Tabla A3.13. Contenido de zinc en harina de haba.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5414	0,370	0,219	0,443	2,0456
2	0,5463	0,371	0,220	0,445	2,0364
3	0,5329	0,432	0,281	0,562	2,6365
4	0,5606	0,430	0,279	0,558	2,4884
5	0,5184	0,400	0,249	0,500	2,4113
6	0,5136	0,415	0,264	0,529	2,5750
7	0,5790	0,427	0,276	0,553	2,3877
8	0,5015	0,387	0,236	0,476	2,3729
9	0,5608	0,447	0,296	0,592	2,6391
10	0,5279	0,394	0,243	0,490	2,3205
11	0,5294	0,397	0,246	0,495	2,3376
12	0,5080	0,375	0,224	0,452	2,2244
13	0,5187	0,403	0,252	0,507	2,4436
14	0,5039	0,389	0,238	0,479	2,3765
15	0,5103	0,383	0,232	0,467	2,2879
16	0,5542	0,356	0,205	0,416	1,8766
17	0,5639	0,412	0,261	0,524	2,3231
18	0,5509	0,409	0,258	0,518	2,3507
19	0,5012	0,562	0,411	0,815	4,0652
20	0,5400	0,528	0,377	0,749	3,4676
21	0,5135	0,499	0,348	0,692	3,3690
22	0,5297	0,555	0,404	0,802	3,7852
23	0,5098	0,566	0,415	0,822	4,0310
24	0,5049	0,538	0,387	0,769	3,8077
25	0,5742	0,571	0,420	0,833	3,6268
26	0,5549	0,552	0,401	0,796	3,5862
27	0,5643	0,586	0,435	0,862	3,8189

Tabla A3.14. Contenido de zinc en arveja.


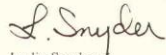
Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5265	0,539	0,388	0,796	3,7797
2	0,5215	0,496	0,345	0,708	3,3941
3	0,5537	0,192	0,041	0,095	4,2893
4	0,5147	0,492	0,341	0,700	3,4000
5	0,5010	0,463	0,312	0,642	3,2036
6	0,5100	0,472	0,321	0,660	3,2353
7	0,5156	0,468	0,317	0,652	3,1614
8	0,5141	0,461	0,310	0,638	3,1025
9	0,5027	0,465	0,314	0,647	3,2176
10	0,5190	0,441	0,290	0,598	2,8805
11	0,5018	0,373	0,222	0,460	2,2917
12	0,5019	0,310	0,159	0,332	1,6537
13	0,5203	0,316	0,165	0,345	1,6577
14	0,5145	0,318	0,167	0,349	1,6958
15	0,5039	0,421	0,270	0,558	2,7684
16	0,5088	0,462	0,311	0,640	3,1447
17	0,5190	0,400	0,249	0,514	2,4759
18	0,5298	0,326	0,175	0,365	1,7223
19	0,5078	0,413	0,262	0,541	2,6635
20	0,5146	0,387	0,236	0,488	2,3708
21	0,5284	0,294	0,143	0,301	1,4241
22	0,5243	0,400	0,249	0,515	2,4557
23	0,5199	0,394	0,243	0,502	2,4139
24	0,5188	0,383	0,232	0,480	2,3130
25	0,5154	0,374	0,223	0,463	2,2458
26	0,5146	0,393	0,242	0,501	2,4339
27	0,5257	0,399	0,248	0,512	2,4348

Tabla A3.15. Contenido de zinc en lenteja.

Muestra	Peso (g)	Absorbancia		Lectura (mg/L)	Alimento (mg/100g)
		Sin corregir blanco	Blanco corregido		
1	0,5184	0,295	0,125	0,290	1,3985
2	0,5512	0,362	0,192	0,446	2,0229
3	0,5664	0,358	0,188	0,437	1,9288
4	0,5624	0,363	0,193	0,449	1,9959
5	0,5883	0,336	0,166	0,385	1,6361
6	0,5255	0,348	0,178	0,413	1,9648
7	0,5931	0,364	0,194	0,450	1,8968
8	0,6572	0,349	0,179	0,415	1,5787
9	0,5023	0,369	0,199	0,461	2,2944
10	0,5051	0,458	0,288	0,668	3,3063
11	0,5572	0,361	0,191	0,444	1,9921
12	0,5353	0,446	0,276	0,640	2,9890
13	0,5703	0,505	0,335	0,777	3,4061
14	0,5844	0,413	0,243	0,564	2,4127
15	0,5599	0,488	0,318	0,738	3,2952
16	0,5827	0,422	0,252	0,585	2,5099
17	0,5340	0,392	0,222	0,515	2,4110
18	0,5460	0,350	0,180	0,417	1,9093
19	0,5080	0,499	0,329	0,762	3,7500
20	0,5203	0,517	0,347	0,805	3,8680
21	0,5328	0,512	0,342	0,793	3,7209
22	0,5301	0,566	0,396	0,917	4,3247
23	0,5051	0,603	0,433	1,002	4,9594
24	0,5507	0,552	0,382	0,886	4,0222
25	0,5014	0,508	0,338	0,784	3,9091
26	0,5110	0,528	0,358	0,830	4,0607
27	0,5152	0,447	0,277	0,642	3,1153

ANEXO 4

CERTIFICADOS DE LOS ESTÁNDARES UTILIZADOS

125 Market Street New Haven, CT 06513 USA	 AccuStandard® Inc.	Tel (203)786-5290 Fax (203)786-5287 www.AccuStandard.com
CERTIFICATE OF ANALYSIS		
AccuTrace™ Reference Standard		
Item Number: AA27N-1		
Element: Iron	Lot: 210065173	
Storage Condition: Ambient	Date Certified: 7/1/2010	
Hazards: IRRITANT	Expiration: Jul / 2015	
Matrix: 2-5% Nitric acid	Sample Size: 100 mL	
<input checked="" type="checkbox"/> Included on ISO/IEC 17025 Scope of Accreditation		
<input checked="" type="checkbox"/> Included on ISO Guide 34 Scope of Accreditation		
<u>Actual Lot Analysis</u>		
Iron 1000 µg/mL		
The gravimetric uncertainty for this product is ±0.24%. The CRM uncertainty is ±5%. See reverse side for details.		
The concentration of the final solution was verified by ICP against NIST SRM# 3126a		
RESULTS: This solution standard was certified for accuracy of major elemental constituency via methodology traceable to primary or well characterized secondary standards. All trace level elements and impurities were determined via plasma emission spectroscopy on the concentrate.		
This standard was prepared gravimetrically to contain the elemental concentrations shown above. Balances, used in the preparation, are calibrated regularly using NIST-traceable weights. All glassware is Class A.		
Use good laboratory procedure when diluting this product. Shake bottle prior to use and do not pipette directly out of the bottle. Use only cleaned Class A volumetric glassware.		
We certify the accuracy of this standard to be ± 0.5% of the stated value until the expiration date listed above, provided it is kept tightly capped and stored under normal laboratory conditions.		
For use in routine laboratory analysis.		 Lydia Snyder Inorganic QC Supervisor
AccuStandard is accredited to ISO Guide 34, ISO/IEC 17025 and certified to ISO 9001		
		<small>OR-ORG/INO-001 Rev. 7/13</small>



AccuStandard, Inc.
CERTIFICATE OF ANALYSIS

AccuTrace™ Reference Standard

Item Number: AA43N-1

Element: Potassium
Storage Condition: Ambient
Hazards: IRRITANT
Matrix: 2-5% Nitric acid

Lot: B8025056-1A
Date Certified: 2/22/2010
Expiration: Feb / 2015
Sample Size: 100 mL

- Included on ISO/IEC 17025 Scope of Accreditation
- Included on ISO Guide 34 Scope of Accreditation

Actual Lot Analysis

Potassium 1000 $\mu\text{g/mL}$

The gravimetric uncertainty for this product is $\pm 0.24\%$. The CRM uncertainty is $\pm 5\%$. See reverse side for details.

The concentration of the final solution was verified by ICP against NIST SRM#

3141a

RESULTS: This solution standard was certified for accuracy of major elemental constituency via methodology traceable to primary or well characterized secondary standards. All trace level elements and impurities were determined via plasma emission spectroscopy on the concentrate.

This standard was prepared gravimetrically to contain the elemental concentrations shown above. Balances, used in the preparation, are calibrated regularly using NIST-traceable weights. All glassware is Class A.

Use good laboratory procedure when diluting this product. Shake bottle prior to use and do not pipette directly out of the bottle. Use only cleaned Class A volumetric glassware.

We certify the accuracy of this standard to be $\pm 0.5\%$ of the stated value until the expiration date listed above, provided it is kept tightly capped and stored under normal laboratory conditions.

For use in routine laboratory analysis.

L. Snyder
Lydia Snyder
Inorganic QC Supervisor



AccuStandard, Inc.
CERTIFICATE OF ANALYSIS

AccuTrace™ Reference Standard

Item Number: AA54N-1

Element: Sodium
Storage Condition: Ambient
Hazards: IRRITANT
Matrix: 2-5% Nitric acid

Lot: B9025068-1A
Date Certified: 2/12/2010
Expiration: Feb / 2015
Sample Size: 100 mL

Actual Lot Analysis

Sodium 1000 µg/mL

The total maximum uncertainty on the certified value(s) is $\pm 1\%$. See reverse side of certificate for details.

The concentration of the final solution was verified by ICP against NIST SRM# 3152a

RESULTS: This solution standard was certified for accuracy of major elemental constituency via methodology traceable to primary or well characterized secondary standards. All trace level elements and impurities were determined via plasma emission spectroscopy on the concentrate.

This standard was prepared gravimetrically to contain the elemental concentrations shown above. Balances, used in the preparation, are calibrated regularly using NIST-traceable weights. All glassware is Class A.

Use good laboratory procedure when diluting this product. Shake bottle prior to use and do not pipette directly out of the bottle. Use only cleaned Class A volumetric glassware.

We certify the accuracy of this standard to be $\pm 0.5\%$ of the stated value until the expiration date listed above, provided it is kept tightly capped and stored under normal laboratory conditions.

L. Snyder
Lydia Snyder
Inorganic QC Supervisor

For use in routine laboratory analysis.

AccuStandard is accredited to ISO Guide 34, ISO/IEC 17025 and certified to ISO 9001



CERTIFICATE OF ANALYSIS

AccuTrace™ Reference Standard

Item Number: AA70N-1

Element: Zinc
Storage Condition: Ambient
Hazards: IRRITANT
Matrix: 2-5% Nitric acid

Lot: 211025060
Date Certified: 2/28/2011
Expiration: Feb / 2016
Sample Size: 100 mL

- Included on ISO/IEC 17025 Scope of Accreditation
- Included on ISO Guide 34 Scope of Accreditation

Actual Lot Analysis

Zinc 1000 µg/mL

The gravimetric uncertainty for this product is $\pm 0.24\%$. The CRM uncertainty is $\pm 5\%$. See reverse side for details.

The concentration of the final solution was verified by ICP against NIST SRM# 3168a

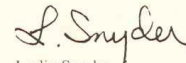
RESULTS: This solution standard was certified for accuracy of major elemental constituency via methodology traceable to primary or well characterized secondary standards. All trace level elements and impurities were determined via plasma emission spectroscopy on the concentrate.

This standard was prepared gravimetrically to contain the elemental concentrations shown above. Balances, used in the preparation, are calibrated regularly using NIST-traceable weights. All glassware is Class A.

Use good laboratory procedure when diluting this product. Shake bottle prior to use and do not pipette directly out of the bottle. Use only cleaned Class A volumetric glassware.

We certify the accuracy of this standard to be $\pm 0.5\%$ of the stated value until the expiration date listed above, provided it is kept tightly capped and stored under normal laboratory conditions.

For use in routine laboratory analysis.


Lydia Snyder
Inorganic QC Supervisor



CERTIFICATE OF ANALYSIS

AccuTrace™ Reference Standard

Item Number: AA09N-1

Element: Calcium
Storage Condition: Ambient

Hazards: IRRITANT

Matrix: 2-5% Nitric acid

Lot: 211025007

Date Certified: 2/7/2011

Expiration: Feb / 2016

Sample Size: 100 mL

Included on ISO/IEC 17025 Scope of Accreditation

Included on ISO Guide 34 Scope of Accreditation

Actual Lot Analysis

Calcium 1000 $\mu\text{g/mL}$

The gravimetric uncertainty for this product is $\pm 0.24\%$. The CRM uncertainty is $\pm 5\%$. See reverse side for details.

The concentration of the final solution was verified by ICP against NIST SRM#

3109a

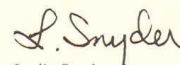
RESULTS: This solution standard was certified for accuracy of major elemental constituency via methodology traceable to primary or well characterized secondary standards. All trace level elements and impurities were determined via plasma emission spectroscopy on the concentrate.

This standard was prepared gravimetrically to contain the elemental concentrations shown above. Balances, used in the preparation, are calibrated regularly using NIST-traceable weights. All glassware is Class A.

Use good laboratory procedure when diluting this product. Shake bottle prior to use and do not pipette directly out of the bottle. Use only cleaned Class A volumetric glassware.

We certify the accuracy of this standard to be $\pm 0.5\%$ of the stated value until the expiration date listed above, provided it is kept tightly capped and stored under normal laboratory conditions.

For use in routine laboratory analysis.


Lydia Snyder
Inorganic QC Supervisor