Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias
Escuela de Química y Farmacia

PROFESOR PATROCINANTE: Dr. Eduardo Quiroz R.
INSTITUTO: Química
FACULTAD: Ciencias

"DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS ESENCIALES (Cu, Mn, Zn, Fe, Mg y Ca) Y NO ESENCIALES (Cd, Pb, As y Hg) EN POROTOS (*Phaseolus vulgaris*), LENTEJAS (*Lens culinaris*) Y ARVEJAS (*Pisum sativum*) COMERCIALIZADAS EN LA CIUDAD DE VALDIVIA"

Tesis de Grado presentada como
parte de los requisitos para optar
al Título de Químico Farmacéutico.

CLAUDIA BEATRIZ DE LOURDES BARRIENTOS VALENZUELA

VALDIVIA – CHILE

2010

Dedicado a mis padres María Elena y Jorge

y a mis hermanos Pamela y Jorge.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en primer lugar a Dios, por estar conmigo en todo momento y por permitirme llegar a este gran e importante momento en mi vida.

Al laboratorio de Elementos Traza y Nutrientes del Instituto de Química de la Universidad Austral de Chile, por el financiamiento otorgado.

Al Doctor Eduardo Quiroz por el apoyo entregado durante esta gran travesía, por su buena disposición para responder todas mis dudas, por darme la oportunidad de realizar este estudio y por los todos los consejos entregados durante estos últimos años.

A la Doctora Susan Hess y al Doctor Claudio Bravo, por su excelente disposición para formar parte de mi comisión.

A mis compañeras de laboratorio Valentina, Carola, y Evelyn, que con su apoyo hicieron más entretenido este gran desafío.

A mis amigas Valen y Pía por acompañarme en todos estos años de estudios, por esas largas noches de desvelo, sin el apoyo de ustedes hubiera sido todo más difícil. Este triunfo también se los dedico.

A mis padres y hermanos, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

ÍNDICE

1. RESUMEN 5

SUMMARY 6

2. INTRODUCCIÓN 8

2.1 Historia y Características Generales de las Leguminosas 8

2.1.1 Porotos *(Phaseolus vulgaris)* 8

2.1.2 Lentejas *(Lens culinaris)* 9

2.1.3 Arvejas *(Pisum sativum)* 10

2.2 Legumbres como alimento esencial 11

2.3 Contaminación Alimentaria y Daño en la Salud Pública 12

2.4 Metales Pesados 16

2.5 Indicadores de la Contaminación 18

2.6 Metales Esenciales a Analizar 23

2.6.1 Cobre (Cu) 23

2.6.2 Manganeso (Mn) 24

2.6.3 Zinc (Zn) 25

2.6.4 Hierro (Fe) 25

2.6.5 Magnesio (Mg) 26

2.6.6 Calcio (Ca) 27

2.7 Metales No Esenciales a Analizar 28

2.7.1 Cadmio (Cd) 28

2.7.2 Plomo (Pb) 29

2.7.3 Arsénico (As) 29

2.7.4 Mercurio (Hg) 30

2.8 Hipótesis de Trabajo. 32

2.9 Objetivo General. 32

2.10 Objetivos Específicos. 32

3. MATERIALES Y MÉTODOS 33

3.1 Muestreo 33

3.2 Metodología del Tratamiento de las Muestras 34

3.3 Análisis de las Muestras 35

4. RESULTADOS 36

4.1 Metales traza esenciales analizados 36

4.2 Metales traza no Esenciales Analizados 41

5. DISCUSIÓN 43

6. CONCLUSIÓN 67

7. LITERATURA CITADA 74

ANEXO 1 (Metodologia del tratamiento de las muestras) 88

ANEXO 2 Resultados (Tablas y Gráficos) 94

ANEXO 3 Discusión (Tablas y Gráficos) 101

1. RESUMEN

Las legumbres aportan una gran cantidad de hidratos de carbonos, fibra dietética, proteínas, vitaminas y constituyen una buena fuente de minerales. Es por ello que nace el interés de cuantificar y comparar el contenido de metales esenciales y no esenciales en las diferentes legumbres. Por lo tanto el objetivo de este estudio fue cuantificar metales esenciales (Cu, Mn, Zn, Fe, Mg y Ca) y no esenciales (Cd, Pb, As y Hg) en Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas *(Pisum sativum)* comercializadas en la ciudad de Valdivia, para contribuir con la formación de una base de datos chilena que sirva como patrón de comparación con otras investigaciones, y así determinar algún potencial impacto de la exposición de metales no esenciales que puedan representar un peligro para salud humana.

Para la determinación de los metales esenciales y no esenciales se utilizó el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica en su modalidad Llama en el caso del Cu, Mn, Zn, Fe, Mg, Ca, Cd y Pb y acoplado a un Generador de Hidruros para el As y "Cool Vapor" para determinar Hg.

Tanto las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas *(Pisum sativum)* presentaron concentraciones aceptables de metales esenciales (Cu, Mn, Zn, Fe, Mg y Ca), mientras que se encontró la presencia de As y Pb en algunas muestras de Porotos y Arvejas.

Los rangos de concentración obtenidos para metales esenciales y no esenciales fueron: Cu (5,07 - 14,1 mg/Kg peso seco), Mn (8,79 - 213 mg/Kg peso seco), Zn (26,6- 71,7 mg/Kg peso seco), Fe (48,2 – 6,26 x 10^3 mg/Kg peso seco), Mg (1,00 x 10^3 – 4,32 x 10^3 mg/Kg peso seco), Ca (305 – 10,5 x 10^3 mg/Kg peso seco), Pb (0 – 1,05 mg/Kg peso seco), As (0 – 0,51 mg/Kg peso seco). En el caso del Cd y Hg se obtuvieron valores inferiores al límite de cuantificación del equipo.

SUMMARY

Legumes contribute a large amount of carbohydrates, fiber, protein, vitamins and are a good source of minerals. Arises is why the interest to quantify and compare the contents of essential and nonessential elements in different legumes. Therefore the aim of this research was to quantify the essential elements (Cu, Mn, Zn, Fe, Mg and Ca) and toxic elements (Cd, Pb, As and Hg) in beans (Phaseolus vulgaris), lentil (Lens culinaris) and peas (Pisum sativum) marketed in the city of Valdivia, to contribute to the formation of a Chilean database to serve as standard for comparison with other investigations, and determine any potential impact of exposure to toxic elements that may pose a danger to human health.

For the determination of essential and nonessential metals, the method of atomic absorption spectrophotometry in flame mode in the case of Cu, Mn, Zn, Fe, Mg, Ca, Cd and Pb and coupled to a hydride generator to As and "Cool Vapor" to determine Hg.

Both samples of Beans (*Phaseolus vulgaris*), Lentils (*Lens culinaris*) and peas (*Pisum sativum*) showed acceptable levels of essential metals (Cu, Mn, Zn, Fe, Mg and Ca), while As and Pb were detected in some samples of beans and peas.

The concentration ranges obtained for essential and nonessential elements were: Cu (5,07 to 14.1 mg / kg dry weight), Mn (8,79 to 213 mg / kg dry weight), Zn (26,6 to 71,7 mg / kg dry weight), Fe (48,2 to 6,26 x 10^3 mg / kg dry weight), Mg (1,00 x 10^3 – 4,32 x 10^3 mg / kg dry weight), Ca (305 to 10,5 x 10^3 mg / kg dry weight), Pb (0 – 1,05 mg / kg dry weight), As (0 – 0,51 mg / kg dry weight). In the case of Cd and Hg values were below the limit of quantification of the team.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Historia y Características Generales de las Leguminosas

La palabra "leguminosa" deriva del latín *legumen*, que significa semillas con vainas. En inglés, las semillas comestibles de estas plantas se conocen también con el nombre de "pulse", del latín *puls*, que quiere decir potaje. Las leguminosas figuran entre los primeros productos alimenticios cultivados por el hombre. Su historia como cultivo se remonta a los tiempos neolíticos, en que el hombre pasaba de la caza y de la recolección espontánea de los alimentos a la fase del desarrollo humano consistente en la producción de alimentos, y adoptaba una forma de vida basada en las comunidades agrícolas aldeanas (Aykroyd, 1982).

Se entiende por legumbres las semillas secas de plantas leguminosas que se distinguen de las semillas oleaginosas de leguminosas por su bajo contenido de grasa. (OMS/FAO, 2007).

Según Cubero & Moreno (1983) las leguminosa de grano son aquellas especies pertenecientes a la familia *Fabaceae* (= *Papilionaceae* de la sistemática clásica) cuya utilidad primaria reside en las semillas más que en ninguna otra parte del vegetal, si bien en algunas especies se han obtenido por selección artificial variedades en las que también es utilizable la legumbre. El interés de la semilla de estas especies radica en su empleo en la alimentación tanto humana como animal, debido a su alto contenido proteíco.

Las leguminosas alimenticias son plantas herbáceas anuales, pequeñas y de porte arbustivo, erguido, postrado o trepador (Sinha, 1978).

2.1.1 Porotos *(Phaseolus vulgaris)*

El frejol, o poroto como se le conoce en Chile, es originario de América Central, es la leguminosa más comúnmente consumida en México y América Central y en la mayor parte de América del

Sur, es también importante en Asia y partes de África como Burundi y Uganda. Es de gran valor alimenticio, rico en proteínas vegetales y también en hidratos de carbono. Se consume en diversos estados: verde, granado y seco. Es una planta anual, de crecimiento rápido, que se desarrolla durante el verano, tiene una raíz profunda, fibrosa, que suele alcanzar hasta 1m de profundidad, según el suelo. En las raíces se hallan las típicas nudosidades de las leguminosas, que son puntos de concentración de las bacterias radicícolas, que permiten a la planta aprovechar el nitrógeno del aire que circula entre las partículas terrosas (Aykroyd, 1982; Águila, 1987).

En Chile, es cultivado desde Arica a Chiloé; pero su mayor área de cultivo está comprendida entre las provincias de Coquimbo y Bío-Bío, entre las cuales se destacan Santiago, O`Higgins, Colchagua, Curicó, Talca y Ñuble. En el país es el producto de consumo directo por el hombre que después del trigo, ocupa la mayor superficie de siembra. Es uno de los alimentos principales de la dieta chilena, que encuentra en esta legumbre un recurso de proteína de bajo costo. Es consumido en el país en su mayor porcentaje como grano seco. Como planta hortícola se usa en forma de granado y vaina verde en estado fresco o en conserva. Fuera de ser uno de los alimentos principales de consumo nacional, es un producto de exportación de gran demanda en el extranjero por la calidad de sus granos (INIA, 1968).

2.1.2 Lentejas *(Lens culinaris)*

Las lentejas probablemente son originarias de la región Este y Mediterránea. Ahora son introducidas y cultivadas en la mayoría de las regiones subtropicales y templadas del mundo y grandes alturas del trópico, así como Chile y Argentina (Duke, 1981).

Se cultiva actualmente a grandes altitudes y durante la estación fría y seca en todas las zonas tropicales y subtropicales, especialmente en el norte de la India y Pakistán, los países

mediterráneos, África del Norte, y en el norte, centro y sur de América. No es apta para las zonas tropicales húmedas y necesita suelos bien drenados. Las semillas son lenticulares y se reconocen dos tipos en el comercio internacional: la subespecie *macrosperma* o "chilena", que es mayor (6-9 mm), de color amarillo o verde claro y que se cultiva en EE.UU y en América del Sur, y la *microsperma* (var. *Afghanica Abyssinica)* "persa" o "roja", que es más pequeña (2-6 mm), y de color naranja, encarnado o pardo y se cultiva en el Mediterráneo, el Cercano Oriente y el subcontinente indio (Aykroyd, 1982).

La lenteja es una planta anual de poca altura, entre 40 a 60 cm. Se ha sembrado prácticamente a lo largo del país, desde Atacama hasta Chiloé, pero en estos momentos el cultivo se concentra más bien en el área central, y principalmente hacia la zona costina, desde la provincia de Coquimbo al sur, destacándose Ñuble, Bío-Bío y Malleco. Su grano es rico en proteínas, vitaminas y sales minerales, ocupa un lugar destacado entre los cultivos de secano del país (Águila, 1987; INIA, 1968).

2.1.3 Arvejas *(Pisum sativum)*

La arveja o guisante es una enredadera herbácea anual con muchas variedades, altas o enanas, con semillas lisas o rugosas (Aykroyd, 1982). Es originaria de Europa y Asía septentrional. En Chile se cultivan muchas variedades de escasa pureza y conocidas con denominaciones locales, dentro de estas variedades se destacan tres tipos: guiadoras, semienanas y enanas; de grano redondo liso y de grano arrugado, en estado seco, requieren clima húmedo frío y son susceptibles a la sequía y a las temperaturas altas. Las arvejas verdes son la principal hortaliza elaborada del mundo, en conserva, congelada o seca (Giaconi, 1988; Aykroyd, 1982).

En Chile es el cultivo más deprimido de las leguminosas de grano, se concentra entre la VII y IX región, con la mayor extensión de superficie sembrada en la IX región. Las regiones V y Metropolitana tienen importancia en el cultivo de la arveja verde, las cuales son abastecedoras del mercado hortícola (Molina, 2002).

2.2 Legumbres como alimento esencial

Las leguminosas ocupan un lugar importante en la nutrición humana y su introducción en la dieta diaria tiene muchos efectos fisiológicos beneficiosos en control y prevención de diferentes enfermedades metabólicas como la Diabetes Mellitus, cardiopatía coronaria y cáncer de colon (Tharanathan & Mahadevamma, 2003), por lo tanto debido a que tienen importantes beneficios para la salud, su consumo debe incrementarse en la dieta habitual (Ros & Periago, 2005). Además deberán estar exentas de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana (OMS/FAO, 2007).

Constituyen una buena fuente de proteínas, hidratos de carbono, fibras, vitaminas del grupo B y elementos minerales esenciales (Viadel, 2002). Para definir la esencialidad de estos elementos, en Baran (1995) se tiene en cuenta habitualmente, varios criterios concurrentes: a) un elemento se considera esencial cuando su ingesta insuficiente produce deficiencia funcional, las que pueden revertirse cuando el elemento recupera su nivel fisiológico óptimo; b) el organismo no puede crecer ni completar su ciclo sin ese elemento; c) el elemento debe poseer un influencia directa sobre el organismo y estar involucrado en sus procesos metabólicos; d) el efecto de un elemento esencial no puede ser logrado por ningún otro elemento.

En general, las leguminosas contienen proteínas ricas en lisina y pobres en aminoácidos azufrados (metionina y cistina), por lo que es común su complementación con cereales en las dietas ya que estos presentan un bajo contenido en lisina y en calcio (Gómez, 1983).

Dicha composición puede variar dependiendo del grado de maduración, suelo, condiciones climáticas, de cultivo y por los fitatos que dan lugar a la formación de complejos insolubles con los cationes divalentes (calcio, hierro y zinc) interfiriendo en la absorción y reduciendo, de este modo, la biodisponibilidad. (Quinteros *et al.,* 2002; Ros & Periago, 2005).

Dentro de los principales minerales esenciales suministrados por las leguminosas están el calcio, manganeso, cobre, hierro, magnesio y zinc (Sauquillo *et al*, 2003)**,** es por ello que los porotos son las legumbres de grano más importantes para el consumo directo del hombre en el mundo, además de proporcionar entre el 10-20% de los requerimientos de nutrientes en el adulto (Broughton *et al*, 2003).

En cuanto a la esencialidad de las legumbres, según Duke, (1981) las lentejas son una de las más nutritivas, se supone remedian la constipación y otras aflicciones intestinales, mientras que los porotos son usados para el acné, como antidiabéticos, para la vejiga, quemaduras, daño cardiaco, es carminativo, depurativo, sirve en la diarrea, como diurético, en edema, disentería, eczema, emoliente, hipo, picazón, como antiinflamatorio, reumatismo, ciática, y tenesmo.

2.3 Contaminación Alimentaria y Daño en la Salud Pública

El alimento es una necesidad humana fundamental, un derecho básico y prerrequisito para la salud. El cuerpo humano depende de energía, proteínas, vitaminas y minerales que se encuentran en una variedad de productos alimentarios para sobrevivir y permanecer fuertes (Yassi *et al,* 2002). Los minerales comprenden un amplio grupo y diverso de elementos e iones complejos. El

organismo humano necesita mucho de estos como nutrientes y algunos, fundamentalmente los elementos traza, son peligrosos si se ingieren en cantidades excesivas (Quinteros *et al.,* 2002). Los alimentos y el agua son las principales fuentes de metales esenciales; estos son también el medio a través del cual estamos expuestos a diversos metales tóxicos (Arora *et al*, 2008), además la ingesta de alimentos es una fuente importante en la entrada y asimilación de metales tóxicos y esenciales y dentro de los metales con mayor peligrosidad por su toxicidad para los seres humanos están el As, Cd, Hg y Pb (Peris, 2006).

La contaminación ambiental es la principal causa de la contaminación de la cadena alimentaria con metales pesados debido a que todos los procesos que involucran la obtención de una determinada materia prima, su transformación, depósito y transporte y luego su utilización y consumo, se produce algún tipo de emisión material o de residuo, los que llegan al medio ambiente e interaccionan con algunos de los componentes para alcanzar, finalmente a través de la cadena alimenticia al hombre (Cabrera *et al*, 2003; Baran, 1995).

Ciertos elementos pueden también ser contaminantes ambientales, particularmente en áreas con alta presión antropogénica que, indirectamente, permite la incorporación de los contaminantes a plantas y animales que, por sí mismos o a través de sus productos derivados (Gil *et al*, 2005), tienen un efecto directo sobre la salud humana (Yassi *et al,* 2002). Mientras metales como el hierro (Fe), manganeso (Mn), o zinc (Zn), entre otros, son esenciales para los humanos, elementos como el arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), y plomo (Pb) no tienen efectos beneficiosos y son capaces de causar efectos indeseables en el metabolismo, aún a concentraciones bajas, como por ejemplo, ejercen su toxicidad causando daño oxidativo así como peroxidación lipídica, inactivación enzimática y daño en el DNA (Perelló *et al*, 2008; Valle & Florentino, 2000; Parkash *et al*, 2003).

La contaminación de los alimentos involucra la absorción de residuos químicos en la cadena alimentaria, así como el uso de sustancias químicas en el procesamiento de los alimentos, puede ocurrir también por el uso, para irrigación, de aguas residuales o de desechos tratada indebidamente y las sustancias químicas potencialmente tóxicas, por ejemplo aquellas utilizadas en la agricultura, pueden contaminar y tener de este modo su vía de acceso al organismo a través de los productos alimenticios, así como los insecticidas al ser utilizados en el hogar (Yassi *et al,* 2002).

Las condiciones ambientales, la tecnología agrícola, la contaminación industrial, las fuentes geológicas, y el procesamiento de alimentos son las fuentes más destacadas de la contaminación de los alimentos por metales, los cuales pueden afectar de manera dramática la presencia de minerales en la dieta, observándose los efectos más relevantes en los países donde los alimentos siguen siendo cultivados localmente y las poblaciones tienen contactos estrechos con su medio ambiente natural, mientras que en los países del norte-occidental las manifestaciones no son tan evidentes. Además la aplicación de las aguas residuales en las tierras de cultivo puede aumentar la acumulación de metales en las plantas y transferirlo a la cadena alimentaria humana (Rubio *et al*, 2005; Prasad, 2008).

Coultate, (1998) dice que los metales tóxicos pueden alcanzar los alimentos a partir de numerosas fuentes. Las más importantes son:

(i) la tierra en la que crecen los productos utilizados para la alimentación humana o animal,

(ii) los residuos de las depuradoras, los fertilizantes y otros productos químicos con que se trata el suelo agrícola,

(iii) el agua de bebida y la utilizada para cocinar o procesar los alimentos, la suciedad contaminante, es decir, la tierra de las hortalizas no suficientemente lavadas y

(iv) el equipo, recipientes y utensilios utilizados para el procesado, el almacenamiento o el cocinado de los alimentos.

En Gil *et al*, (2005) se menciona que la contaminación se circunscribe a la presencia de sustancias químicas (potencialmente tóxicas) en los alimentos que puedan ser responsables de efectos agudos, crónicos o cancerígenos en el consumidor. De acuerdo con ese planteamiento, los contaminantes alimentarios serían "todos aquellos compuestos o sustancias químicas que pueden estar presentes en la cadena alimentaria y que pueden ser potencialmente peligrosos para la salud".

La salud de los seres humanos está íntimamente relacionada con las condiciones del ambiente natural, donde los productos químicos liberados en el ambiente lejos de las zonas habitadas por el hombre pueden convertirse en un riesgo para la salud humana a través de su acumulación en las cadenas alimentarias (IPCS/OMS/PNUMA/OIT, 1987)

Existen alimentos que proporcionan determinados efectos fisiológicos beneficiosos no nutricionales que pueden mejorar la salud (Mazza, 2000), así como existen alimentos consumidos por los seres humanos que potencialmente representan una vía de exposición a las sustancias tóxicas, que al ser ingeridas den lugar a intoxicaciones agudas graves. Pero además, desde hace unas décadas y especialmente en las tres últimas, se ha comprobado que ciertos contaminantes químicos tienen un periodo latente de toxicidad de años, a veces hasta 20 años, durante los cuales el contaminante se va acumulando en el organismo provocando enfermedades cuando su concentración llega a niveles críticos , por lo tanto, el contenido mineral de los alimentos depende

en gran parte de factores ambientales como son la naturaleza del suelo o del agua utilizada para la producción de alimentos (Aras & Yavuz, 2006; WHO, 1985; Izquierdo *et al*, 1999).

El consumo de alimentos contaminados con metales pesados puede agotar seriamente algunos nutrientes esenciales en el cuerpo, causando una disminución en las defensas inmunológicas, retardo del crecimiento intrauterino, alteración psico-social y una alta prevalencia de cáncer gastrointestinal (Arora *et al,* 2008), siendo la aparición de cánceres el más temido y el más controvertido. El temor de la opinión pública a la aparición de cánceres ha llevado a las distintas agencias reguladoras a establecer niveles de tolerancia muy bajos para muchas sustancias químicas en distintos sistemas ambientales: desde la alimentación hasta el agua de bebida, pasando por los lugares de almacenamiento de residuos tóxicos (Spiro, 2004). En términos de contaminación de los alimentos, los arseniatos y los compuestos organoarsenicales son los que aparecen con mayor frecuencia y en concentraciones más altas (Carbonell *et al*, 1995).

En IPCS/OMS/PNUMA/OIT, (1987) destacan que es importante tomar en cuenta todos los aspectos de la higiene y el saneamiento ambiental, pues esto constituye la medida de control utilizada para mejorar las condiciones ambientales básicas que afectan a la salud humana; por ejemplo, el abastecimiento de agua potable, la disposición de desechos humanos y animales, la protección de alimentos de la contaminación biológica y las condiciones de vivienda, factores que están relacionados con la calidad del ambiente humano.

2.4 Metales Pesados

Los metales pesados se pueden definir de varias maneras y una posible definición es la presentada por Navarro, *et al,* (2007) donde definen como “metales pesados” aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g/cm^3 cuando están en forma elemental,

o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos) Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%.

Los metales pesados están estrechamente relacionados con el deterioro ambiental y la calidad de vida de los humanos, y por lo tanto han despertado preocupación en todo el mundo (Ho & El-Khaiary, 2009) porque pueden actuar como potentes tóxicos, son muy dañinos debido a su carácter no biodegradable, su larga vida media y por su potencial de acumulación en las diferentes partes del cuerpo. La mayoría de los metales pesados son extremadamente tóxicos debido a su solubilidad en agua, incluso las concentraciones bajas de metales pesados tienen efectos perjudiciales para el hombre y los animales debido a que no existe un buen mecanismo para su eliminación del cuerpo, pero por otra parte juegan un papel fundamental en las funciones fisiológicas de los seres vivos, de forma que se pueden calificar como esenciales, no esenciales y tóxicos (Arora *et* al, 2008; Cornelis *et al*, 1993).

Desde el punto de vista nutricional, Nelson, (1996) se refiere a que estos elementos también son llamados “metales trazas”, que se presentan a bajas concentraciones en organismos, aunque dicho término puede simplemente implicar la presencia de un requerimiento esencial de un determinado metal en un organismo. Mientras que Duffus (2002) define metales traza como metal encontrado en bajas concentraciones, en ppm o menos, en algunas fuentes específicas Ej. suelo, plantas, tejidos, etc.

Según Prasad, (2008) la definición generalmente aceptada de los elementos traza los describe como elementos que se producen en el organismo en cantidades muy pequeñas. Abarca tanto los elementos esenciales con relevancia fisiológica (Microelementos o micronutrientes), elementos que pueden llegar a ser tóxicos en altas concentraciones, y elementos que son completamente tóxicos.

En WHO (1996), el término “traza” ha sido aplicado a los elementos cuya concentración no excede los 250 µg por gramo de matriz, y es considerado esencial para un organismo cuando la disminución de su exposición bajo un cierto límite resulta consistentemente en una reducción de una función fisiológica importante, o cuando el elemento es una parte integral de una estructura orgánica que desempeña una función vital en ese organismo.

Otros autores como Villa *et* al, (1999) asocian la terminología de elementos traza cuando se les relaciona con su análisis ya que se trata de la detección de concentraciones en partes por millón (ppm) y ultratraza cuando su cuantificación se encuentra en parte por billón (ppb).

2.5 Indicadores de la Contaminación

Según Maurí *et al*, (2007) el índice de contaminación del medio ambiente se puede evaluar por medio de los niveles de algunos metales como el plomo, cadmio, hierro, cobre, zinc, etc. Algunos de ellos son metales esenciales que desempeñan un papel importante en el sistema biológico, mientras que otros como el cadmio o plomo son tóxicos incluso en trazas. Por otra parte, los metales esenciales pueden tener efectos tóxicos cuando el consumo de ese metal es excesivamente alto.

Aunque una fuente importante de exposición a los metales es la de carácter laboral, la gran difusión de estos elementos hace que la población general esté expuesta a través de diferentes fuentes como pueden ser el agua, el aire, el suelo y los diferentes grupos de alimentos, siendo la ingesta alimentaria la vía principal para la población general, por ende es muy importante evaluar los riesgos en la salud humana (Bargagli *et al*, 1997; Llobet *et al* ,2003). En Kabata- Pendias (2007) y Carbonell *et al*, (1995) se menciona que la cadena alimentaria es considerada la principal vía para la transferencia de elementos traza al humano, porque los alimentos llegan al

consumidor como producto final de una larga cadena de producción, preparación y procesado durante la cual pueden ser contaminados por elementos metálicos.

Las plantas son los organismos predominantes en la mayoría de los ecosistemas y tienen la capacidad natural para absorber metales tóxicos junto con nutrientes. El destino metabólico y el papel de cada elemento en las plantas puede ser caracterizado en relación a algunos procesos básicos así como: absorción, transporte dentro de la planta, concentración y especiación procesos metabólicos, deficiencia y toxicidad, y la competencia iónica e interacción. Sin embargo, con el fin de evitar la toxicidad, las plantas deben ser capaces de resistir los metales tóxicos y mantener la homeostasis (Parkash *et al*, 2003; Kabata- Pendias, 2007). Debido a esto, las plantas pueden ser utilizadas como bioindicadores de la contaminación del medio ambiente, puesto a que el análisis de estas proporciona información importante en diferentes campos como la agricultura, la toxicología y los estudios ambientales, ya que pueden acumular metales en o sobre sus tejidos, como por ejemplo la raíz que constituye el tejido de entrada principal de metales pesados en la planta (Navarro *et al*, 2007). El aumento de los niveles de Plomo en algunas plantas ha sido utilizado como un indicador muy bueno para la prospección geoquímica. Algunas especies de plantas revelan una gran capacidad de acumular Arsénico y a menudo son guías útiles para la prospección geoquímica de la mineralización del subsuelo. Este mecanismo de defensa está siendo aplicado para la extracción de metales de sitios contaminados, en un proceso llamado fitorremediación (Kabata- Pendias 2007; Spiro, 2004).

Las plantas superiores absorben los metales pesados del suelo en función de su concentración, disponibilidad biológica, la composición de los exudados de la raíz, la presencia de micorrizas, materia orgánica en el suelo, el pH, el potencial redox, la temperatura y la concentración de otros elementos (Pál *et al*, 2006), no pueden vivir ni desarrollarse solamente sobre la base de aire y

agua, sino que contienen y necesitan cierto número de elementos químicos que, por lo general, les son proporcionados a expensas de las sustancias minerales del suelo y a través del sistema radicular y hojas (Navarro &Navarro, 2003).

En SAG, (2005) indican que la absorción y posterior acumulación dependen de (1) el movimiento de los metales desde la solución suelo a la raíz de de la planta, (2) el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz, (3) el transporte de los metales desde las células corticales al xilema desde donde la solución con metales se transporta desde la raíz a los tallos, y (4) la posible movilización de los metales desde las hojas hacia tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos) por el floema. Después de la absorción por los vegetales los metales están disponibles para los herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimentaria.

Algunos vegetales acumulan el metal en la pared celular, evitando de esta forma su presencia en el interior celular. En otros casos, los metales pesados son absorbidos en cantidades muy pequeñas, aunque su concentración externa sea muy grande (Nuñez *et al*, 2008)

Autores como Arora *et al*, (2008) mencionan que la contaminación y la acumulación excesiva de metales pesados en suelos agrícolas y vegetales mediante el riego de aguas residuales no sólo puede resultar de la contaminación del suelo, sino que también afecta la calidad e inocuidad de los alimentos. Los metales pesados son fácilmente acumulados en las partes comestibles de las hojas de las hortalizas, en comparación con los cultivos de cereales o frutas, sin embargo, su capacidad de acumulación, igual que la de los suelos, es limitada, por lo que pueden ser consideradas como los intermedios a través de los cuales los elementos traza son transferidos desde sus fuentes primarias a otros organismos y al hombre (Pérez *et al*, 2004).

Existen plantas que pueden acumular niveles notables de metales desde 100 hasta 1000 veces más de lo normal (Cobbett, 2003), para lo cual han desarrollado mecanismos muy específicos para absorber, translocar, y almacenar estos nutrientes. Los elementos traza son normalmente distribuidos de forma desigual en las plantas, con altas concentraciones encontradas en las raíces y la bajas en las frutas y semillas. Aquellas plantas capaces de acumular altas concentraciones se llaman hiperacumuladoras no sólo acumulan altos niveles de micronutrientes esenciales, sino que también pueden absorber cantidades significativas de metales no esenciales, como por ejemplo el Cadmio.

En general, las leguminosas suelen ser bajas acumuladoras de elementos traza, por ejemplo los porotos acumulan bajas concentraciones de varios elementos, tales como Pb, Zn, Cd y Cu (Prasad, 2008; Lasat, 2000).

El arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) están muy dispersos en el medio ambiente y no tienen efectos beneficiosos en los seres humanos, por lo que la exposición en niveles relativamente bajos de estos metales pueden causar efectos adversos (Llobet *et al* ,2003).

El Cadmio es fácilmente absorbido por las plantas que crecen en suelos contaminados, por consiguiente, puede entrar en la cadena alimentaria humana y causar una enfermedad aguda y crónica (Zhu *et al*, 2007). Es uno de los metales pesados más fácil de absorber y más rápidamente translocado, lo que explica que ejerce una toxicidad tan fuerte incluso en concentraciones relativamente bajas. Puede causar muchos síntomas tóxicos en las plantas, tales como la inhibición del crecimiento y la fotosíntesis, la activación o la inhibición de enzimas, alteraciones del agua de la planta, las relaciones y el metabolismo de iones, y la formación de radicales libres (Pál *et al*, 2006). El mecanismo de acumulación de Cadmio no ha sido aclarado, es posible que la absorción de este metal en las raíces sea a través de un sistema que interviene en el transporte de

otro micronutriente esencial divalente, posiblemente Zn^{+2}. El cadmio es un análogo químico del zinc, y las plantas no pueden ser capaces de diferenciar entre los dos iones. El contenido de Cadmio en las plantas comestibles varía entre 5-400 µg/Kg, y es un poco más alto en las hojas y raíces que en las otras partes de la planta. (Lasat, 2000; Kabata- Pendias, 2007).

El plomo no es esencial para las plantas, y en cantidades excesivas puede causar inhibición en el crecimiento, así como reducción de la fotosíntesis, mitosis y absorción de agua. La inhibición de la fotosíntesis está atribuida al bloqueo de los grupos sulfhídricos de las proteínas y a los cambios en los niveles de fosfato en las células (Eisler, 2007). En estudios como el realizado por Corujo *et al*, (1993) se ha determinado que el plomo no es un tóxico sistémico en los alimentos de origen vegetal, ya que no se difunde por el sistema vascular de la planta y no contamina, o contamina poco, las partes aéreas consumibles. Las hojas o los frutos pueden en cambio sufrir una contaminación más o menos importante por deposición de plomo en las inmediaciones de industrias o autopistas, resultando un riesgo para hombres y animales el consumo de éstos vegetales contaminados.

Según Kabata-Pendias (2007), el Arsénico es el constituyente más común de la mayoría de las plantas, pero poco se sabe acerca de su función bioquímica. Al parecer las plantas toman el Arsénico pasivamente desde el flujo de agua. El contenido de arsénico en plantas y cultivos, generalmente, aumenta con el contenido del suelo, pero puede ser pequeña en comparación con las grandes cantidades existentes en algunos suelos contaminados. La fitotoxicidad de los residuos de arsénico está influenciada más por las formas químicas que presenten que por su cantidad (Carbonell *et al*, 1995).

Algunos elementos traza, particularmente el Cu, Fe, Mn, Mo y Zn, juegan un rol clave en el metabolismo de las plantas y son constituyentes de varias enzimas. Por ejemplo, el Manganeso,

en su estado reducido de Mn^{+2}, participa en la fotosíntesis y juega un rol básico en la cadena transportadora de electrones en la fotosíntesis. Los cultivos de plantas más sensibles a la toxicidad del Mn son los cereales, legumbres y papas.

El Cobre y el Zinc son metales esenciales para las plantas, son un constituyente "clave" de varias enzimas como la deshidrogenasa, proteinasa, peptidasa y fosfohidrolasa. Además juegan una función importante en los procesos fisiológicos como: fotosíntesis y respiración, metabolismo de carbohidratos y nitratos, permeabilidad del agua, reproducción, resistencia a enfermedades, entre otras.

2.6 Metales Esenciales a Analizar

2.6.1 Cobre (Cu)

Este elemento presenta tres estados de oxidación: Cu^{0}, Cu^{+1} y Cu^{+2}. En los sistemas biológicos, el cobre se encuentra predominantemente como Cu^{+2}. Es el tercer metal de transición más abundante en el cuerpo humano, luego del hierro y el zinc. En general, la mayor concentración de cobre se encuentra en el hígado, seguido del cerebro, pulmón, riñón y ovario. Su absorción ocurre en el estómago e intestino delgado (Olivares, 2005; Baran ,1995)

Los compuestos de cobre son ampliamente usados como biocidas, para el control de daños en algas y macrófitos, caracoles de agua dulce que pueden albergar esquistosomiasis y otras enfermedades, ectoparásitos de pescados y mamíferos, moho y otras enfermedades de los cultivos terrestres. También son usados en los fertilizantes agrícolas, en veterinaria y productos medicinales, en la industria de la comida, y así como en preservantes de madera y otros materiales (Eisler, 2007; IPCS, 2000).

En los seres humanos, la intoxicación aguda de cobre es rara y suele ser resultado de la contaminación de los productos alimenticios o bebidas por recipientes de cobre o de la ingesta accidental de sales de cobre. Los síntomas de intoxicación aguda incluyen salivación, náuseas, vómitos y diarrea, que son probablemente debido al efecto irritante del cobre en la mucosa gastrointestinal (Aras, 2006).

Los alimentos que son particularmente ricos en cobre incluyen ostras, crustáceos, carne e hígado de cordero, nueces, legumbres secas y cocoa (Eisler, 2007).

2.6.2 Manganeso (Mn)

El manganeso (Mn) es un elemento ubicuo en el medio ambiente y representa alrededor del 0,1% de la corteza terrestre (WHO, 2004). Es un elemento esencial y está involucrado en el metabolismo de hidratos de carbono y lípidos, como también en la función cerebral (INTA, 1988). Es activador y constituyente de varias enzimas (WHO, 1996), por ejemplo, forma parte de la superóxido dismutasa (SOD) mitocondrial, una enzima fundamental en el sistema de defensa antioxidante celular que cataliza la misma reacción que la enzima citosólica, concretamente la conversión del anión superóxido a peróxido de hidrógeno (Navarro *et al*, 2005).

Todos los compuestos de Mn son constituyentes muy importantes del suelo, ya que este metal es esencial en la nutrición de las plantas, siendo absorbido por la planta bajo la forma de Mn^{+2} (Navarro & Navarro, 2003). Participa en el control de la actividad microbiana de los suelos, es requerido en el fotosistema II, en la activación de algunas enzimas (arginasa y fosfotransferasa) y juega un rol básico en la cadena transportadora de electrones en la fotosíntesis (Kabata- Pendias, 2007; Mahler, 2003).

La concentración promedio de Mn en las plantas va de 20 a 200 ppm (Mahler, 2003) y las necesidades nutricionales de manganeso para las plantas terrestres son de unos 10-50 mg/kg de tejido (WHO, 2004).

2.6.3 Zinc (Zn)

Este mineral presenta dos estados de oxidación: Zn^0 y Zn^{+2}. Se encuentra en el aire, el suelo y agua y está presente en todos los alimentos. Es un elemento esencial en la nutrición humana, se encuentra en muchas enzimas importantes y esenciales para el metabolismo (Olivares *et al*, 2005; Eisler, 2007; Latham, 2002). Posee propiedades antioxidantes y es necesario para la replicación del ADN, la síntesis de proteínas, síntesis o degradación de carbohidratos, lípidos, la reducción del estrés oxidativo y también para la protección de tumores cerebrales, ayuda en el crecimiento y desarrollo normal del feto durante el embarazo y durante la adolescencia.

El Zinc es un mineral esencial para las plantas, animales y los seres humanos, las mayores concentraciones de este mineral se encuentran en los huesos, músculos, piel y otros tejidos corporales (SAG, 2005). Es poco tóxico, salvo cuando se ingieren cantidades elevadas, superiores a 150 mg/Kg, los órganos que más rápidamente lo acumulan son el páncreas, el hígado y riñón (SAG, 2005; Baran, 1995).

Los alimentos ricos en zinc incluyen carnes rojas, leche, gelatina, yema de huevo, mariscos, hígado, cereales integrales, lentejas, habas y arroz (Eisler, 2007), siendo las legumbre y cereales las principales fuentes de zinc para la mayoría de las personas (Nordberg, 2005).

2.6.4 Hierro (Fe)

El Hierro es esencial para la fisiología humana, debido a que está presente en todas las células del organismo y juega un rol fundamental en muchas reacciones bioquímicas. Es necesario para una

amplia variedad de funciones biológicas, siendo parte integral de muchas proteínas y enzimas implicadas en el transporte de oxígeno, regulación del crecimiento y diferenciación celular, así como también su participación en la síntesis de dopamina y DNA (Thavarajah *et al*, 2009; Muñoz & Molina, 2005; INTA, 1988). Además, este mineral indispensable en los procesos oxidativos del organismo (Wilson *et al*, 1964).

Las plantas son la principal fuente de hierro en la mayoría de las dietas, por lo que asegurar el consumo de vegetales con un adecuado nivel de hierro constituye una parte medular en las estrategias de mejoramiento del nivel nutricional de los humanos (Benavides, 2000). Entre las fuentes de alimentos ricos en hierro se incluyen a las legumbres variedades de frijoles, arvejas y otras leguminosas (Latham, 2002).

La deficiencia de hierro limita el suministro de oxígeno a las células, lo que lleva a la fatiga, disminución de la inmunidad y la muerte (Thavarajah *et al*, 2009). En dosis tóxicas en humanos, el Fe es absorbido casi completamente y logra entrar rápidamente en la circulación. Si la capacidad de transferrina para transportar Fe es excedida, queda Fe libre que es el responsable del daño al unirse a los tejidos de los cuales el hígado es el más afectado, donde se evidencia una necrosis hemorrágica del hepatocito (Paris, 2000).

2.6.5 Magnesio (Mg)

El magnesio juega un papel clave como ión esencial en muchas reacciones enzimáticas fundamentales del metabolismo intermediario, por ejemplo, parece desempeñar función importante en el metabolismo del calcio y del fósforo, así como también se requiere para la síntesis de proteínas, generación de energía anaeróbica y aeróbica y también para la glicólisis. Además, tiene un rol multifuncional en el metabolismo de las células (particularmente es clave en

la fosforilaciones) y tiene un rol crítico en la división celular. Se ha sugerido que el magnesio es necesario para la mantención de un adecuado suministro de nucleótidos para la síntesis de RNA y DNA. Además es un importante elemento en el metabolismo y acción de la vitamina D, y es esencial en la síntesis y secreción de la hormona paratiroidea (INTA, 1988; Wilson *et al*, 1964; UK FSA, 2003)

Una deficiencia de Mg puede alterar la homeostasis del calcio, siendo la hipocalcemia una manifestación común de una deficiencia severa de magnesio (UK FSA, 2003). Otras manifestaciones de la deficiencia de magnesio son la arritmia cardíaca, tensión muscular, calambres, aumento de la susceptibilidad al estrés, irritabilidad, parestesia y vértigo (Vormann, 2003).

2.6.6 Calcio (Ca)

El calcio es el elemento divalente más abundante en el organismo (1.200-1.500 g) (Pérez *et al,* 2005), es necesario para el funcionamiento correcto de numerosos procesos intracelulares y extracelulares, como la contracción muscular, la conducción nerviosa (Merck, 1999) a través de la liberación de neurotransmisores en las uniones sinápticas, la liberación de hormonas y la coagulación sanguínea, donde los iones de calcio inician la formación de un coágulo sanguíneo al estimular la liberación de tromboplastina por las plaquetas, y actúa como cofactor en la reacción de transformación de protrombina en trombina, lo que ayuda a la polimerización del fibrinógeno y a la formación de fibrina (Pérez *et al,* 2005). Es responsable, como componente de la hidroxiapatita, de la integridad estructural del tejido óseo (Farré & Frasquet, 1999), siendo por lo tanto necesario para la formación y estabilidad de los huesos y dientes (Vollmer *et al*, 1999). Además el ión Ca representa un papel singular en la señalización intracelular y está implicado en

la regulación de muchas enzimas. Por consiguiente, es esencial mantener la homeostasis del Ca (Merck, 1999).

Entre las fuentes dietéticas de calcio se encuentran la leche y los productos lácteos, que constituyen la fuente por excelencia de dicho mineral, seguidos de los pescados, las harinas integrales, los frutos secos y las legumbres (Pérez *et al,* 2005).

2.7 Metales No Esenciales a Analizar

2.7.1 Cadmio (Cd)

El cadmio es un contaminante ubicuo del medio ambiente de creciente preocupación en todo el mundo (Satarug & Moore, 2004) y no tiene ninguna función fisiológica en el organismo humano (Vilar *et al*, 2007).

Se acumula en el organismo, particularmente en el hígado y los riñones, y los efectos para la salud usualmente se desarrollan después de muchos años de exposición. En adición, se sospecha que el cadmio es un carcinógeno para los humanos (Yassi *et al*, 2002). La exposición al Cd causa anemia, hipertensión, daño hepático, renal y cardiovascular (Parkash *et al*, 2003). El secuestro del cadmio por parte de la proteína metalotioneina proporciona un sistema de protección frente a los efectos nocivos del metal, hasta que se supera la capacidad de acumulación de la misma. Debido a que las metalotioneinas se concentran en el hígado, éste es el primer órgano dañado por un exceso de cadmio (Spiro, 2004).

En su forma catiónica normal, como Cd (II), este elemento presenta fuertes analogías químicas con dos elementos esenciales, el Zn (II) y el Ca (II). Y, de alguna manera, estas analogías dan cuenta de sus principales efectos tóxicos. Una enfermedad crónica bien conocida y asociada a exposiciones prolongadas a excesos de cadmio es el mal conocido con el nombre de “itai-itai”

donde ocurre una paulatina incorporación de Cd (II) a los tejidos duros, la que finalmente genera una fragilidad y dolorosas deformaciones del material óseo (Baran, 1995; Spiro, 2004).

2.7.2 Plomo (Pb)

El plomo no es un elemento esencial para humanos, plantas y animales. Es tóxico para humanos, particularmente en los niños (SAG, 2005). Se encuentran en todas partes del medio ambiente, como por ejemplo en las plantas y animales de uso alimentario, en el aire, en el agua de la bebida, en los ríos, océanos y lagos, en el polvo, en el suelo, etc. (ATSDR, 2007).

Las altas concentraciones de plomo se han relacionado con problemas en la salud humana e incluyen disfunción en el sistema nervioso del feto y de los lactantes, y en adultos, disfunción reproductiva, alteraciones en el tracto gastrointestinal ("cólico saturnino"), nefropatías y la enfermedad de Alzheimer. También es bien conocido que el envenenamiento por plomo puede producir anemia, porque inhibe la actividad de las enzimas que participan en la síntesis del grupo hem (Rubio *et al*, 2005). Además puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y el aumento de la presión arterial y enfermedades cardiovasculares en los adultos (EC, 2001).

2.7.3 Arsénico (As)

El Arsénico es un elemento ubicuo ampliamente distribuido en la corteza de la tierra y presente en una concentración media de 2 mg/kg (WHO, 2001). Está clasificado como metaloide y pertenece al grupo V de la Tabla Periódica. En estado oxidado puede tener las valencias +3 [As (III)] y +5 [As (V)] (Albores *et al*, 1997). Se conoce que las especies As (III) y As (V) son fácilmente absorbidas y que se distribuyen en todo el organismo (Centrich, 1999).

Los compuestos de As han sido usados en agricultura como pesticidas, insecticidas, herbicidas o defoliantes durante muchos años (Kabata-Pendias, 2007). El arsénico se encuentra omnipresente en los alimentos, ya que cantidades mínimas del mismo se incorporan por contaminación (Carbonell *et al*, 1995).

En estudios efectuados en seres humanos y en estudios experimentales, se ha demostrado que el arsénico es mutagénico. Esto es particularmente importante puesto que se considera que las mutaciones son responsables de trastornos metabólicos, envejecimiento prematuro, muerte fetal, esterilidad, carcinogénesis, teratogénesis, etc. (Albert, 2001).

Los síntomas de una intoxicación aguda aparecen a los primeros 30 minutos después de la exposición y son: náuseas, intensos vómitos y abundante diarrea, dolor abdominal, hipotensión y deshidratación y la muerte después de 24 hrs de exposición. En cuanto a la intoxicación crónica aparecen calambres, anorexia, ictericia, hepatomegalia con alteraciones gastrointestinales, hiperpigmentación e hiperkeratosis, aumento del cáncer a la piel, pulmonar y vejiga (Paris, 2000).

2.7.4 Mercurio (Hg)

El mercurio se presenta en tres formas distintas: la metálica (Hg^0), las sales de mercurio inorgánicas (Hg^{2+}) y los compuestos alquilmercúricos (orgánicos) (Coultate, 1998). Es un elemento tóxico y no esencial para los humanos, animales y plantas. Su toxicidad depende del estado en que se encuentre: los compuestos inorgánicos de mercurio son menos peligrosos (ya que se excretan rápidamente por la orina) que los compuestos organomercúricos, siendo la forma más tóxica del mercurio el metilmercurio, el cual causa daño al sistema nervioso central (SAG, 2005; Orozco *et* al, 2003; Yassi *et al*, 2002).

El mercurio es un elemento que actualmente se considera ubicuo porque tiene múltiples fuentes tanto naturales como antropogénicas (Molina *et* al, 2010). Los compuestos de mercurio que se fabrican para fines agrícolas pasan al ambiente cuando se aplican en forma de funguicidas sobre semillas, raíces, bulbos e incluso sobre la planta misma (Albert, 2001).

La acumulación de mercurio en tejidos aumenta el riesgo de alteraciones al miocardio, incrementa el riesgo de muerte por enfermedades coronarias y acelera la progresión de aterosclerosis carótida, es mutagénico, teratogénico y carcinogénico y causa efectos histopatológicos y citoquímicos (Eisler, 2007). La elevada toxicidad del mercurio se debe a su gran reactividad con grupos –SH presentes en las proteínas del organismo; de este modo se fija a membranas e inactiva múltiples enzimas de los seres vivos (Flórez, 2008). Afecta al sistema nervioso central causando alucinaciones, delirios y tendencias suicidas. También tiene efectos gastrointestinales y respiratorios, como por ejemplo dolor en el pecho, tos, discapacidad pulmonar e inflamación intestinal (Wright, 2003).

2.8 Hipótesis de Trabajo.

La información anteriormente expuesta permite desarrollar la siguiente hipótesis: Las muestras de porotos (*Phaseolus vulgaris)*, lentejas (*Lens culinaris)* y arvejas (*Pisum sativum)* recolectadas en los supermercados de la ciudad de Valdivia, debieran presentar concentraciones aceptables de metales esenciales (Fe, Ca, Mg, Mn, Cu y Zn) en sus diferentes variedades comerciales, y a su vez estar exentas de metales no esenciales (Hg, Pb, As y Cd).

2.9 Objetivo General.

- Determinar el nivel de elementos esenciales (Cu, Mn, Zn, Fe, Ca y Mg) y no esenciales (Pb, Cd, As y Hg) en porotos, arvejas y lentejas de distinta marca, comercializadas en los supermercados de la ciudad de Valdivia.

2.10 Objetivos Específicos.

- Recolectar muestras de porotos, lentejas y arvejas de diferente procedencia y marca, comercializadas en los supermercados de la ciudad de Valdivia.
- Cuantificar niveles de concentración de los siguientes metales: Hg, Pb, Cd, Cu, Mn, Zn, Fe, Ca, Mg y As, en muestras de porotos, lentejas y arvejas.
- Comparar el contenido de dichos metales entre las diferentes marcas de legumbres (porotos, lentejas y arvejas) comercializadas en los supermercados de Valdivia.
- Obtener la información necesaria referente a la concentración de metales esenciales y no esenciales en las legumbres, que puedan representar un peligro para salud humana.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Muestreo

Para el análisis se recolectaron un total de 28 muestras de legumbres: 13 de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), 6 de Lentejas (*Lens culinaris*) y 9 de Arvejas (*Pisum sativum*), obtenidas de dos supermercados de la ciudad de Valdivia. La recolección se realizó entre Abril y Mayo del 2009 en base a las diferentes marcas existentes en el comercio y se detallan en las siguientes tablas:

a) Porotos (*Phaseolus vulgaris*):

Granos Secos	**Poroto Verde (Congelados)**	**Poroto Granado (Congelados)**
Coscorrón Selecta	Lider	Frutos del Maipo
Tórtola Lider	Sadia	
Tórtola Martini	Minuto Verde	
Hallado Lider		
Hallado Campo Lindo		
Hallado Lo Mejor del Campo		
Negro Lider		
Tórtola Frutos del Maipo (Congelados)		
Australiano *(Lupinus Angustifolius)*		

b) Lentejas (*Lens culinaris*):

Lider
Martini
Selecta
Banquete
Granada
Frutos del Maipo (Congeladas)

c) Arvejas (*Pisum sativum*):

Granos Secos	**Granos Frescos (Congelados)**
Martini (Verdes)	Frutos del Maipo
Martini (Amarillas)	Sadia
Oregón (Verdes)	La Crianza
Banquete (Verdes)	Lider
	Campo Lindo

3.2 Metodología del Tratamiento de las Muestras

Las muestras fueron sometidas al proceso de *Secado*, que consiste en pesar una determinada cantidad de las diferentes legumbres, las cuales serán colocadas por separadas en un vaso precipitado de 250 mL dentro de una Estufa Memmert, modelo UE 600 a 60º C., esta etapa dura aproximadamente 5 días, hasta que las muestras estén completamente secas. Luego de transcurrido ese tiempo se procedió a macerar las muestras con un mortero de porcelana hasta completa homogeneidad.

Para obtener los metales en solución, se lleva a cabo el proceso de digestión ácida que se realizó en un Horno Digestor de Microondas Milestone, modelo Start-D. Para este procedimiento primero se pesó en una balanza analítica alrededor de 0,50 g con una incerteza de 0,1 mg de cada muestra por triplicado. La digestión se realizó agregando 1 mL de perhidrol (H_2O_2) al 30% y 7 mL de ácido nítrico (HNO_3) concentrado todo esto para digerir la materia orgánica y liberar los metales de cada muestra a analizar.

Transcurrido dicho proceso, cada solución resultante de la digestión fue colocada en matraces aforados de 10 mL obteniendo finalmente un volumen total de 10 mL para cada muestra en solución.

3.3 Análisis de las Muestras

Todas las soluciones resultantes de la digestión, fueron analizadas en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica en su modalidad llama, Thermo, modelo S-Series, para la determinación de Pb, Cd, Cu, Mn, Zn, Mg, Fe y Ca y acoplado a un generador de hidruros, Thermo, modelo VP-100 para la determinación de As y "Cool Vapor AAS", para determinar Hg. La curva de calibración fue hecha por el propio instrumento en base a estándares de cada metal previamente preparados a partir de estándares de 1000 mg/L (Merck).

4. RESULTADOS

Las concentraciones de los elementos esenciales y no esenciales que se determinaron en las diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*) comercializadas en la ciudad de Valdivia se resumen en el ANEXO 2 (Resultados) desde la Tabla Nº1 hasta la Nº2. Como una forma de caracterizar las concentraciones de los metales esenciales y no esenciales en las diferentes muestras de legumbres, se presenta Tabla Nº 6, donde se entrega una estadística básica de la concentración de los metales estudiados. Además en las Tablas y Gráficos desde la Nº 3 hasta Nº5 se detallan los rangos de concentración y promedios de los metales traza esenciales analizados.

4.1 Metales traza esenciales analizados

Se encontró la presencia de metales traza esenciales tanto en las diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*) comercializadas en la ciudad de Valdivia, así como en los diferentes estado de cosecha (en el caso de los porotos) y sus diferentes tipos de grano (arvejas).

- **Cobre (Cu)**

Los rangos correspondientes de este metal traza esencial en las diferentes legumbres son los siguientes:

Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus diferentes marcas y estado de cosecha:

- Granos Secos: 5,07 – 10,8 mg/kg peso seco
- Poroto Verde: 10,0 – 14,1 mg/kg peso seco

- Poroto Granado: 7,46 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 8,96 mg/kg peso seco

Lentejas (*Lens culinaris*) en sus diferentes marcas:

- 7,13 – 10,0 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 8,48 mg/kg peso seco.

Arvejas (*Pisum sativum*) en sus diferentes marcas y tipos de granos:

- Granos Secos: 5,87 – 7,51 mg/kg peso seco
- Granos Frescos: 6,97 – 11,0 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 7,92 mg/kg peso seco.

- **Manganeso (Mn)**

Los rangos correspondientes de este metal traza esencial en las diferentes legumbres son los siguientes:

Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus diferentes marcas y estado de cosecha:

- Granos Secos: 11,4 – 212 mg/kg peso seco
- Poroto Verde: 17,4 – 23,8 mg/kg peso seco
- Poroto Granado: 12,6 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 30,6 mg/kg peso seco.

Lentejas (*Lens culinaris*) en sus diferentes marcas:

- 11,1 – 15,6 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 13,4 mg/kg peso seco.

Arvejas (*Pisum sativum*) en sus diferentes marcas y tipos de granos:

- Granos Secos: 8,79 – 10,1 mg/kg peso seco

- Granos Frescos: 12,5 – 22,5 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 13,5 mg/kg peso seco.

- **Zinc (Zn)**

Los rangos correspondientes de este metal traza esencial en las diferentes legumbres son los siguientes:

Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus diferentes marcas y estado de cosecha:

- Granos Secos: 29,1 – 60,4 mg/kg peso seco
- Poroto Verde: 51,0 – 61,5 mg/kg peso seco
- Poroto Granado: 26,6 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 42,4 mg/kg peso seco.

Lentejas (*Lens culinaris*) en sus diferentes marcas:

- 34,0 – 60,7 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 50,2 mg/kg peso seco.

Arvejas (*Pisum sativum*) en sus diferentes marcas y tipos de granos:

- Granos Secos: 36,6 – 71,7 mg/kg peso seco
- Granos Frescos: 40,6 – 55,6 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 47,3 mg/kg peso seco.

- **Hierro (Fe)**

Los rangos correspondientes de este metal traza esencial en las diferentes legumbres son los siguientes:

Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus diferentes marcas y estado de cosecha:

- Granos Secos: (0,56– 1,82) x 10^2 mg/kg peso seco
- Poroto Verde: (4,51 – 6,36) x 10^2 mg/kg peso seco
- Poroto Granado: 0,96 x 10^2 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 1,95 x 10^2 mg/kg peso seco.

Lentejas (*Lens culinaris*) en sus diferentes marcas:

- (0,64 – 2,07) x 10^2 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 1,20 x 10^2 mg/kg peso seco.

Arvejas (*Pisum sativum*) en sus diferentes marcas y tipos de granos:

- Granos Secos: (0,48 – 9,14) x 10^2 mg/kg peso seco
- Granos Frescos: (2,48 – 62,3) x10^2 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 9,49 x 10^2 mg/kg peso seco.

- **Magnesio (Mg)**

Los rangos correspondientes de este metal traza esencial en las diferentes legumbres son los siguientes:

Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus diferentes marcas y estado de cosecha:

- Granos Secos: (1,47 – 2,40)x10^3 mg/kg peso seco
- Poroto Verde: (3,81 – 4,32)x10^3 mg/kg peso seco
- Poroto Granado: 1,80 x10^3 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 2,38 x 10^3 mg/kg peso seco.

Lentejas (*Lens culinaris*) en sus diferentes marcas:

- (1,00 – 1,68) x10^3 mg/kg peso seco

- Concentración promedio del metal traza: 1,03 x 10^3 mg/kg peso seco.

Arvejas (*Pisum sativum*) en sus diferentes marcas y tipos de granos:

- Granos Secos: (1,10 – 1,31)x10^3 mg/kg peso seco
- Granos Frescos: (1,44 – 1,62)x10^3 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 1,45 x 10^3 mg/kg peso seco.

- **Calcio (Ca)**

Los rangos correspondientes de este metal traza esencial en las diferentes legumbres son los siguientes:

Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus diferentes marcas y estado de cosecha:

- Granos Secos: (1,50 – 3,86)x10^3 mg/kg peso seco
- Poroto Verde: (9,14 – 10,5)x10^3 mg/kg peso seco
- Poroto Granado: 4,96 x10^3 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 4,46 x 10^3 mg/kg peso seco.

Lentejas (*Lens culinaris*) en sus diferentes marcas:

- (0,62 – 1,55) x10^3 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 1,33 x 10^3 mg/kg peso seco.

Arvejas (*Pisum sativum*) en sus diferentes marcas y tipos de granos:

- Granos Secos: 305 – 504 mg/kg peso seco
- Granos Frescos: (1,29 – 3,46)x10^3 mg/kg peso seco
- Concentración promedio del metal traza: 1,39 x 10^3 mg/kg peso seco.

4.2 Metales traza no Esenciales Analizados

- **Cadmio (Cd)**

El análisis para este metal en las diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*) comercializadas en la ciudad de Valdivia, así como en los diferentes estado de cosecha (en el caso de los porotos) y sus diferentes tipos de grano (arvejas) presentó valores inferiores al límite de cuantificación del equipo, es decir, menor a 0,11 mg/kg.

- **Plomo (Pb)**

La única muestra que presentó este metal fue la de grano fresco de Arveja (*Pisum sativum*) de la marca Lider obteniendo un valor de 1,05 mg/kg peso seco, mientras que en las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) se obtuvieron valores inferiores al límite de cuantificación del equipo, es decir, menor a 0,96 mg/kg.

- **Arsénico (As)**

En el caso las muestras de Lentejas (*Lens culinaris*), se obtuvieron valores inferiores al límite de cuantificación del equipo, es decir, menor a 0,03 mg/kg. En cambio, si se encontró la presencia de este metal en las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus estado de cosecha de poroto verde y una muestra de grano seco, con un rango de concentración de 0,05 – 0,51 mg/kg peso seco y en las muestras de granos frescos de Arveja (*Pisum sativum*) con un rango de concentración de 0,10 – 0,35 mg/kg peso seco.

- **Mercurio (Hg)**

El análisis para este metal en las diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*) comercializadas en la ciudad de Valdivia, así como en los diferentes estado de cosecha (en el caso de los porotos) y sus diferentes tipos de grano (arvejas) presentó valores inferiores al límite de cuantificación del equipo, es decir, menor a 0,06 mg/kg.

5. DISCUSIÓN

Son pocos los estudios que existen referentes al contenido de metales traza esenciales y no esenciales en legumbres, por lo tanto los resultados de este estudio son difíciles de comparar con otros trabajos. Sin embargo este estudio puede dar pie para futuras investigaciones y análisis respecto a este tema.

Cabe destacar que en este estudio se dividió los metales traza esenciales en minoritarios (encontrados en bajas concentraciones) y mayoritarios (encontrados en altas concentraciones) en las diferentes muestras de legumbres comercializadas en la ciudad de Valdivia.

- **Porotos (Phaseolus vulgaris)**

En las diferentes marcas de los estados de cosecha (grano seco, poroto verde y poroto granado) de porotos se encontró en este estudio lo siguiente:

Con respecto a los metales traza esenciales minoritarios (Cobre, Manganeso, Zinc e Hierro):

Para el Cobre las concentraciones fluctuaron entre 5,07 y 14,1 mg/kg peso seco, en granos secos la concentración más alta se alcanzó en la marca "Tórtola Martini" con un valor de 10,8 mg/kg peso seco, mientras que la marca "Australiano *(Lupinus Angustifolius)*" presentó la concentración más baja con un valor de 5,07 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº1). En porotos verdes (congelado), la marca "Lider" con un valor de 14,1 mg/kg peso seco presentó la concentración más alta y la marca que mostró la concentración más baja fue la "Minuto Verde" con un valor de 10 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº3). Para el poroto granado (congelado) solo se analizó la marca "Frutos del Maipo" cuya concentración de cobre fue de 7,46 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº5).

Para el Manganeso los valores fluctuaron entre 11,4 y 212 mg/kg peso seco, en granos secos se obtuvo la concentración más alta en la marca "Australiano *(Lupinus Angustifolius)*" con un valor de 212 mg/kg peso seco y la marca "Hallado Campo Lindo" cuyo valor fue de 11, 4 mg/kg peso seco presentó la concentración más baja (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº1). Mientras que en porotos verdes (congelado) la concentración más alta fue de 23,8 mg/kg peso seco en la marca "Sadia" y la concentración más baja se presentó en la marca "Lider" con un valor de 17,4 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº3). En el poroto granado (congelado) el valor para manganeso en la marca "Frutos del Maipo" fue de 12,6 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº5).

Para el Zinc las concentraciones fluctuaron entre 26,6 y 61,5 mg/kg peso seco, en granos secos la marca "Tórtola Frutos del Maipo" presentó la concentración más alta con un valor de 61,5 mg/kg peso seco, mientras que la marca que presentó la concentración más baja fue "Hallado Campo Lindo" con un valor de 29,1 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº1). En porotos verdes (congelado) presentó el valor más alto en la marca "Lider" con una concentración de 61,5 mg/kg peso seco y su menor concentración fue en la marca "Sadia" con un valor de 51,0 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº3). Por otro lado el poroto granado (congelado) de la marca "Frutos del Maipo" presentó un valor de 26, 6 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº5).

Para el Hierro las concentraciones fluctuaron entre 55,7 y 636 mg/kg peso seco, en granos secos la mayor concentración se obtuvo en la marca "Tórtola Frutos del Maipo" con un valor de 182 mg/kg peso seco y la menor concentración la presentó la marca "Australiano *(Lupinus Angustifolius)*" con un valor de 55,7 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº1). En

porotos verdes (congelado) la marca “Sadia” presentó la mayor concentración con un valor de 636 mg/kg peso seco, mientras que la marca “Minuto Verde” presentó el valor más bajo con una concentración de 451 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº3). El poroto granado (congelado) “Frutos del Maipo” presentó un valor de 96 mg/kg peso seco para Hierro (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº5).

Con respecto a los metales traza esenciales mayoritarios (Magnesio y Calcio):

Para el Magnesio los valores fluctuaron entre (1,48 – 4,32) x 10^3 mg/kg peso seco, en granos secos la concentración más alta la presentó la marca “Hallado Lo Mejor del Campo” con un valor de 2,4 x 10^3 mg/kg peso seco y la marca “Australiano *(Lupinus Angustifolius)*” presentó la concentración más baja con un valor de 1,48 x 10^3 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº2). Por otro lado los porotos verdes (congelado) en su marca “Lider” presentó la concentración más alta, con un valor de 4,32 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la marca “Minuto Verde” presentó la concentración más baja con un valor de 3,81 x 10^3 mg/ kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº4). En el poroto granado (congelado) “Frutos del Maipo” la concentración para el magnesio fue de 1,80 x 10^3 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº6).

Para el Calcio las concentraciones fluctuaron entre (1,50 – 10,5) x 10^3 mg/kg peso seco, en granos secos la mayor concentración se obtuvo en la marca “Coscorrón Selecta” con un valor de 3,86 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la menor concentración la presentó la marca “Hallado Lider” con un valor de 1,50 x 10^3 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº2). El poroto verde (congelado) marca “Minuto Verde” presentó la mayor concentración con un valor de 10,5 x 10^3 mg/kg peso seco y la menor concentración se obtuvo en la marca “Sadia” con una valor de 9,14 x 10^3 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº4). Por otro lado la concentración del

poroto granado (congelado) “Frutos del Maipo” fue de 4,96 x 10^3 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº6).

En cuanto a los metales traza no esenciales:

Para el Cadmio, Plomo y Mercurio, los resultados obtenidos en los estados de cosecha grano seco, poroto verde (congelados) y poroto granado (congelados) se encuentran bajo el límite de cuantificación del equipo (menor a 0,11 mg/kg, 0,96 mg/kg y 0,06 mg/kg respectivamente). (ANEXO 3, Tabla Nº 13; Tabla y Gráficos Nº14; Tabla15 respectivamente).

Para el Arsénico las concentraciones fluctuaron entre 0 y 0,51 mg/kg peso seco, en granos secos la presencia de arsénico se obtuvo sólo en la marca “Hallado Lider” con un valor de 0,05 mg/kg peso seco, las otras marcas presentaron valores inferiores al límite de cuantificación del equipo (menor a 0,03 mg/kg) (ANEXO 3, Tabla Nº 13), mientras que en el poroto verde (congelado) la mayor concentración se obtuvo en la marca “Sadia” con una valor de 0,51 mg/kg peso seco, mientras que la marca “Lider” y “Minuto Verde” presentaron una concentración de 0,11 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº14). En el poroto granado (congelado) marca “Frutos del Maipo” presentó valores inferiores al límite de cuantificación del equipo (menor a 0,03 mg/kg) (ANEXO 3, Tabla Nº 15).

Al comparar la concentración de los metales esenciales minoritarios en los diferentes estados de cosecha (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 19) se obtiene lo siguiente:

Para el Cobre, la concentración promedio fue de 9,14 mg/kg peso seco, el poroto verde (congelado) fue el que presentó la mayor concentración con un valor de 11,5 mg/kg peso seco y

la menor concentración se obtuvo en el poroto granado (congelado) con un valor de 7,46 mg/kg peso seco.

Para el Manganeso, la concentración promedio fue de 23,7 mg/kg peso seco la mayor concentración se presentó en el grano seco con un valor de 38,6 mg/kg peso seco y en el poroto granado (congelado) se obtuvo la menor concentración con un valor de 12,6 mg/kg peso seco.

Para el Zinc, la concentración promedio fue de 40,8 mg/kg peso seco la concentración más alta se obtuvo en el poroto verde con un valor de 56,2 mg/kg peso seco y la concentración más baja se presentó en el poroto granado (congelado) con un valor de 26,6 mg/kg peso seco.

Para el Hierro, la concentración promedio fue de 242 mg/kg peso seco el poroto verde (congelado) presentó la concentración más alta con un valor de 536 mg/kg peso seco, mientras que el poroto granado presenta la concentración más baja con un valor de 96 mg/kg peso seco.

Al comparar la concentración de los metales traza esenciales mayoritarios en los diferentes estados de cosecha (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 20) se obtiene lo siguiente:

Para el Magnesio, la concentración promedio fue de 2,58 x 10^3 mg/kg peso seco, la concentración más alta se obtuvo en el poroto verde (congelado) con un valor promedio de 4,07 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la menor concentración se presentó en el poroto granado (congelado) con un valor promedio de 1,80 x 10^3 mg/kg peso seco.

Para el Calcio, la concentración promedio fue de 5,77 x 10^3 mg/kg peso seco, el poroto verde (congelado) fue el que presentó la concentración más alta con un valor de 9,67 x 10^3 mg/kg peso seco y el grano seco presentó la concentración más baja con un valor de 2,67 x 10^3 mg/kg peso seco.

En la Tabla de composición de los Alimentos del autor Senser, F., (1999), los valores de metales esenciales para porotos secos y verdes son: Cu: 8 mg/kg y 1,4 mg/kg; Mn:20 mg/kg y 3,8 mg/kg; Zn: 28 mg/kg y 1,8 mg/kg; Fe: 60 mg/kg y 8,3 mg/kg; Mg: 1,3 $x10^3$ mg/kg y 0,25 $x10^3$ mg/kg y Ca: 1,05 $x10^3$ mg/kg y 0,55 $x10^3$ mg/kg respectivamente. Por lo tanto, las muestras de porotos analizadas en este estudio presentaron niveles aceptables, puesto que no se obtuvieron valores inferiores a lo estipulado por Senser, F. (1999).

En el ANEXO 3, Tabla Nº21 se puede apreciar la comparación de los resultados obtenidos en este estudio para el Arsénico en los diferentes estado de cosecha donde el poroto granado y granos secos presentaron valores inferiores al límite de cuantificación del equipo (menor a 0,03 mg/kg), mientras que en todas las muestras de poroto verde (congelado) se encontró Arsénico con un valor promedio de 0,25 mg/kg peso seco.

En el Anexo 3 Tabla y Gráfico Nº 33 y 34 se detalla la comparación de metales traza esenciales minoritarios y mayoritarios en muestras de porotos (*Phaseolus vulgaris*) con otros estudios realizados en diferentes países:

El cobre en un estudio realizado al Noroeste de Argentina por Sammán *et al* (1999) presentó una concentración de 12,2 mg/kg peso seco en la variedad poroto negro y comparado con el valor obtenido en este estudio ("Negro Lider" 8,65 mg/kg peso seco) sería mucho mayor. En otro estudio realizado en España por Cabrera *et al* (2003) en muestras de porotos el valor obtenido fue de 3,00 mg/kg peso seco, valor mucho menor que el obtenido en el presente estudio (8,96 mg/kg peso seco).

En el caso del Manganeso un estudio realizado en Tailandia por Parengam *et al* (2010) en muestras de poroto negro presentó un valor de 15,1 mg/kg peso seco y en el presente estudio la

concentración para la muestra de poroto negro (marca “Líder”) fue de 16,8 mg/kg peso seco. Por lo tanto la concentración de manganeso fue similar en ambos estudios.

Al comparar los resultados para el Zinc en la variedad poroto negro, en Sammán *et al* (1999) presentó una concentración de 35,2 mg/kg peso seco. En otro estudio realizado por Parengam *et al* (2010) el valor fue de 40,4 mg/kg peso seco. Ambas concentraciones son similares a las detectadas en la muestra de poroto negro (marca “Lider”) en el presente estudio cuya concentración fue de 34,5 mg/kg peso seco. Al comparar la concentración de este elemento en muestras de porotos, en Quinteros *et al* (2002) fue de 35,1 mg/kg peso seco. En España, Sebastiá *et al* (2001) presentó una concentración de 36,9 mg/kg peso seco; en Sauquillo *et al* (2003) el valor fue de 23,7 mg/kg peso seco y en Cabrera *et al* (2003) la concentración fue de 46,9 mg/kg peso seco. Los resultados obtenidos en el presente estudio en las muestras de porotos con un valor promedio de 42,4 mg/kg peso seco son superiores a los estudios realizados por Quinteros *et al* (2002), Sebastiá *et al* (2001) y Sauquillo *et al* (2003), mientras el resultado obtenido por Cabrera *et al* (2003) es levemente mayor al presente estudio.

El Hierro en un estudio realizado en la variedad poroto negro por Sammán *et al* (1999) presentó una concentración de 159 mg/kg peso seco; en Parengam *et al* (2010) el valor fue de 47,9 mg/kg peso seco. Los resultados obtenidos en el presente estudio en la muestra de poroto negro (marca “Lider”) fue de 96,8 mg/kg peso seco, siendo inferior al estudio de Sammán *et al* (1999) y superior al estudio realizado por Parengam *et al* (2010). En Quinteros *et al* (2002) la concentración de este elemento en muestras de porotos fue de 74,8 mg/kg peso seco; Sebastiá *et al* (2001) presentó una concentración de hierro de 75,1 mg/kg peso seco; Sauquillo *et al* (2003) el valor fue de 38,5 mg/kg peso seco y en Cabrera *et al* (2003) la concentración de hierro fue de

64,4 mg/kg peso seco. Los resultados obtenidos en el presente estudio con un valor promedio de 195 mg/kg peso seco en muestras de porotos son superiores a todos los estudios anteriormente mencionados.

El Magnesio, en el estudio de Parengam *et al* (2010) realizado en muestras de porotos negros, presentó una concentración de 1,29 x 10^3 mg/kg peso seco y en el presente estudio el valor obtenido para porotos negros (marca "Lider") fue de 2,00 x 10^3 mg/kg peso seco, por lo que la concentración de este elemento sería levemente superior al resultado obtenido por Parengam *et al* (2010). Por otro lado, en el estudio realizado por Quinteros *et al* (2002) en muestras de porotos, la concentración de este elemento fue de 1,57 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que en el presente estudio la concentración promedio de dicho elemento en las muestras de porotos fue muy superior al estudio realizado por Quinteros *et al* (2002) con un valor de 2,38 x 10^3mg/kg peso seco.

El Calcio en el estudio realizado por Parengam *et al* (2010) en las muestras de poroto negro presentó una concentración de 0,52 x 10^3 mg/kg peso seco. En el presente estudio, la concentración de porotos negros (marca "Lider") fue 2,81 x 10^3 mg/kg peso seco, valor muy superior al obtenido por Parengam *et al* (2010). En Quinteros *et al* (2002) la concentración de Calcio en muestras de porotos fue de 1,03 x 10^3 mg/kg peso seco; en Sebastiá *et al* (2001) la concentración fue de 1,46 x 10^3 mg/kg peso seco y en Sauquillo *et al* (2003) la concentración promedio de Calcio en las muestras de porotos fue de 0,33 x 10^3 mg/kg peso seco. Los resultados obtenidos en el presente estudio son muy superiores a los estudios mencionados anteriormente con una concentración promedio de 4,46 x 10^3 mg/kg peso seco.

- **Lentejas (*Lens culinaris*)**

Con respecto a los metales traza esenciales minoritarios (Cobre, Manganeso, Zinc e Hierro), en las diferentes marcas de lentejas se encontró en este estudio lo siguiente (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº7):

El Cobre presentó su mayor concentración en la marca "Lider" con un valor de 10,0 mg/kg peso seco, mientras que la marca "Martini" presentó la concentración más baja de este elemento con un valor de 7,13 mg/kg peso seco.

El Manganeso en la marca "Banquete" presentó la concentración más alta con un valor de 15,6 mg/kg peso seco y la menor concentración la obtuvo la marca "Martini" con un valor de 11,1 mg/kg peso seco.

El Zinc presentó su concentración más alta en la marca "Banquete", con un valor de 63,7 mg/kg peso seco, mientras que la concentración más baja se encontró en la marca "Martini", con un valor de 34,0 mg/kg peso seco.

El Hierro, en la marca que presentó la mayor concentración fue en la "Lider", con un valor de 207 mg/kg peso seco y la menor concentración se encontró en la marca "Granada" con un valor de 64,0 mg/kg peso seco.

Con respecto a los metales traza esenciales mayoritarios (Magnesio y Calcio), en las diferentes marcas de lentejas se encontró en este estudio lo siguiente (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº8):

El Magnesio presentó la mayor concentración en la marca “Lider”, con un valor de 1,68 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la marca “Martini” obtuvo la menor concentración, con un valor de 1,00 x 10^3 mg/kg peso seco.

El Calcio presentó la concentración más alta en la marca “Frutos del Maipo” (congelados) con un valor de 1,55 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la marca que presentó la concentración más baja fue la “Martini” con un valor de 0,62 x 10^3 mg/kg peso seco.

En la Tabla de composición de los Alimentos del autor Senser, F., (1999), los valores de metales esenciales para lentejas son: Cu: 6,6 mg/kg; Zn: 43,0 mg/kg; Fe: 70 mg/kg; Mg: 1,02 x10^3 mg/kg y Ca: 0,75 x10^3 mg/kg. En la Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos de los autores Schmidt-Hebbel, H. *et al* (1992) los valores son los siguientes: Cu: 7,77 mg/kg: Mn: 12,4 mg/kg; Zn: 35,2 mg/kg y Mg: 1,12 x 10^3 mg/kg. Por lo tanto, las muestras de lentejas analizadas en este estudio presentaron niveles aceptables, puesto que no se obtuvieron valores inferiores a lo estipulado por Senser, F. (1999) y Schmidt-Hebbel, H. *et al* (1992).

En cuanto a los metales traza no esenciales (ANEXO 3, Tabla Nº16):

Para el Cadmio, Plomo y Mercurio y Arsénico los resultados obtenidos en las diferentes marcas de lentejas se encuentran bajo el límite de cuantificación del equipo (menor a 0,11 mg/kg, 0,96 mg/kg, 0,06 mg/kg y 0,03 mg/kg respectivamente).

En el Anexo 3 Tabla y Gráfico Nº 35 se detalla la comparación de metales traza esenciales minoritarios y mayoritarios en muestras de Lentejas (*Lens culinaris*) con otros estudios realizados en diferentes países:

El Cobre en Cabrera *et al* (2003) presentó una concentración de 2,5 mg/kg peso seco; en un estudio realizado en Pakistan por Iqbal *et al.* (2006) la concentración de este elemento fue de 99 mg/kg peso seco. En el presente estudio el valor obtenido fue de 8,48 mg/kg peso seco y al comparar este resultado con los otros estudios este valor fue inferior al obtenido por Iqbal *et al.* (2006) y superior al estudio realizado por Cabrera *et al* (2003).

El Manganeso en el estudio realizado Iqbal *et al.* (2006) presentó un valor de 16 mg/kg peso seco, levemente superior al obtenido en el presente estudio cuya concentración fue de 13,4 mg/kg peso seco.

En el caso del Zinc, en Quinteros *et al* (2002) presentó una concentración de 36,5 mg/kg peso seco. En un estudio realizado en Egipto por El-Sweify *et al.* (2007), el valor obtenido fue de 30,7 mg/kg peso seco; en Iqbal *et al.* (2006) fue de 44,0 mg/kg peso seco; en Sebastiá *et al* (2001), la concentración fue de 33,6 mg/kg peso seco; Sauquillo *et al* (2003) obtuvo un valor de 22,6 mg/kg peso seco y Cabrera *et al* (2003) presentó un valor de 56,5 mg/kg peso seco. En el presente estudio se obtuvo una concentración de 50,2 mg/kg peso seco, resultado muy superior a los obtenidos por Quinteros *et al* (2002), El-Sweify *et al.* (2007), Iqbal *et al.* (2006) y Sebastiá *et al* (2001), mientras que el resultado obtenido por Cabrera *et al* (2003) es levemente superior al obtenido en este estudio.

Para el Hierro, en Quinteros *et al* (2002) la concentración fue de 86,0 mg/kg peso seco; en El-Sweify *et al.* (2007) alcanzó un valor de 71,5 mg/kg peso seco; en Iqbal *et al.* (2006), el valor fue de 31,0 mg/kg peso seco; en Sebastiá *et al* (2001), la concentración fue de 73,6 mg/kg peso seco; Sauquillo *et al* (2003) obtuvo un valor de 12,7 mg/kg peso seco y Cabrera *et al* (2003) presentó un valor de 71,0 mg/kg peso seco. En el presente estudio se obtuvo una concentración de 120

mg/kg peso seco, resultado muy superior a los obtenidos en todos los estudios mencionados anteriormente.

En el caso del Magnesio, en Quinteros *et al* (2002) el resultado obtenido fue de 1,03 x 10^3 mg/kg peso seco y en Iqbal *et al.* (2006) fue de 0,05 x 10^3 mg/kg peso seco. En el presente estudio la concentración para este elemento fue de 1,33 x 10^3 mg/kg peso seco, resultado muy superior a los obtenidos en los estudios de Quinteros *et al* (2002) y Iqbal *et al.* (2006).

El Calcio en Quinteros *et al* (2002) alcanzó un valor de 0,58 x 10^3 mg/kg peso seco; en Iqbal *et al.* (2006) el valor fue de 1,20 x 10^3 mg/kg peso seco; en Sebastiá *et al* (2001), la concentración fue de 0,72 x 10^3 mg/kg peso seco y Sauquillo *et al* (2003) obtuvo un valor de 0,15 x 10^3 mg/kg peso seco. Al comparar estos resultados con el presente estudio, cuya concentración fue de 1,03 x 10^3 mg/kg peso seco, es superior a los obtenidos por Quinteros *et al* (2002), Sebastiá *et al* (2001) y Sauquillo *et al* (2003), mientras que el resultado obtenido por Iqbal *et al.* (2006) es levemente superior a este estudio.

- **Arvejas (*Pisum sativum*)**

Con respecto a los metales traza esenciales minoritarios, en las diferentes marcas de los tipos de granos (secos y frescos (congelados)) de arvejas se encontró en este estudio lo siguiente:

- Granos Secos (Cobre, Manganeso, Zinc e Hierro) (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº9):

Para el Cobre, los valores fluctuaron entre 5,87 y 11,0 mg/kg peso seco en los diferentes tipos de granos de arvejas, en granos secos la concentración más alta la presentó la marca “Martini” (amarillas) con un valor de 7,51 mg/kg peso seco y la marca “Martini” (verdes) presentó la concentración más baja con un valor de 5,87 mg/kg peso seco.

Para el Manganeso, los valores fluctuaron entre 8,79 y 22,5 mg/kg peso seco en los diferentes tipos de granos de arvejas, en granos secos, la marca “Banquete” (verde) presentó la concentración más alta con un valor de 10,1 mg/kg peso seco y la marca “Martini” (amarillas) presentó la concentración más baja con un valor de 8,79 mg/kg peso seco.

Para el Zinc, los valores fluctuaron entre 36,6 y 71,7 mg/kg peso seco en los diferentes tipos de granos de arvejas, en granos secos, la concentración más alta con un valor de 71,7 mg/kg peso seco, la obtuvo la marca “Banquete” (verde), mientras tanto la marca “Martini” (verdes) presentó la concentración más baja con un valor de 36,6 mg/kg peso seco.

Para el Hierro, las concentraciones fluctuaron entre (0,48 – 62,6) $x10^2$ mg/kg peso seco en los diferentes tipos de granos de arvejas, en granos secos, la marca “Martini” (verdes) obtuvo la concentración más alta con un valor de 0,91 $x10^2$ mg/kg peso seco y la marca “Martini” (amarillas) con un valor de 0,48 $x10^2$ mg/Kg peso seco, presentó la concentración más baja.

- Granos Frescos (Cobre, Manganeso y Zinc) (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 11):

El Cobre, presentó la concentración más alta en la marca “La Crianza” (congelados) con un valor de 11,0 mg/kg peso seco y la marca “Sadia” (congelados) presentó la concentración más baja con un valor de 6,97 mg/kg peso seco.

El Manganeso, en la marca “La Crianza” (congelados) presentó la concentración más alta, con un valor de 22,5 mg/kg peso seco y la marca “Campo Lindo” (congelados) presentó la concentración más baja con un valor de 12,5 mg/kg peso seco.

El Zinc, obtuvo la concentración más alta con un valor de 55,6 mg/kg peso seco en la marca "Sadia" (congelados), mientras tanto la marca "Campo Lindo" (congelados) presentó la concentración más baja con un valor de 40,6 mg/kg peso seco.

Con respecto a los metales traza esenciales mayoritarios, en las diferentes marcas de los tipos de granos (secos y frescos (congelados)) de arvejas se encontró en este estudio lo siguiente:

- Granos Secos (Magnesio y Calcio) (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº10):

Para el Magnesio, los valores fluctuaron entre (1,10 - 1,62) $x10^3$ mg/kg peso seco, la concentración más alta la presentó la marca "Martini" (amarillas) con un valor de 1,31 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la marca "Martini" (verdes) presentó la concentración más baja con un valor de 1,10 x 10^3 mg/kg peso seco.

Para el Calcio, los valores fluctuaron entre (0,31 – 3,46) $x10^3$ mg/kg peso seco, en la marca "Banquete" (verdes) se encontró la concentración más alta con un valor de 0,50 x 10^3 mg/kg peso seco y la marca "Oregón" (verdes) presentó la concentración más baja con un valor de 0,31 x 10^3 mg/kg peso seco.

- Granos Frescos (Hierro, Magnesio y Calcio) (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 12):

El Hierro, en la marca "Lider" (congelados) presentó la concentración más alta con un valor de 6,26 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la marca "La Crianza" (congelados) con un valor de 0,28 x 10^3 mg/kg peso seco presentó la concentración más baja.

El Magnesio, obtuvo la concentración más alta en la marca “La Crianza” (congelados), con un valor de 1,62 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la marca “Campo Lindo” (congelados) presentó la concentración más baja, con un valor de 1,44 x 10^3 mg/kg peso seco.

El Calcio, en la marca “Frutos del Maipo” se encontró la concentración más alta, con un valor de 3,46 x 10^3 mg/kg peso seco y la marca “Lider” (congelados) presentó la concentración más baja con un valor de 1,29 x 10^3 mg/kg peso seco.

En cuanto a los metales traza no esenciales:

Para el Cadmio, Plomo, Mercurio y Arsénico los resultados obtenidos en las diferentes marcas de granos secos de arvejas, se encuentran bajo el límite de cuantificación del equipo (menor a 0,11 mg/kg, 0,96 mg/kg, 0,06 mg/kg y 0,03 mg/kg respectivamente). (ANEXO 3, Tabla Nº 17)

En cambio en los granos frescos de arvejas, el Plomo, sólo se presentó en la marca “Lider” (congelados) con un valor de 1,05 mg/kg peso seco, mientras que las otras marcas presentaron valores inferiores al límite de cuantificación del equipo (menor a 0,96 mg/kg). Además se encontró la presencia de Arsénico en todas las marcas de granos frescos de arvejas (congelados), la concentración más alta se obtuvo en la marca “Frutos del Maipo” (congelados) cuyo valor fue de 0,35 mg/kg peso seco, mientras que la marca “Campo Lindo” presentó la concentración más baja, con un valor de 0,10 mg/kg peso seco. (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 18)

Al comparar la concentración de los metales traza esenciales minoritarios en los diferentes tipos de grano (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 23) se obtiene lo siguiente:

Para el Cobre, la concentración promedio fue de 7,80 mg/kg peso seco, el grano fresco (congelado) fue el que presentó la mayor concentración con un valor de 8,94 mg/kg peso seco y la menor concentración se obtuvo en el grano seco con un valor de 6,65 mg/kg peso seco.

Para el Manganeso, la concentración promedio fue de 13,0 mg/kg peso seco la mayor concentración se presentó en el grano fresco (congelado), con un valor de 16,7 mg/kg peso seco y en el grano seco se obtuvo la menor concentración con un valor de 9,25 mg/kg peso seco.

Para el Zinc, la concentración promedio fue de 47,2 mg/kg peso seco la concentración más alta se obtuvo en el grano fresco (congelado) con un valor de 48,5 mg/kg peso seco y la concentración más baja se presentó en el grano seco con un valor de 45,8 mg/kg peso seco.

Al comparar la concentración de los metales traza esenciales mayoritarios en los diferentes tipos de grano (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 24) se obtiene lo siguiente:

Para el Hierro, la concentración promedio fue de 0,86 x 10^3 mg/kg peso seco, el grano fresco (congelado) presentó la concentración más alta con un valor de 1,65 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que el grano seco presenta la concentración más baja con un valor de 0,07 x 10^3 mg/kg peso seco.

Para el Magnesio, la concentración promedio fue de 1,37 x 10^3 mg/kg peso seco, la concentración más alta se obtuvo en el grano fresco (congelado) con un valor de 1,55 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que la menor concentración se presentó en el grano seco con un valor de 1,19 x 10^3 mg/kg peso seco.

Para el Calcio, la concentración promedio fue de 1,25 x 10^3 mg/kg peso seco, el grano fresco (congelado) fue el que presentó la concentración más alta con un valor de 2,08 x 10^3 mg/kg peso

seco y el grano seco presentó la concentración más baja con un valor de 0,42 x 10^3 mg/kg peso seco.

En la Tabla de composición de los Alimentos del autor Senser, F., (1999), los valores de metales traza esenciales para granos secos y frescos de arvejas son: Cu: 3,0 mg/kg y 7,4 mg/kg; Mn:13,0 mg/kg y 6,6 mg/kg; Zn: 38 mg/kg y 10,3 mg/kg; Fe: 50 mg/kg y 18,4 mg/kg; Mg: 1,15 x10^3 mg/kg y 0,35 x10^3 mg/kg y Ca: 0,50 x10^3 mg/kg y 0,25 x10^3 mg/kg, respectivamente. Por lo tanto, las muestras de arvejas analizadas en este estudio presentaron niveles aceptables, puesto que no se obtuvieron valores inferiores a lo estipulado por Senser, F. (1999).

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 22 se puede apreciar la comparación de los resultados obtenidos en este estudio para el Arsénico en los diferentes tipos de grano, en el grano seco presentó valores inferiores al límite de cuantificación del equipo (menor a 0,03 mg/kg) y en el grano fresco (congelado) presentó un valor promedio de 0,23 mg/kg peso seco.

En el ANEXO 3 Tabla y Gráfico Nº 36 se detalla la comparación de metales traza esenciales minoritarios y mayoritarios en muestras de granos frescos de Arvejas (*Pisum sativum*) con otros estudios realizados en diferentes países:

El Cobre en un estudio realizado en Dinamarca por Gundersen *et* al (2000) presentó una concentración de 1,39 mg/kg peso seco. En Iqbal *et al.* (2006) la concentración fue de 100 mg/kg peso seco y en Cabrera *et al* (2003) presentó una concentración de 1,70 mg/kg peso seco. En el presente estudio el valor promedio obtenido fue de 8,94 mg/kg peso seco. Al comparar este resultado con los otros estudios este valor fue inferior al obtenido por Iqbal *et al.* (2006) y superior al estudio realizado por Gundersen *et* al (2000) y Cabrera *et al* (2003).

El Manganeso en Gundersen *et* al (2000) la concentración fue de 2,21 mg/kg peso seco y en Iqbal *et al.* (2006) presentó un valor de 22,0 mg/kg peso seco. En el presente estudio se obtuvo una concentración promedio fue de 16,7 mg/kg peso seco, al compararlo con los otros estudios este valor es superior al obtenido por Gundersen *et* al (2000) e inferior al trabajo realizado por Iqbal *et al.* (2006).

En el caso del Zinc, en Gundersen *et* al (2000) presentó una concentración de 7,93 mg/kg peso seco; en Iqbal *et al.* (2006) fue de 32,0 mg/kg peso seco y Cabrera *et al* (2003) presentó un valor de 38,9 mg/kg peso seco. En el presente estudio se obtuvo una concentración promedio de 48,5 mg/kg peso seco, resultado muy superior a los obtenidos en todos los estudios mencionados anteriormente.

Para el Hierro, en Gundersen *et* al (2000) la concentración fue de 10,2 mg/kg peso seco; en Iqbal *et al.* (2006), el valor fue de 23,0 mg/kg peso seco y Cabrera *et al* (2003) presentó un valor de 1,70 mg/kg peso seco. En el presente estudio se obtuvo una concentración promedio de 1,65 x 10^3 mg/kg peso seco, resultado muy superior a los obtenidos en todos los estudios mencionados anteriormente.

En el caso del Magnesio, la concentración alcanzada en Iqbal *et al.* (2006) fue de 42,0 mg/kg peso seco. En el presente estudio la concentración promedio para este elemento fue de 1,55 x 10^3 mg/kg peso seco, resultado muy superior a los obtenidos en los estudios de Iqbal *et al.* (2006).

El Calcio en Gundersen *et* al (2000) alcanzó un valor de 0,23 x 10^3 mg/kg peso seco y en Iqbal *et al.* (2006) el valor fue de 1,10 x 10^3 mg/kg peso seco. Al comparar estos resultados con el presente estudio, cuya concentración promedio fue de 2,08 x 10^3 mg/kg peso seco, es muy superior a los obtenidos por Gundersen *et* al (2000) e Iqbal *et al.* (2006).

- **Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*)**

A continuación se comparan las concentraciones promedio de los metales traza esenciales minoritarios determinados en las tres legumbres estudiadas (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 25):

Para el Cobre la concentración promedio en los Porotos (*Phaseolus vulgaris*) fue 8,96 mg/kg peso seco, en las Lentejas (*Lens culinaris*) fue de 8,48 mg/kg peso seco, y para las Arvejas (*Pisum sativum*) 7,92 mg/kg peso seco, las concentraciones son similares en las tres legumbres.

Para el Manganeso la concentración promedio en los Porotos (*Phaseolus vulgaris*) fue 30,6 mg/kg peso seco, en las Lentejas (*Lens culinaris*) fue de 13,4 mg/kg peso seco, y para las Arvejas (*Pisum sativum*) 13,5 mg/kg peso seco, las concentraciones son similares en las arvejas y lentejas, mientras que en los porotos, existe una mayor concentración.

Para el Zinc la concentración promedio en los Porotos (*Phaseolus vulgaris*) fue 42,4 mg/kg peso seco, en las Lentejas (*Lens culinaris*) fue de 50,2 mg/kg peso seco, y para las Arvejas (*Pisum sativum*) 47,3 mg/kg peso seco, las concentraciones son similares en las tres legumbres.

A continuación se comparan las concentraciones promedio de los metales traza esenciales mayoritarios determinados en las tres legumbres estudiadas (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 26):

Para el Hierro la concentración promedio en los Porotos (*Phaseolus vulgaris*) fue 200 mg/kg peso seco, en las Lentejas (*Lens culinaris*) fue de 120 mg/kg peso seco, y para las Arvejas (*Pisum sativum* 950 mg/kg peso seco. Las concentraciones son similares en los porotos y lentejas, pero existe una mayor concentración en las arvejas.

Para el Magnesio la concentración promedio en los Porotos (*Phaseolus vulgaris*) fue 2,38 x 10^3 mg/kg peso seco, en las Lentejas (*Lens culinaris*) fue de 1,33 x 10^3 mg/kg peso seco, y para las Arvejas (*Pisum sativum*) 1,39 x 10^3 mg/kg peso seco. Las concentraciones son similares en las lentejas y arvejas, mientras que existe una mayor concentración en los porotos.

Para el Calcio la concentración promedio en los Porotos (*Phaseolus vulgaris*) fue 4,46 x 10^3 mg/kg peso seco, en las Lentejas (*Lens culinaris*) fue de 1,03 x 10^3 mg/kg peso seco, y para las Arvejas (*Pisum sativum*) 1,45 x 10^3 mg/kg peso seco. Las concentraciones son similares en las lentejas y arvejas, mientras que existe concentración muy superior en los porotos.

A continuación se comparan las concentraciones promedio de los metales traza no esenciales determinados en las tres legumbres estudiadas:

Para el Cadmio y Mercurio la concentración promedio en las tres legumbres se encuentra bajo el límite de cuantificación del equipo (menor a 0,11 mg/kg y 0,06 mg/kg, respectivamente). El Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, 2010), establece en cereales y legumbres como límites máximos para el Mercurio 0,05 mg/kg y el Codex Alimentarius Commission (2007) establece para el Cadmio un límite máximo de 0,1 mg/kg.

Para el Plomo la concentración promedio en los Porotos (*Phaseolus vulgaris*) y Lentejas (*Lens culinaris*) se encuentra bajo el límite de cuantificación del equipo (menor a 0,96 mg/kg), mientras que en las Arvejas (*Pisum sativum*) se detectó la presencia en una sola muestra de grano fresco de la marca Lider con una concentración de 1,05 mg/kg peso seco. El Reglamento Sanitario de los Alimentos en Chile (RSA, 2010), establece en cereales y legumbres como límites máximos para el Plomo 0,50 mg/kg, mientras que el Codex Alimentarius Commission (2007) establece como límite máximo 0,2 mg/kg, valor superado por la muestra de arveja.

Para el Arsénico la concentración promedio en los Porotos (*Phaseolus vulgaris*) fue de 0,20 mg/Kg peso seco y en las Arvejas (*Pisum sativum*) fue de 0,23 mg/Kg peso seco, obteniéndose concentraciones muy similares entre estas dos legumbres (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 27). Mientras que la concentración promedio de las Lentejas (*Lens culinaris*), se encuentra bajo el límite de cuantificación del equipo (menor a 0,03 mg/kg). El Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, 2010), establece en cereales y legumbres como límites máximos para el Arsénico 0,50 mg/kg, valor que no es superado en ninguna muestra de las legumbres estudiadas.

- **Comparación de metales traza esenciales y no esenciales en las diferentes marcas de granos secos y congelados de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*).**

En cuanto a los metales traza esenciales minoritarios determinados en las diferentes marcas de granos secos de las tres legumbres estudiadas (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 28):

Para el Cobre la concentración promedio fue de 7,60 mg/kg peso seco, obteniéndose la mayor concentración en la marca Lider con un valor de 8,81 mg/kg peso seco, mientras que la marca Australiano con un valor de 5,07 mg/kg peso seco presentó la concentración más baja.

Para el Manganeso la concentración promedio fue de 34,7 mg/kg peso seco, la mayor concentración se encuentra en la marca Australiano con un valor de 212 mg/kg peso seco, mientras que la marca Oregón con un valor de 9,78 mg/kg peso seco presentó la concentración más baja.

Para el Zinc la concentración promedio fue de 41,8 mg/kg peso seco, siendo mayor en la marca Banquete con un valor de 67,7 mg/kg peso seco, mientras que la marca Campo Lindo con un valor de 29,1 mg/kg peso seco presentó la concentración más baja.

Para el Hierro la concentración promedio fue de 80,7 mg/kg peso seco, la mayor concentración se encuentra en la marca Lider con un valor de 115 mg/kg peso seco, mientras que la concentración más baja se presenta en la marca Australiano con un valor de 55,7 mg/kg peso seco.

En cuanto a los metales traza esenciales mayoritarios determinados en las diferentes marcas de granos secos de las tres legumbres estudiadas (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 29):

Para el Magnesio la concentración promedio fue de $1,60 \times 10^3$ mg/kg peso seco, la mayor concentración se encuentra en la marca Lo Mejor del Campo con un valor de $2,40 \times 10^3$ mg/kg peso seco, mientras que la concentración más baja se presenta en la marca Granada con un valor de $1,07 \times 10^3$ mg/kg peso seco.

Para el Calcio la concentración promedio fue de $1,66 \times 10^3$ mg/kg peso seco, la mayor concentración se encuentra en la marca Lo Mejor del Campo con un valor de $3,39 \times 10^3$ mg/kg peso seco, mientras que la concentración más baja se presenta en la marca Oregón con un valor de $0,31 \times 10^3$ mg/kg peso seco.

En cuanto a los metales traza esenciales minoritarios determinados en las diferentes marcas de congelados de las tres legumbres estudiadas (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 30):

Para el Cobre la concentración promedio fue de 9,69 mg/kg peso seco, existe una mayor concentración en la marca La Crianza de 11,0 mg/kg peso seco, mientras que en la marca Sadia presentó la menor concentración con un valor de 8,74 mg/kg peso seco.

Para el Manganeso la concentración promedio fue de 17,4 mg/kg peso seco, existe una mayor concentración en la marca La Crianza de 22,5 mg/kg peso seco, mientras una menor concentración en la marca Campo Lindo con un valor de 12,5 mg/kg peso seco.

Para el Zinc la concentración promedio fue de 49,7 mg/kg peso seco, existe una mayor concentración en la marca Minuto Verde de 56,2 mg/kg peso seco, mientras una menor concentración en la marca Campo Lindo con un valor de 40,6 mg/kg peso seco.

En cuanto a los metales traza esenciales mayoritarios determinados en las diferentes marcas de congelados de las tres legumbres estudiadas (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 31):

Para el Hierro la concentración promedio fue de 0,89 x 10^3 mg/kg peso seco, existe una mayor concentración en la marca Lider de 3,39 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que en la marca La Crianza presentó la menor concentración con un valor de 0,25 x 10^3 mg/kg peso seco.

Para el Magnesio la concentración promedio fue de 2,36 x 10^3 mg/kg peso seco, existe una mayor concentración en la marca Minuto Verde de 3,81 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras que en la marca Campo Lindo presentó la menor concentración con un valor de 1,44 x 10^3 mg/kg peso seco.

Para el Calcio la concentración promedio fue de 4,86 x 10^3 mg/kg peso seco, existe una mayor concentración en la marca Minuto Verde de 10,5 x 10^3 mg/kg peso seco, mientras una menor concentración en la marca Campo Lindo con un valor de 1,83 x 10^3 mg/kg peso seco.

A continuación se comparan la concentración promedio de Arsénico determinado en las diferentes marcas de congelados de las tres legumbres estudiadas (ANEXO 3, Tabla y Gráfico Nº 32):

El Arsénico presentó una concentración promedio de 0,21 mg/kg peso seco, obteniendo la mayor concentración en la marca La Crianza con un valor de 0,33 mg/kg peso seco, mientras que la marca Campo Lindo presentó la concentración más baja que fue de 0,10 mg/kg peso seco.

6. CONCLUSIÓN

Después de analizar una serie de antecedentes bibliográficos y con los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir lo siguiente:

- **Porotos (*Phaseolus vulgaris*):**

En general, no existe gran diferencia en la concentración de los metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn y Fe) en las diferentes marcas de los estados de cosecha de porotos, a excepción del Manganeso, que presentó una alta concentración en la muestra de grano seco de la marca "Australiano *(Lupinus Angustifolius)*" y el Hierro que mayormente se presentó en las muestras de poroto verde, principalmente en la marca "Sadia".

En cuanto a los metales traza esenciales mayoritarios (Mg y Ca) se obtuvieron concentraciones mucho más alta en las diferentes marcas del estado de cosecha poroto verde, sobre todo para el Calcio en la marca "Minuto Verde".

De acuerdo a las concentraciones promedio obtenidas en las diferentes marcas de porotos se puede establecer el siguiente orden para los metales traza esenciales:

$$Ca > Mg > Fe > Zn > Mn > Cu$$

El Cobre, Hierro, Magnesio y Calcio presentaron valores muy superiores en este estudio, en comparación con los realizados en España, pero el Zinc se presentó en mayor concentración en el estudio realizado en España, específicamente por Cabrera *et al* 2003. En relación a las Tablas de Composición de los Alimentos, los porotos analizados presentaron valores aceptables, debido a que están sobre lo estipulado.

Con respecto a los metales traza no esenciales las concentraciones de Cadmio, Plomo y Mercurio fueron menores al límite de cuantificación del equipo, mientras que se obtuvieron concentraciones detectables para el Arsénico en las muestras de poroto verde en sus diferentes marcas (“Sadia”, “Lider” y “Minuto Verde”), siendo mayor en la marca “Sadia”, y en una muestra de grano seco de la marca “Hallado Lider”.

En relación a los límites máximos para metales pesados establecidos en el Reglamento Sanitario de los Alimentos en Chile, ninguno de los metales no esenciales estudiados supera la norma establecida.

Las mayores concentraciones de metales traza esenciales, tanto minoritarios como mayoritarios se obtuvieron en el estado de cosecha poroto verde y las concentraciones más bajas en el estado de cosecha poroto granado.

- **Lentejas (*Lens culinaris*)**

En cuanto a los metales traza esenciales minoritarios como el Cobre, Manganeso y Zinc, se presentaron en altas concentraciones en la marca “Banquete”, mientras que el Hierro se encontró mayormente en la marca “Lider”.

El Magnesio es el elemento que se encuentra en mayor concentración en las lentejas, presentándose principalmente en la marca “Lider”.

El Calcio se encuentra también en altas concentraciones sobretodo en la marca “Frutos del Maipo”.

La marca “Martini” presentó las concentraciones más bajas de todos los metales esenciales estudiados.

De acuerdo a las concentraciones promedio obtenidas en las diferentes marcas de lentejas, se puede establecer el siguiente orden para los metales traza esenciales:

$$Mg > Ca > Fe > Zn > Mn > Cu$$

El Cobre, Manganeso y Calcio presentó valores muy superiores en el estudio realizado en Pakistán con respecto a los obtenidos en el presente estudio, mientras que el Hierro y Magnesio se presentaron en mayor concentración en el presente estudio. En relación a las Tablas de Composición de los Alimentos, las lentejas analizadas presentaron valores aceptables, debido a que están sobre lo estipulado.

Con respecto a los metales traza no esenciales las concentraciones de Cadmio, Plomo, Mercurio y Arsénico fueron menores al límite de cuantificación del equipo, por lo tanto no superaron los límites máximos exigidos para legumbres en el Reglamento Sanitario de los Alimentos en Chile.

- **Arvejas (*Pisum sativum*)**

Los metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn y Fe) no mostraron grandes diferencias en las marcas de granos secos de arvejas, a excepción del Hierro que fue el metal que se presentó en mayor cantidad, particularmente en la marca “Martini” (verdes).

En cuanto a las diferentes marcas de granos frescos de arvejas, el Zinc fue el que se presentó en mayor cantidad, principalmente en la marca “Sadia”.

Dentro de los metales traza esenciales mayoritarios (Mg y Ca) en el caso de los granos frescos, el Magnesio es el que presentó la mayor concentración especialmente en la marca “Martini” (amarillas), mientras que el Calcio se presentó en concentraciones más bajas.

Los granos frescos de arvejas presentaron como elemento mayoritario el Hierro fundamentalmente en la marca “Lider”.

De acuerdo a las concentraciones promedio obtenidas en las diferentes marcas de arvejas, se puede establecer el siguiente orden para los metales traza esenciales:

$$Ca > Mg > Fe > Zn > Mn > Cu$$

Los resultados obtenidos en este estudio para el Zinc, Hierro, Magnesio y Calcio son superiores a los realizados en España, Dinamarca y Pakistán, mientras que para el Cobre y Manganeso el estudio realizado en Pakistán presentó los valores más altos. En relación a las Tablas de Composición de los Alimentos, las arvejas analizadas presentaron valores aceptables, debido a que están sobre lo estipulado.

En cuanto a los metales traza no esenciales, las concentraciones del Cadmio y Mercurio fueron menores al límite de cuantificación del equipo, mientras que se obtuvieron concentraciones medibles para el Plomo en las muestras de grano fresco, específicamente en la marca “Lider”, y para el Arsénico en las diferentes marcas de granos frescos (“Frutos del Maipo”, “Sadia”, “La Crianza”, “Lider” y “Campo Lindo”) obteniéndose la mayor concentración en la marca Frutos del Maipo.

En relación a los límites máximos para metales pesados establecidos en el Reglamento Sanitario de los Alimentos en Chile y en el Codex Alimentarius Commission , el único metal no esencial

estudiado que supera la norma establecida es el Plomo, obteniéndose una concentración un poco más del doble de lo permitido.

Los granos frescos fueron las muestras de arvejas que presentaron la mayor cantidad de metales traza esenciales, destacándose principalmente la marca “La Crianza”, al igual que de metales no esenciales.

- **Comparación entre Porotos, Lentejas y Arvejas**

Con respecto a los metales traza esenciales minoritarios, el Cobre y Manganeso se obtuvo mayormente en las muestras de porotos, mientras que el Zinc se presentó en mayor concentración en las muestras de lentejas.

En cuanto a los metales traza mayoritarios, el Hierro se presentó mayormente en las muestras de Arvejas, mientras que el Magnesio y el Calcio se encontraron en grandes concentraciones en las muestras de Porotos.

De las tres legumbres analizadas, la que presentó la mayor concentración de metales traza esenciales fueron los porotos, destacándose principalmente el Calcio, donde las concentraciones promedio obtenidas eran cuatro veces mayores a las cuantificadas en las otras legumbres. Por el contrario, las arvejas fueron las legumbres que presentaron las concentraciones más bajas de todos los metales esenciales cuantificados.

De todos los metales esenciales cuantificados en las tres legumbres se presentaron en mayor concentración el Magnesio y Calcio, mientras que el Cobre y Manganeso se encontraron en concentraciones mucho menores.

Referente a los metales traza no esenciales, de las tres legumbres estudiadas específicamente una muestra de grano fresco de arvejas presentó una alta concentración de Plomo, por otro lado, también se encontró una mayor concentración de Arsénico en las arvejas en comparación con los porotos.

De las tres legumbres analizadas, las lentejas se destacan por no presentar concentraciones detectables de los metales traza no esenciales (Cd, Pb, Hg y As) cuantificados en este estudio.

- **Comparación entre las diferentes marcas de granos secos y congelados de Porotos, Lentejas y Arvejas.**

En granos secos, el Cobre y el Hierro se presentaron mayormente en la marca "Lider", mientras que el Manganeso se encontró en mayor cantidad en la marca "Australiano" y la marca "Banquete" mostró una mayor concentración de Zinc. Con Respecto al Calcio y el Magnesio se cuantificaron en mayor cantidad en la marca "Lo Mejor del Campo".

En cuanto a las marcas de congelados, "La Crianza" se destacó por presentar la mayor concentración de Cobre y Manganeso y la marca "Lider" por presentar la mayor cantidad de Hierro. Por otro lado, la marca "Minuto Verde" se distinguió por mostrar altas concentraciones de Zinc, Magnesio y Calcio.

La marca "La Crianza" fue la que presentó la mayor concentración de Arsénico, mientras que la marca "Campo Lindo" presentó la concentración más baja de este metaloide.

Por último, se puede concluir con lo ya discutido anteriormente, que la concentración de metales traza esenciales en las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas *(Lens culinaris)* y Arvejas (*Pisum sativum*) presentaron niveles aceptables en relación a los escasos datos existentes

en la bibliografía para estos elementos. Además hay que tener en cuenta la presencia de metales traza no esenciales como el Arsénico en las muestras de porotos y arvejas, pero particularmente de Plomo en el caso de una muestra de grano fresco de arveja de la marca Lider, la que presentó una concentración muy superior a lo permitido en el Reglamento Sanitario de los Alimentos en Chile pudiendo presentar un peligro para la salud humana. Por lo tanto, hay que considerar la posibilidad de realizar nuevos estudios de investigación que puedan determinar algún potencial impacto de la exposición de metales no esenciales en la salud humana, utilizando como base de datos este estudio.

Por lo anteriormente señalado, la hipótesis se acepta parcialmente.

7. LITERATURA CITADA

-**Águila, H. (1987).** Agricultura General y Especial, Editorial Universitaria, Chile. 334pp.

-**Albert, L. (2001).** Curso Básico de Toxicología Ambiental. 2da Ed. Limusa, S. A. de C. V., México, D.F. 311 pp.

-**Albores, A., Quintanilla, B., Razo del, L. & Cebrián, M. (1997).** Arsénico. En: Albert, L. Introducción a la Toxicología Ambiental. América ECO. Metepec 247-261pp.

-**Aras, N. & Yavuz, A. (2006)** Trace Element Analysis of Food and Diet. RSC Publishing, Cambridge UK. 344pp.

-**Arora, M., Kiran, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B. & Mittal, N. (2008).** Heavy Metal Accumulation in Vegetables Irrigated with Water from Different Sources. *Food Chemistry 111(4): 811-815.*

-**ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). (2005).** Toxicological Profile for Zinc. U.S. Departament of Health and Human Service. Atlanta.

-**ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2007).**Toxicological Profile for Lead. U.S. Departament of health and Human Service. Atlanta.

-**Aykroyd, W.R. (1982)** Las leguminosas en la Nutrición Humana. Estudio FAO: Alimentación y Nutrición 136p.

-**Baran, J. (1995).** Química Bioinórganica. Mc. Graw-Hill/ Interamericana, Madrid. 321pp.

-Bargagli, R., Cateni, D., Nelli, L., Olmastroni, S. & Zagarese, B. (1997) Environmental Impact of Trace Element Emissions from Geothermal Power Plants. *Arch Environ Contam Toxicol 33 (2):172-181.*

-Benavides, A. (2000). Absorción y Asimilación de Hierro en las Plantas. *Ciencia UANL 3(1):50-57.*

-Broughton, W., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P. & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) – Model Food Legumes. *Plant and Soil 252(1): 55-128.*

-Cabrera, C, Lloris, F., Giménez, R., Olalla, M. & López, MC. (2003). Mineral Content in Legumes and Nuts: Contribution to the Spanish Dietary Intake. *The Science of the Total Environment 308 (1-3): 1-1*

-Carbonell, A., Burló, M. & Mataix, J. (1995). Arsénico en el Sistema Suelo – Planta. Significado Ambiental. Universidad de Alicante, España. 139pp.

-Centrich, M. (1999). Adulteraciones Alimentarias. Contaminación de Alimentos. En: Hernández, M. & Sastre, A. (Eds.). Tratado de Nutrición. Diaz de santos. S.A. 475-489 pp.

-Cobbett, C. (2003) Heavy Metals and Plants - Model Systems and Hyperaccumulators. *New Phytologist 159(2): 289-293.*

-Codex Alimentarius Commission (2007). Codex General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed, CODEX STAN 193-1995. 44p.

-Cornelis, R., Borguet, F., De Kimpe, J. (1993). Trace elements in medicine: Speciation: The New Frontier. *Analytica Chimica Acta. 283(1): 183-189.*

-Corujo, J., González, A., Jiménez, D. & Regand, A. (1993) Determinación de la Absorción de Plomo en Vegetales Frescos. *Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle 1(1): 1-116.*

-Coultate T.P. (1998). Manual de Química y Bioquímica de los alimentos 2ª Edición Editorial Acribia S.A. Zaragoza España 366p.

-Cubero, J.I. & Moreno, M.T. (1983) Leguminosas de grano Ediciones Mundi Prensa Madrid 359pp.

-Duffus, J. (2002). "Heavy Metals"- A Meaningless Term? *Pure Appl. Chem. 74(5): 793-807.*

-Duke, J. A. (1981) Handbook of Legumes of World Economic Importance Plenum Press New York and London United States of America. 345 pp.

-EC, European Communities. (2001). Commission Regulation (EC) No 466/2001 Setting Maximum Levels For Certain Contaminants In Foodstuffs. 13pp.

-Eisler, R. (2007). Eislers`s Encyclopedia of Environmentally Hazardous Priority Chemicals. Elservier Science Ltd, 986pp.

-El-Sweify, F. H., Metwally, E. & Abdel-Khalik, H. (2007). Simultaneous Multi-element Analysis of Some Edible Pulses Using Neutron Activation Analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 273(2): 491–496.*

-FAO/OMS (2001). Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias: Comisión del Codex Alimentarius ALINORM 01/12: Informe de la 32ª Reunión del Comité Coodinador del

Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos, Beijing, República Popular de China.

-Farré, R. & Frasquet, I. (1999). Calcio, Fósforo y Magnesio. En: Hernández, M. & Sastre, A. (Eds.). Tratado de Nutrición. Diaz de santos. S.A. 217-228pp.

-Fifield, F.W. & Kealey, D. (2000). Principles and Practice of Analytical Chemistry. 5ª. Ed. Wiley-Blackwell, Malden, Mass. 562pp.

-Flórez, J. (2008). Farmacología Humana, 5ª ed. Elsevier Masson, España, 1521 pp.

-Giaconi, V. (1988). Cultivos de Hortalizas. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. 309 p.

-Gil, F., Hernández, A. & Pla, A. (2005). Toxicología de los Alimentos. En: Gil, A. (Ed.) Tratado de Nutrición: Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición. España. Acción médica. Tomo II.

-Gómez, A. (1983). Los Granos de Leguminosa como Componentes Proteicos para la Alimentación Animal. En: Cubero, J.I. & Moreno, M.T.(Eds). Leguminosas de grano Leguminosas de grano. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 249-262 pp.

-Gundersen, V., Bechmann, I. E., Behrens, A., & Sturup, S. (2000). Comparative investigation of concentrations of major and trace elements in organic and conventional Danish agricultural crops, onions (*Allium cepa*) and peas (*Pisum sativum Ping Pong*). *J. Agric. Food Chem. 48(12): 6094–6102*

-Ho, Yuh-Shan & El-Khaiary, M. (2009). Metal Research Trends in the Environmental Field. En: Wang, L., Chen, J., Hung, Y. & Shammas, N. (Eds.). Heavy Metals in the Environment. Taylor & Francis. 489pp.

-INIA Instituto de Investigación Agropecuaria. (1968). Investigación Agropecuaria. Santiago, Chile, 446pp.

-INTA. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. (1988). Conocimientos Actuales de Nutrición. 5ª Ed. Universidad de Chile, Santiago. Vol. II.

-IPCS, International Programme Chemical Safety. (2000). Environmental Health Criteria, Cooper. World Health Organization, Geneva, Suiza.

-IPCS International Programme on Chemical Safety; OMS Organización Mundial de la Salud; PNUMA Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; OIT Organización Internacional del Trabajo (1997) Seguridad Química Principios Básicos De Toxicología Aplicada. La Naturaleza De Los Peligros Químicos 2ª Ed 283pp.

-Iqbal, A., Khalil, I., Ateeq, N. & Khan, M. (2006). Nutritional Quality of Important Food Legumes. *Food Chemistry 97 (2): 331–335*

-Izquierdo, M., Veciana, M. & Vidal, M. (1999). Las sustancias Nutritivas: Grupos y Funciones. Clasificación de los alimentos. En: Hernández, M. & Sastre, A. (Eds.). Tratado de Nutrición. Diaz de santos. S.A. España. 327-344pp.

-Kabata- Pendias (2007). Trace elements from soil to human. Springer, Berlin 550pp.

-Lasat, MM. 2000. The Use of Plants for the Removal of Toxic Metals from Contaminated Soil. American Association for the Advancement of Science, Environmental Science and Engineering Fellow. 33 pp.

-Latham, M. (2002). Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Colección FAO. Alimentación y nutrición Nº 29. Roma. 531pp.

-Llobet, J., Falco, G., Casas, C., Teixidó, A., Domingo, J., (2003) Concentrations of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Common Foods and Estimated Daily Intake by Children Adolescents, Adults, and Seniors of Catalonia, Spain. *J. Agric. Food Chem. 51(3): 838-842*

-Mahler, R. (2003). General Overview of Nutrition for Field and Container Crops. En: Riley, L., Dumroese, R., Landis, T., Tech. Coords. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations. 2003 June 9–12; Coeur d'Alene, ID; and 2003 July 14–17; Springfield, IL. Proc. RMRS-P-33. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 156 p.

-Matos-Reyes, M.N., Cervera, M.L, Campos, R.C & de la Guardia, M. (2010). Total Content of As, Sb, Se, Te and Bi in Spanish Vegetables, Cereals and Pulses and Estimation of the Contribution of these Foods to the Mediterranean Daily Intake of Trace Elements. *Food Chemistry 122(1):188–194*

-Maurí, A.R., Arnandis, T., Marín, R. & Llobat, M. (2007). Application of Pressurized Fluid Extraction to Determine Cadmium and Zinc in Plants. *Analytica Chimica Acta 581(1): 78–82.*

-Mazza, G. (2000). Alimentos funcionales. Aspectos Bioquímicos y de Procesado. Acribia, Zaragoza. 457 pp.

- Merck, H. (1999). Manual de Diagnóstico y Tratamiento. Harcourt, S.A, España, 2828pp.

-**Molina, L. (2002)** Introducción a los Alimentos Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias Chile 136pp.

-**Molina, C., Arango, C. & Serna, M. (2010).** Mercurio: Implicaciones en la Salud y el Medio Ambiente. *Revista de Toxicología en Línea. RETEL 32; 7-19 pp.*

-**Muñoz, A. & Molina, A. (2005).** Hierro. En: Gil, A. (Ed.) Tratado de Nutrición: Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición. España. Acción médica. Tomo I.

-**Navarro, J., Aguilar, I. & López, J.R. (2007)** Aspectos Bioquímicos y Genéticos de la Tolerancia y Acumulación de Metales Pesados en Plantas. *Ecosistemas 16 (2): 10-25*.

-**Navarro, M., Gil, F. & Gil, A. (2005)** Selenio, Manganeso, Cromo, Molibdeno, Yodo y otros Oligoelementos Minoritarios En: Gil, A. (Ed.) Tratado de Nutrición: Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición. España. Acción médica. Tomo I.

-**Navarro, S. & Navarro, G. (2003)** Química Agrícola. 2ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 487pp.

-**Nelson, P. (1996).** Concentración de metales pesados en el complejo estuarial Valdiviano. Tesis, Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 52p.

-**Nordberg, G., Fowler, B., Nordberg, M. & Friberg, L. (2005).** Handbook on the Toxicology of Metals. 3ª Ed. Copenhagen. 975pp.

-**Núñez, A., Martínez, S., Moreno, S., Cárdenas, M.L., García, G., Hernández, J., Rodríguez, A. & Castillo, I. (2008).** Determinación de Metales Pesados (Aluminio, Plomo, Cadmio y Níquel) en Rábano (*Raphanus sativus L.*), Brócoli (*Brassica oleracea L.var. italica*) y

Calabacín (*Cucurbita pepo L.var. italica*). En: X Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos: 29 y 30 de mayo 2008. México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Química Analítica**.**

-Olavarría, Y. (2007). Determinación de trazas de Cadmio en Cholga *(Aulacomya ater)*, Chorito *(Mytilus chilensis)* y Ostra chilena *(Ostrae chilensis)* en la zona de Chiloé (Hueihue). Tesis, Escuela de Química y Farmacia. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. 117 pp.

-Olivares, M., Castillo, C., Arredondo, M., Uauy, R. (2005) Cobre y Zinc en Nutrición Humana. En: Gil, A. (Ed.) Tratado de Nutrición: Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición. España. Acción médica. Tomo I.

-OMS/FAO. Organización Mundial de la Salud. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2007). Codex Alimentarius. Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales.

-Orozco, C., Pérez, A., González, MN., Rodríguez, F. & Alfayate, J. (2003) Contaminación Ambiental, Una Visión desde la Química. Thomson, España. 682p

-Pál, M., Horváth, E., Janda, T., Páldi, E. & Szalai, G. (2006) Physiological Changes and Defense Mechanisms Induced by Cadmium Stress in Maize. *J Plant Nutr Soil Sci 169 (2): 239-246.*

-Parengam, M., Judprasong, K., Srianujata, S., Jittinandana, S., Laoharojanaphand, S. & Busamongko, A. (2010). Study of Nutrients and Toxic minerals in Rice and Legumes by

Instrumental Neutron Activation Analysis and Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry. *Journal of Food Composition and Analysis 23 (4): 340–345.*

-Paris, B. (2000). Intoxicaciones: Epidemiología Clínica y Tratamiento. Santiago, Universidad Católica de Chile, 302p.

-Parkash, O., Shasti, N., Rosen, B., Fuhrmann, M. & Meagher, R. (2003). Increased Cadmium Tolerance and Accumulation by Plants Expressing Bacterial Arsenate Reductase. *New Phytologist 159(2): 431–441*

-Perelló, G., Martí, R., Llobet, J. & Domingo, J. (2008). Effects of Various Cooking Processes on the Concentrations of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Foods. *J. Agric. Food Chem. 56(23): 11262-11269.*

-Pérez, L., Moreno, A. & González, J. (2004). Índices de Acumulación de Metales Pesados en Granos y Hojas de Trigo. *Schironia Nº3: 5-9*

-Pérez, F., Garaulet, M. & Zamora, S. (2005) Calcio, fósforo, magnesio y flúor Metabolismo óseo y su regulación. En: Gil, A. (Ed.) Tratado de Nutrición: Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición. España. Acción médica. Tomo I.

-Peris, M. (2006). Estudio de Metales Pesados en Suelos Bajo Cultivo Hortícolas de la Provincia de Castellón. Tesis Doctoral para optar a grado de Doctora en Biología. Centro de Investigación Sobre Desertificación (CIDE), Universitat de Valencia. 436pp.

-Prasad, M.N.V. (2008) Trace Elements as contaminants and nutrients Consequences in Ecosystems and Human Health. John Wiley & Sons, Inc. Publication, New Jersey. 777pp.

-Prieto, F., Callejas, J., Román, A., Prieto, J., Gordillo, A. & Mendez, M. (2007). Acumulación de Arsénico en el Cultivo de Habas (*Vicia faba)*. *Agronomía Costarricense 31(2): 101-109.*

-Quinteros, A., Farré, R. & Lagarda, MJ. (2002) Contenidos de Calcio, Magnesio, Hierro, Cinc y Fósforo en Legumbres Crudas y Sometidas a Distintos Procesos de Cocción. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. 2(1):97-102*.

-RSA, Reglamento Sanitario de los Alimentos. (2010) Republica de Chile Ministerio de Salud Dpto. Asesoria Juridica, DTO. Nº 977/96.

-Ros, G., & Periago, M. J. (2005). Calidad y Composición Nutritiva de Hortalizas, Verduras y Legumbres. En: Gil, A. (Ed.) Tratado de Nutrición: Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición. España. Acción médica. Tomo II.

-Rubinson, K. & Rubinson, J. (2000). Análisis Instrumental. 8ª Ed. Prentice Hall. 876 pp.

-Rubio, C., González, T., Revert, C., Reguera, J., Gutiérrez, A. & Hardisson, A. (2005). Lead Dietary Intake in a Spanish Population (Canary Islands). *J. Agric. Food Chem. 53(16): 6543-6549*

-SAG, Servicio Agrícola y Ganadero (2005): Criterios de Calidad de Suelo Agrícola (en revisión). Participantes E. Acevedo, M. Carrasco, O. León, E. Martínez, P. Silva, G. Castillo, I. Ahumada, G. Borie & S. González. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Disponible en sitio web: http://www2.sag.gob.cl/RecursosNaturales/criterios_calidad_suelos_agricolas/.
Disponible en sitio web Última revisión día 8 de marzo de 2010.

-Saldívar, L., Tovar, A., Namihira, D. (1997). Plomo. En: Albert, L. Introducción a la Toxicología Ambiental. América ECO. Metepec 177-196 pp.

-Saldívar, L., Tovar, A., Fortoul, T. (1997). Cadmio. En: Albert, L. Introducción a la Toxicología Ambiental. América ECO. Metepec 211-226 pp.

-Sammán, N., Maldonado, S., Alfaro, M. E., Farfán, N. & Gutierrez, J. (1999). Composition of Different Bean Varieties *(Phaseolus vulgaris)* of Northwestern Argentina (Region NOA): Cultivation Zone Influence. *J. Agric. Food Chem. 47(7):2685−2689.*

-**Satarug, S., & Moore, M. (2004)** Adverse Health Effects of Chronic Exposure to Low-Level Cadmium in Foodstuffs and Cigarette Smoke. *Environ Health Perspect 112(10): 1099–1103.*

-**Sauquillo, A., Barberá, R. & Farré, R. (2003).** Bioaccessibility of Calcium, Iron and Zinc from Three Legume Samples. *Nahrung/Food 47(6): 438-441*

-Schmidt-Hebbel, H., Pennacchiotti, I., Masson, L. & Mella, M.A. (1992). Tabla de composición química de alimentos chilenos. 8ª Ed. Fac. Ciencias Químicas y Farmacéuticas, U. de Chile, Santiago, Chile, 62pp.

-**Sebastiá, V., Barberá, R., Farré, R. & Lagarda, M.J. (2001)**. Effects of Legume Processing on Calcium, Iron and Zinc Contents and Dialysabilities. *J. Sci. Food Agric. 81(12): 1180-1185.*

-Senser, F. (1999). Tablas de Composición de Alimentos: El pequeño Souci-Fachmann-Kraut. Acribia. Zaragoza, España. 432pp.

-Sharma, R., Agrawal, M. & Marshall, F. (2008). Heavy Metal (Cu, Zn, Cd and Pb) Contamination of Vegetables in Urban India: A Case Study in Varanasi. *Environmental Pollution 154(2): 254-263.*

-Sinha S.K. (1978) Las Leguminosas Alimenticias: su Distribución, su Capacidad de Adaptación y Biología de los Rendimientos .Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal. 123pp.

-Skoog, D., Holler, J. & Nieman, T. (2008). Principios de Análisis Instrumental. 6ª Ed. CENGAGE LEARNING. 1038pp.

-Sogorb, M. & Vilanova, E. (2004). Técnicas analíticas de contaminantes químicos: Aplicaciones toxicológicas, medioambientales y alimentarias. Ediciones Díaz de Santos, Madrid. 320pp.

-Spiro, T. (2004). Química Medioambiental. 2ª Ed. Pearson Educación, Madrid. 504 pp.

-Tharanathan, R. & Mahadevamma, S. (2003). Grain Legumes - a Boon to Human Nutrition. *Trends in Food Science & Technology 14(12): 507-518*

-Thavarajah, D., Thavarajah, P., Sarker, A. & Vandenberg, A. (2009). Lentils (Lens *culinaris* Medikus Subspecies *culinaris*): A Whole Food for Increased Iron and Zinc Intake.

J. Agric. Food Chem. 57(12): 5413-5419.

-UK FSA. United Kingdom, Food Standards Agency (2003). Safe upper levels for vitamins and minerals. Expert Group on Vitamins and Minerals, EVM. Food Standards Agency. 360pp.

-Valle, P. & Florentino, B. (2000). Toxicología de Alimentos. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Nacional de Salud Ambiental. México D.F. 261pp.

-Viadel, C. (2002). Biodisponibilidad de Calcio, Hierro y Zinc en Leguminosas Mediante Ensayos in Vitro con Cultivos Celulares. Tesis Doctoral para Optar a Grado de Doctor en Farmacia, Facultad de Farmacia, Universitat de Valencia. 287pp.

-Vilar, M., Barciela, J., García, S., Peña, R. & Herrero, C. (2007). Direct Determination of Cadmium in *Orujo spirit* Samples by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry: Comparative Study of Different Chemical Modifiers. *Analytica Chimica Acta 591(2): 231–238*

-Villa, I., Navarro, I., Martín, A. (1999). Elementos Traza. En: Hernández, M. & Sastre, A. (Eds.). Tratado de Nutrición. Díaz de Santos S.A. España. 247pp.

-Vollmer, G., Joost, G., Schenker, D., Sturm, W. & Vreden, N. (1999) Elementos de Bromatología Descriptiva. Acribia, Zaragoza. 644pp.

-Vormann, J. (2003). Magnesium: Nutrition and Metabolism. *Molecular Aspects of Medicine 24: 27-37.*

-WHO, World Health Organization Ginebra (1985). Guidelines for the Study of Dietary lntakes of Chemical Contaminants. WHO Offset publication nº 87. 102 pp.

-WHO, World Health Organization (1996). Trace Elements in Human Nutrition and Health. Geneva. 343pp.

-WHO, World Health Organization. (2001). Environmental Health Criteria 224: Arsenic and Arsenic Compounds. 66pp.

-WHO, World Health Organization. (2004). Manganese and its Compound: Environmental Aspects. Concise international chemical assessment document . 63pp.

-Wilson, E., Fisher, K., Fuqua, M. (1964). Fisiología de la Alimentación. Interamericana. México. 362 pp.

-Wright, J. (2003). Environmental Chemistry. Routledge.U.K. 419pp.

-Yassi, A., Kjellstrom, T., de Kok, T. & Guidotti, T. (2002). Salud Ambiental Básica. PNUMA/ORPALC, Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología del Ministerio de Salud de Cuba, Organización Mundial de la Salud, México. 552pp.

-Zhu, Y., Hui, Y., Wang, J., Fang, W., Yuan, J., Yan, Z., (2007). Heavy Metal Accumulations of 24 Asparagus Bean Cultivars Grown in Soil Contaminated with Cd Alone and with Multiple Metals (Cd, Pb, and Zn). *J. Agric. Food Chem. 55 (3), 1045-1052.*

ANEXO 1

(Metodología del tratamiento de las muestras)

2.1 Procedimiento Analítico de Digestión Ácida en Horno Microondas.

El primer paso del procedimiento consiste en pesar 0,5 grs. de las muestras previamente secadas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*) por triplicado, con una precisión de 0,1 mg. en los vasos del horno microondas Milestone, modelo Start-D. Una vez pesadas las muestras en los respectivos vasos, se procede a agregar a cada uno de los vasos 7 mL de HNO_3 concentrado y 1 mL de H_2O_2 al 30%. Posteriormente cada uno de los vasos son cerrados y colocados en el horno microondas, se digita el programa especialmente diseñado para legumbres para llevar a cabo el proceso de digestión acida.

Programa de digestión ácida en horno microondas:

Paso	Tiempo (min.)	Energía (W)	Temperatura (°C)
1	10	1000	200
2	10	1000	200

2.2 Metodología de la Espectrofotometría de Absorción Atómica.

La Técnica de Absorción Atómica, consiste en atomizar una muestra líquida previamente tratada, donde el proceso de atomización se realiza con una llama o con un horno. Una vez que los elementos se encuentran en estado atómico, se hace pasar a través de ellos una radiación de la longitud de onda correspondiente al elemento que se desea cuantificar, se efectúa un balance energético entre la radiación emitida y la radiación recibida, produciéndose una disminución energética directamente proporcional al número de átomos presentes, lo que se relaciona finalmente con la concentración del elemento en la muestra, mediante la ecuación de Lambert – Beer (Olavarría, 2007). Es intrínsecamente un método de determinación

unielemental. De tal manera, que el elemento que se determina depende de la fuente de luz que se utilice, la cual es específica de cada elemento (Rubinson & Rubinson, 2000).

Los instrumentos para espectrometría de absorción atómica son similares en diseño general y constan de una fuente de radiación generalmente una lámpara de cátodo hueco, la cual emite radiaciones de la longitud de onda apropiada para que sea absorbida por un elemento de la muestra que ha sido atomizada en la llama; un soporte de muestra, un selector de longitud de onda (monocromador); un detector, encargado de cuantificar y registrar la intensidad de la luz que recibe, comparándola con la intensidad emitida por la fuente y transformándola en absorbancia. El soporte de muestra en los instrumentos de absorción atómica es la celda del atomizador que contiene la muestra gaseosa atomizada. El detector se acopla a un sistema informático de registro que además controlará el aparato. De esta manera, los datos registrados con la respuesta de patrones de concentración conocida permitirán cuantificar los elementos de la muestra (Skoog *et al,* 2008; Sogorb & Vilanova, 2004).

A continuación en la siguiente imagen se muestra un esquema de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

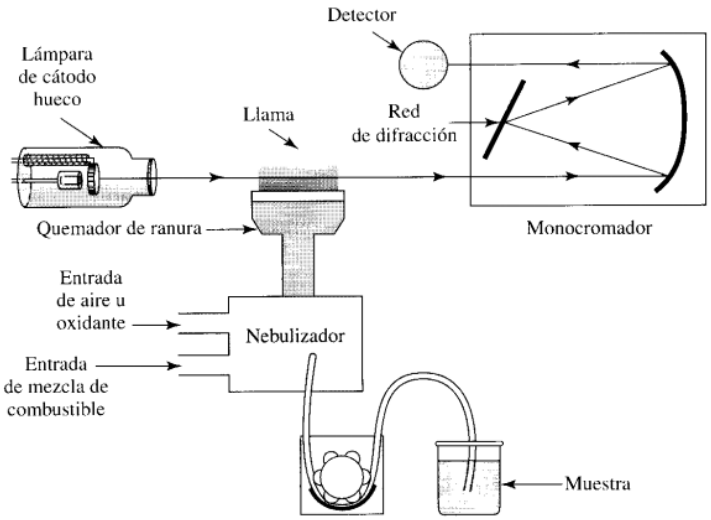


Figura: Espectrofotómetro de absorción atómica. Extraído del libro "Análisis Instrumental" (Rubinson & Rubinson, 2000).

Las longitudes de onda para cada metal en estudio se resumen en la siguiente tabla:

Elemento	Longitud de onda (nm)
Cobre (Cu)	324,8
Manganeso (Mn)	279,5
Zinc (Zn)	213,9
Hierro (Fe)	248,3
Magnesio (Mg)	285,2
Calcio (Ca)	422,7
Cadmio (Cd)	228,8
Plomo (Pb)	217,0
Mercurio (Hg)	253,7
Arsénico (As)	193,7

2.3 Análisis de Cu, Mn, Zn, Fe, Mg, Ca, Cd y Pb utilizando Espectrofotometría de Absorción Atómica en su Modalidad Llama.

Para obtener los átomos en estado fundamental se realiza la atomización de las muestras con un atomizador de llama. En este caso, se utilizó una llama de aire acetileno, con la cual se obtiene una temperatura entre 2100 y 2400 ºC, permitiendo la formación de átomos libres en estado gaseoso y de esta manera se puede cuantificar los elementos en estudio.

2.3.1 Preparación de los estándares de Cu, Mn, Zn, Fe, Mg, Ca, Cd y Pb.

Para la determinación de los elementos, se procedió a preparar tres estándares para cada uno de los elementos a analizar. Los estándares utilizados fueron preparados a partir de estándares certificados, cuya concentración es de 1000 ppm (Merck), y con un rango de concentración entre 0,05 y 0,5 mg/L.

2.4 Análisis de Arsénico (As) utilizando Espectrofotometría de absorción atómica acoplado a un generador de hidruros.

La base en la que se fundamenta esta técnica es la transformación de los compuestos minerales del arsénico, obtenidos tras la correspondiente mineralización, en su hidruro covalente volátil o arsina (H_3As), por medio del hidrógeno naciente. Las muestras se tratan con un agente reductor, para ello se agrega yoduro de potasio (KI) y posteriormente se agrega borhidruro de sodio ($NaBH_4$) en medio acido (HCl) para acidificar la muestra, con lo que se obtiene el correspondiente hidruro covalente volátil arsina (AsH_3). Este compuesto es arrastrado por un gas inerte como el argón, hasta la llama de aire/acetileno, donde el hidruro se descompone en vapor elemental de arsénico, el cual pueden ser cuantificado mediante el empleo de Espectrofotometría de absorción atómica. (Carbonell *et al,* 1995; Fifield & Kealey, 2000).

2.5 Análisis de Mercurio (Hg) utilizando Espectrofotometría de absorción atómica vapor frío acoplado a un generador de hidruros.

La técnica de vapor frío no requiere el uso de llama, es un método de atomización aplicable solamente a la determinación de mercurio, ya que es el único elemento metálico que tiene una presión de vapor apreciable a temperatura ambiente, por lo tanto, es suficientemente volátil. Este es llevado por medio del argón a una celda de cuarzo, por donde pasa la radiación de longitud característica, necesaria para su cuantificación (Skoog *et al,* 2008; Fifield & Kealey, 2000).

Previamente las muestras son tratadas con permanganato de potasio ($KMnO_4$), posteriormente se acidifica con HCl y es reducida a Hg elemental por la acción del borhidruro de sodio ($NaBH_4$).

2.6 Preparación de los estándares de As y Hg.

Para la determinación de arsénico y mercurio en las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), se llevó a cabo la preparación de tres estándares para As y tres para Hg. Los estándares ocupados para el análisis de cada uno de estos elementos se prepararon a partir de estándares certificados, con concentración de 1000 ppm (Merck) y con un rango de concentración entre 5 y 40 µg/L.

ANEXO 2

Resultados
(Tablas y Gráficos)

Tabla Nº 1: Resumen de concentraciones de metales traza esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), durante el estudio.

	Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco)					
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe x 10^{-2}**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Porotos (*Phaseolus vulgaris*)						
Coscorrón Selecta	8,27±0,2	18,4±0,2	43,8±0,7	1,00±0,01	1,86±0,004	3,86±0,004
Tórtola Lider	9,86±0,3	14,4±0,1	40,3±0,5	0,98±0,01	1,72±0,01	2,35±0,01
Tórtola Martini	10,8±0,1	14,6±0,2	41,6±0,8	0,92±0,01	1,83±0,01	1,97±0,01
Hallado Lider	6,71±0,2	11,5±0,2	30,9±0,2	0,62±0,01	1,63±0,01	1,50±0,01
Hallado Campo Lindo	6,82±0,1	11,4±0,1	29,1±0,6	0,70±0,02	2,27±0,02	1,99±0,01
Hallado Lo Mejor del Campo	8,19±0,4	12,4±0,2	39,0±0,6	0,78±0,01	2,40±0,01	3,39±0,02
Negro Lider	8,65±0,2	16,8±0,2	34,5±0,5	0,97±0,01	2,00±0,01	2,81±0,01
Tórtola Frutos del Maipo (Congelados)	10,1±0,1	14,0±0,2	60,4±1,0	1,82±0,01	1,70±0,003	3,65±0,01
Australiano *(Lupinus Angustifolius)*	5,07±0,1	212±1,9	36,9±0,9	0,56±0,003	1,48±0,01	2,52±0,01
Poroto Verde Lider	14,1±0,1	17,4±0,5	61,5±0,6	5,21±0,06	4,32±0,03	9,36±0,06
Poroto Verde Sadia	10,5±0,3	23,8±0,6	51,0±1,0	6,36±0,04	4,07±0,03	9,14±0,01
Poroto Verde Minuto Verde	10,0±0,1	18,6±0,3	56,2±0,8	4,51±0,06	3,81±0,28	10,5±0,04
Granado Frutos del Maipo (Congelados)	7,46±0,1	12,6±0,5	26,6±0,6	0,96±0,02	1,80±0,002	4,96±0,02
Lentejas (*Lens culinaris*)						
Lider	10,0±0,4	13,9±0,04	60,7±0,9	2,07±0,02	1,68±0,01	1,10±0.01
Martini	7,13±0,1	11,1±0,1	34,0±0,5	0,73±0,004	1,00±0,01	0,62±0,01
Selecta	8,75±0,1	14,7±0,2	43,2±1,0	0,87±0,01	1,50±0,02	1,22±0,01
Banquete	9,51±0,1	15,6±0,3	63,7±1,2	1,43±0,06	1,54±0,003	1,06±0,003
Granada	8,35±0,1	12,5±0,1	43,2±0,6	0,64±0,01	1,07±0,01	0,64±0,004
Frutos del Maipo (Congeladas)	7,14±0,1	12,7±0,1	56,3±0,5	1,48±0,01	1,21±0,01	1,55±0,01
Arvejas (*Pisum sativum*)						
Martini (Verdes)	5,87±0,1	9,18±0,1	36,6±0,8	0,91±0,01	1,10±0,01	0,40±0,004
Martini (Amarillas)	7,51±0,5	8,79±0,2	37,6±0,3	0,48±0,01	1,31±0,003	0,47±0,002
Oregón (Verdes)	6,91±0,1	9,78±0,1	37,4±0,5	0,62±0,01	1,14±0,01	0,31±0,01
Banquete (Verdes)	6,32±1,2	10,1±0,1	71,7±1,0	0,81±0,01	1,20±0,01	0,50±0,002
Frutos del Maipo (Congeladas)	10,4±0,2	16,9±0,2	54,9±0,7	6,93±0,10	1,62±0,01	3,46±0,003
Sadia (Congeladas)	6,97±0,1	14,9±0,2	55,6±2,0	7,79±0,02	1,59±0,01	2,45±0,03
La Crianza (Congeladas)	11,0±0,3	22,5±0,6	44,3±1,0	2,48±0,03	1,62±0,01	2,33±0,01
Lider (Congeladas)	7,47±0,2	16,7±0,2	47,1±0,7	62,6±0,69	1,47±0,01	1,29±0,003
Campo Lindo (Congeladas)	8,84±0,2	12,5±0,1	40,6±0,6	2,80±0,03	1,44±0,01	1,83±0,002

Tabla Nº 2: Resumen de concentraciones de metales traza no esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), durante el estudio.

(<) Valores bajo el límite de cuantificación del equipo.

	Metales Traza No Esenciales (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cd**	**Pb**	**As**	**Hg**
Porotos (*Phaseolus vulgaris*)				
Coscorrón Selecta	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Tórtola Lider	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Tórtola Martini	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Hallado Lider	< 0,11	< 0,96	**0,05**	<0,06
Hallado Campo Lindo	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Hallado Lo Mejor del Campo	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Negro Lider	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Tórtola Frutos del Maipo (Congelados)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Australiano *(Lupinus Angustifolius)*	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Poroto Verde Lider	< 0,11	< 0,96	**0,11**	<0,06
Poroto Verde Sadia	< 0,11	< 0,96	**0,51**	<0,06
Poroto Verde Minuto Verde	< 0,11	< 0,96	**0,11**	<0,06
Granado Frutos del Maipo (Congelados)	< 0,11	< 0,96	< 0,03	<0,06
Lentejas (*Lens culinaris*)				
Lider	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Martini	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Selecta	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Banquete	< 0,11	< 0,96	< 0,03	<0,06
Granada	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Frutos del Maipo (Congeladas)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Arvejas (*Pisum sativum*)				
Martini (Verdes)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Martini (Amarillas)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Oregón (Verdes)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Banquete (Verdes)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Frutos del Maipo (Congeladas)	< 0,11	< 0,96	**0,35**	<0,06
Sadia (Congeladas)	< 0,11	< 0,96	**0,11**	<0,06
La Crianza (Congeladas)	< 0,11	< 0,96	**0,33**	<0,06
Lider (Congeladas)	< 0,11	**1,05**	**0,28**	<0,06
Campo Lindo (Congeladas)	< 0,11	< 0,96	**0,10**	<0,06

Tabla y Gráfico Nº3: Rango de las concentraciones de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*).

	Rango de Concentraciones mg/kg peso seco		
Metales	**Concentración Mínima**	**Concentración Máxima**	**Concentración Promedio**
Cu	5,07	14,1	8,96
Mn	11,4	$2,12 \times 10^{2}$	30,6
Zn	26,6	61,5	42,4
Fe $\times 10^{-2}$	0,56	6,36	1,95
Mg $\times 10^{-3}$	1,47	4,32	2,38
Ca $\times 10^{-3}$	1,50	10,5	4,46

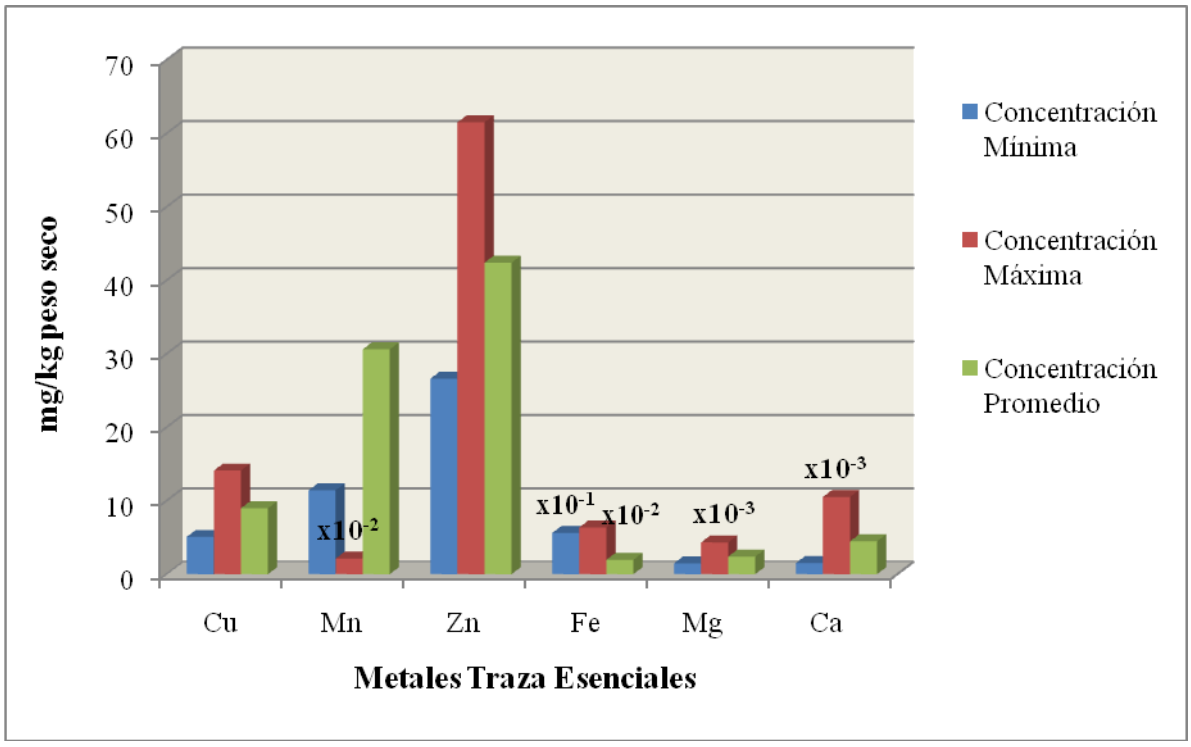


Tabla y Gráfico Nº4: Rango de las concentraciones de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Lentejas (*Lens culinaris*)

	Rango de Concentraciones mg/kg peso seco		
Metales	**Concentración Mínima**	**Concentración Máxima**	**Concentración Promedio**
Cu	7,13	10,0	8,48
Mn	11,1	15,6	13,4
Zn	34,0	63,7	50,2
Fe $x10^{-2}$	0,64	2,07	1,20
Mg $x10^{-3}$	1,00	1,68	1,33
Ca $x10^{-3}$	0,62	1,55	1,03

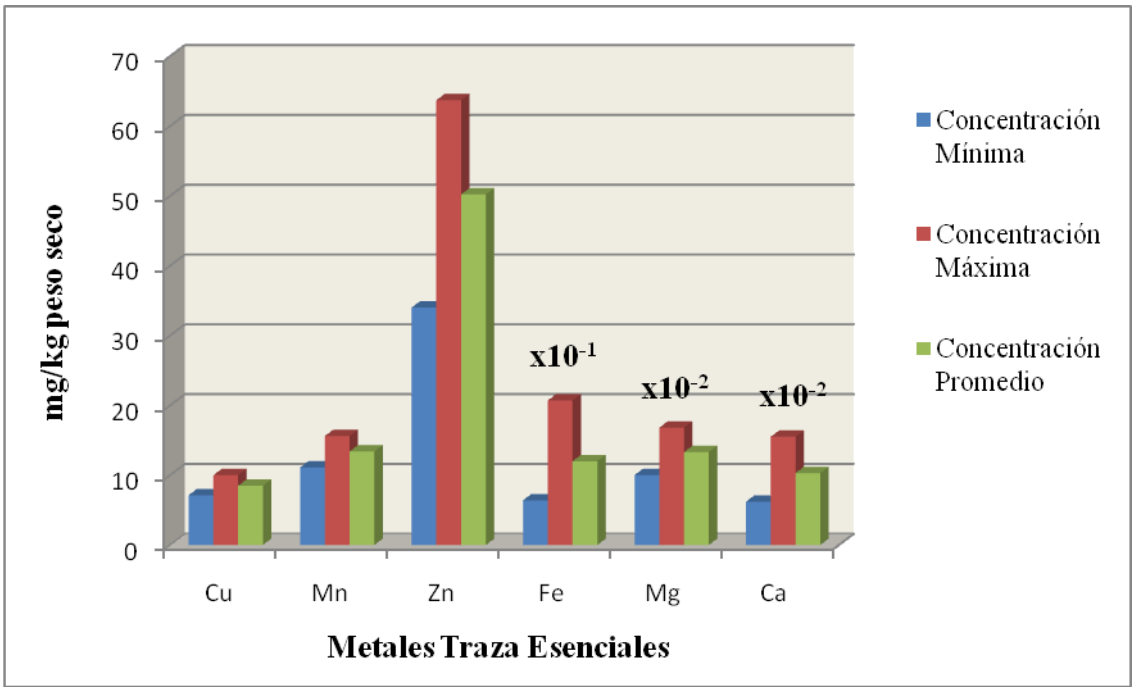


Tabla Nº5: Rango de las concentraciones de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Arvejas (*Pisum sativum*)

	Rango de Concentraciones mg/kg peso seco		
Metales	**Concentración Mínima**	**Concentración Máxima**	**Concentración Promedio**
Cu	5,87	11,0	7,92
Mn	8,79	22,5	13,5
Zn	36,6	71,7	47,3
Fe $x10^{-2}$	0,48	62,3	9,48
Mg $x10^{-3}$	1,10	1,62	1,39
Ca $x10^{-3}$	0,31	3,46	1,45

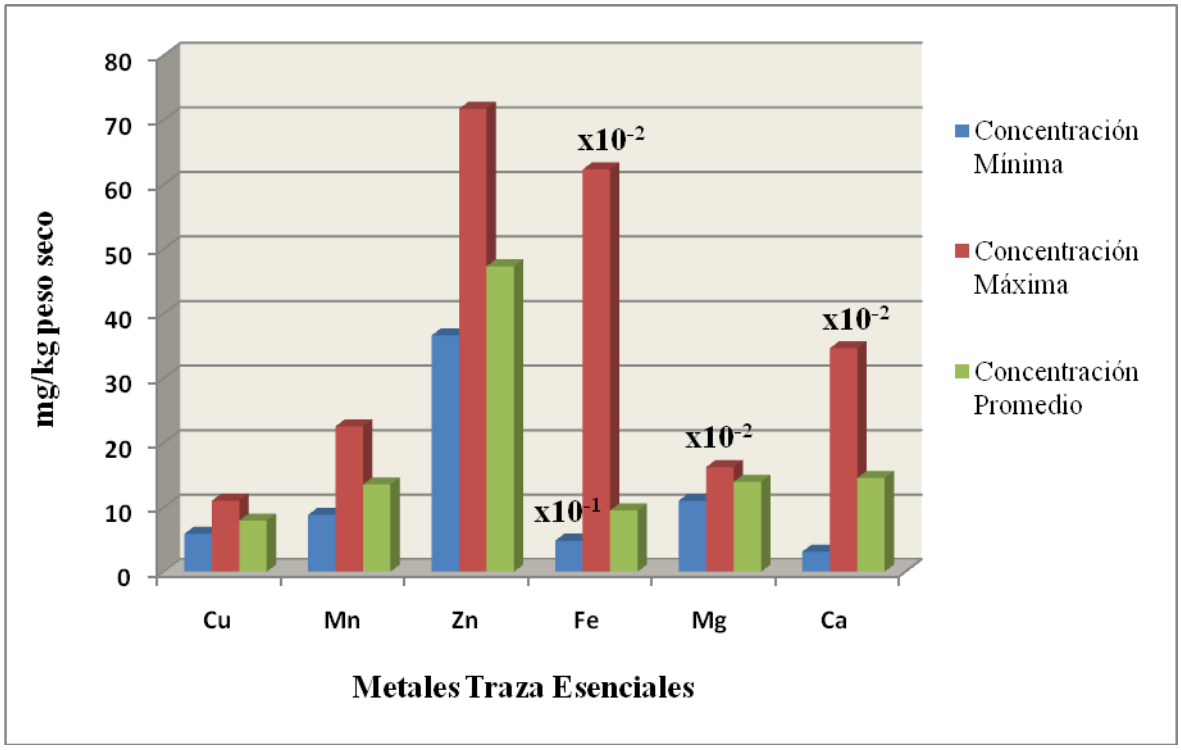


Tabla Nº6: Estadística Básica de la concentración de los metales analizados en este estudio para las muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*).

Legumbre	Estadística	Cu	Mn	Zn	Fe $x10^{-2}$	Mg $x10^{-3}$	Ca $x10^{-3}$	Cd	Pb	Hg	As
Poroto (*Phaseolus vulgaris*) n= 13	**Promedio**	8,96	30,6	42,4	1,95	2,38	4,46	-	-	-	0,20
	DE	2,21	52,5	11,1	1,92	0,96	3,00	-	-	-	0,21
	CV	24,7	171	26,2	98,5	40,3	67,2	-	-	-	105
	Mediana	8,65	14,6	40,3	0,97	1,86	3,39	-	-	-	0
	Máximo	14,1	212	61,5	6,36	4,32	10,5	-	-	-	0,51
	Mínimo	5,07	11,4	26,6	0,56	1,48	1,50	-	-	-	0
Lentejas (*Lens culinaris*) n= 6	**Promedio**	8,48	13,4	50,2	1,20	1,33	1,03	-	-	-	-
	DE	1,19	1,64	11,7	0,55	0,28	0,36	-	-	-	-
	CV	14,0	12,2	23,3	45,8	21,1	35,0	-	-	-	-
	Mediana	8,55	13,3	49,8	1,15	1,36	1,08	-	-	-	-
	Máximo	10,0	15,6	63,7	2,07	1,68	1,55	-	-	-	-
	Mínimo	7,13	11,1	34,0	0,64	1,00	0,62	-	-	-	-
Arvejas (*Pisum sativum*) n= 9	**Promedio**	7,92	13,5	47,3	9,49	1,39	1,45	-	-	-	0,23
	DE	1,79	4,64	11,6	20,1	0,21	1,13	-	-	-	0,12
	CV	22,6	34,4	24,5	211	15,1	77,9	-	-	-	52,2
	Mediana	7,47	12,5	44,3	2,48	1,44	1,29	-	-	-	0,1
	Máximo	11,0	22,5	71,7	62,6	1,62	3,46	-	-	-	0,35
	Mínimo	5,87	8,79	36,6	0,48	1,10	0,31	-	-	-	0

DE= Desviación Estándar; **CV**= Coeficiente de Variación

ANEXO 3

Discusión
(Tablas y Gráficos)

Tabla y Gráfico Nº 1: Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de granos secos, recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**
Coscorrón Selecta	8,27	18,4	43,8	100
Tórtola Lider	9,86	14,4	40,3	97,8
Tórtola Martini	10,8	14,6	41,6	91,7
Hallado Lider	6,71	11,5	30,9	62,1
Hallado Campo Lindo	6,82	11,4	29,1	70,3
Hallado Lo Mejor del Campo	8,19	12,4	39,0	77,7
Negro Lider	8,65	16,8	34,5	96,8
Tórtola Frutos del Maipo (Congelados)	10,1	14,0	60,4	182
Australiano *(Lupinus Angustifolius)*	5,07	212	36,9	55,7

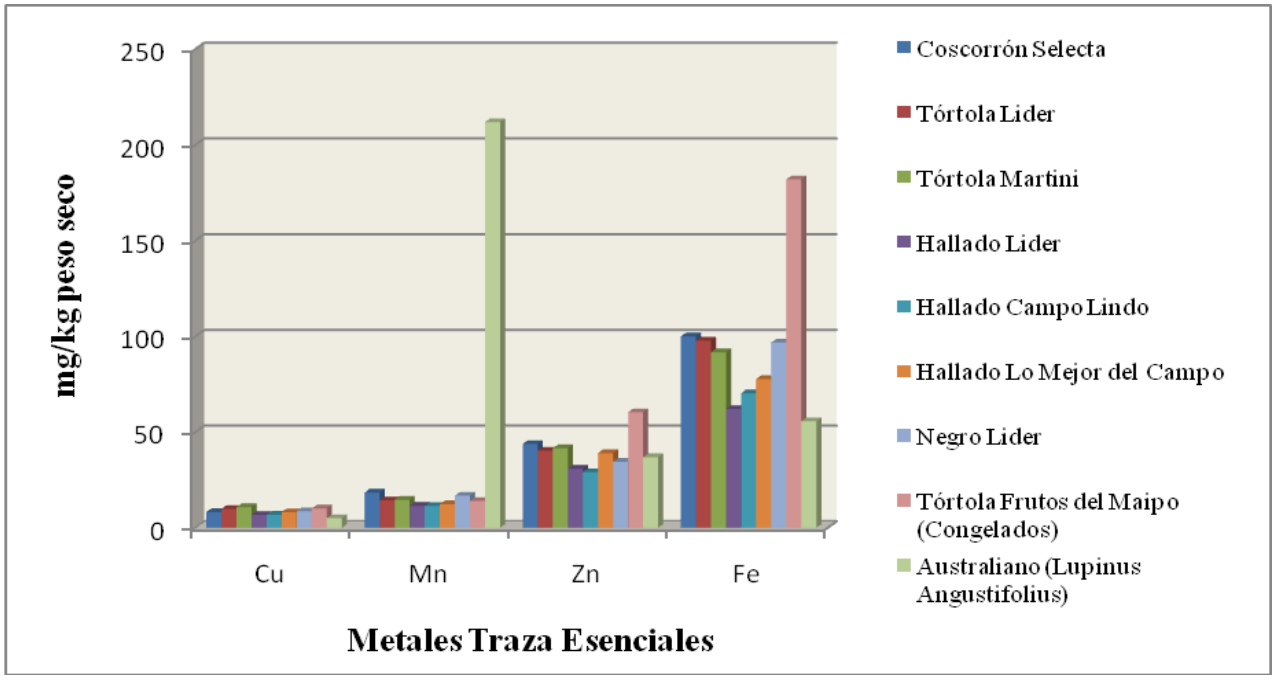


Tabla y Gráfico Nº 2: Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de granos secos, recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)	
Marca Comercial	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Coscorrón Selecta	1,86	3,86
Tórtola Lider	1,72	2,35
Tórtola Martini	1,83	1,97
Hallado Lider	1,63	1,50
Hallado Campo Lindo	2,27	1,99
Hallado Lo Mejor del Campo	2,40	3,39
Negro Lider	2,00	2,81
Tórtola Frutos del Maipo (Congelados)	1,70	3,65
Australiano *(Lupinus Angustifolius)*	1,48	2,52

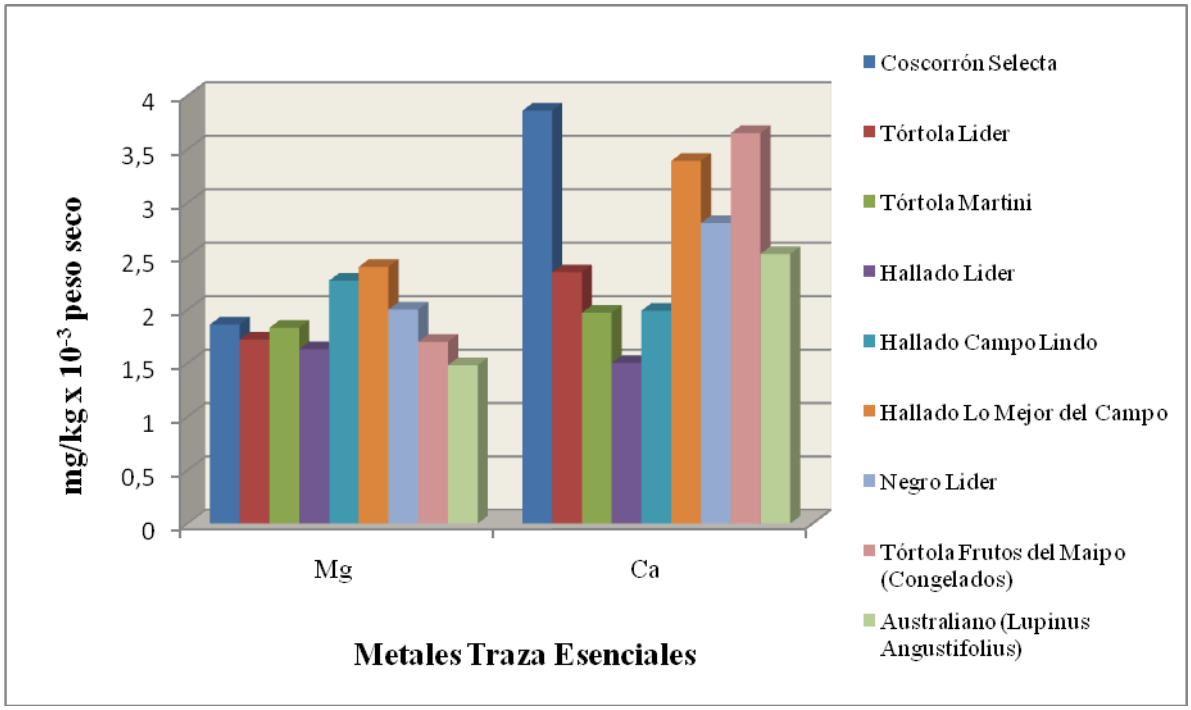


Tabla y Gráfico Nº 3: Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de poroto verde (congelado), recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**
Lider	14,1	17,4	61,5	521
Sadia	10,5	23,8	51,0	636
Minuto Verde	10,0	18,6	56,2	451

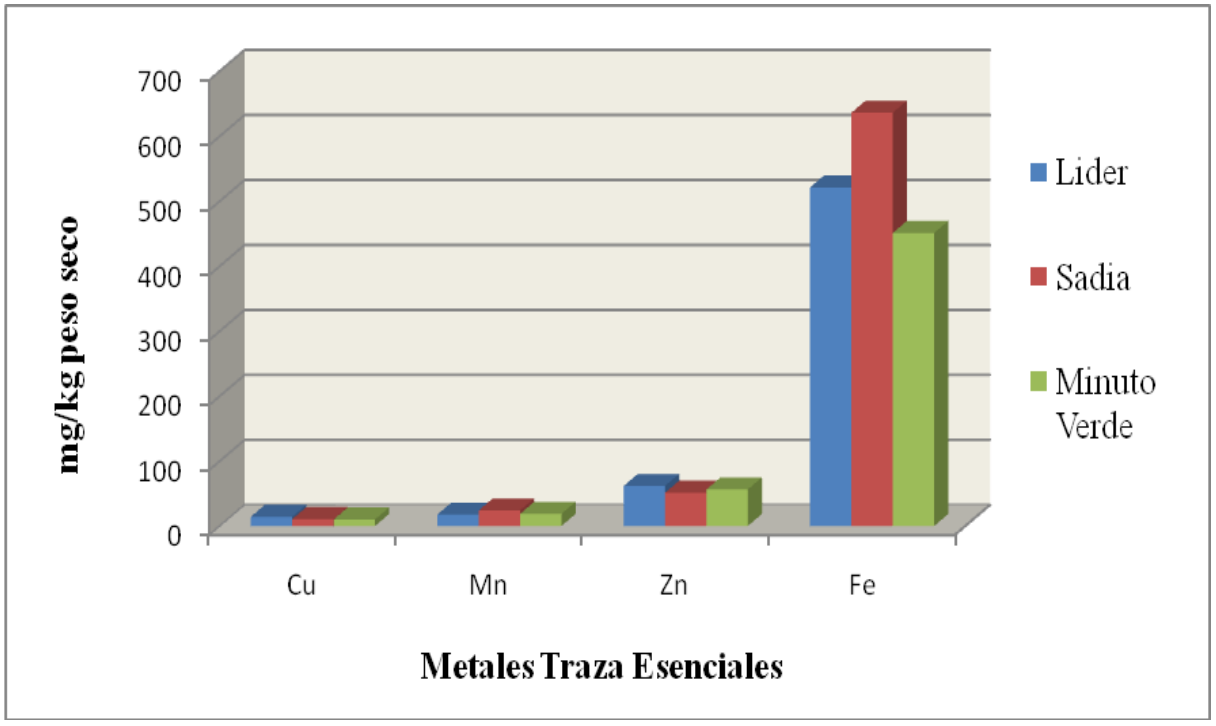


Tabla y Gráfico Nº 4: Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de poroto verde (congelado), recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)	
Marca Comercial	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Lider	4,32	9,36
Sadia	4,07	9,14
Minuto Verde	3,81	10,5

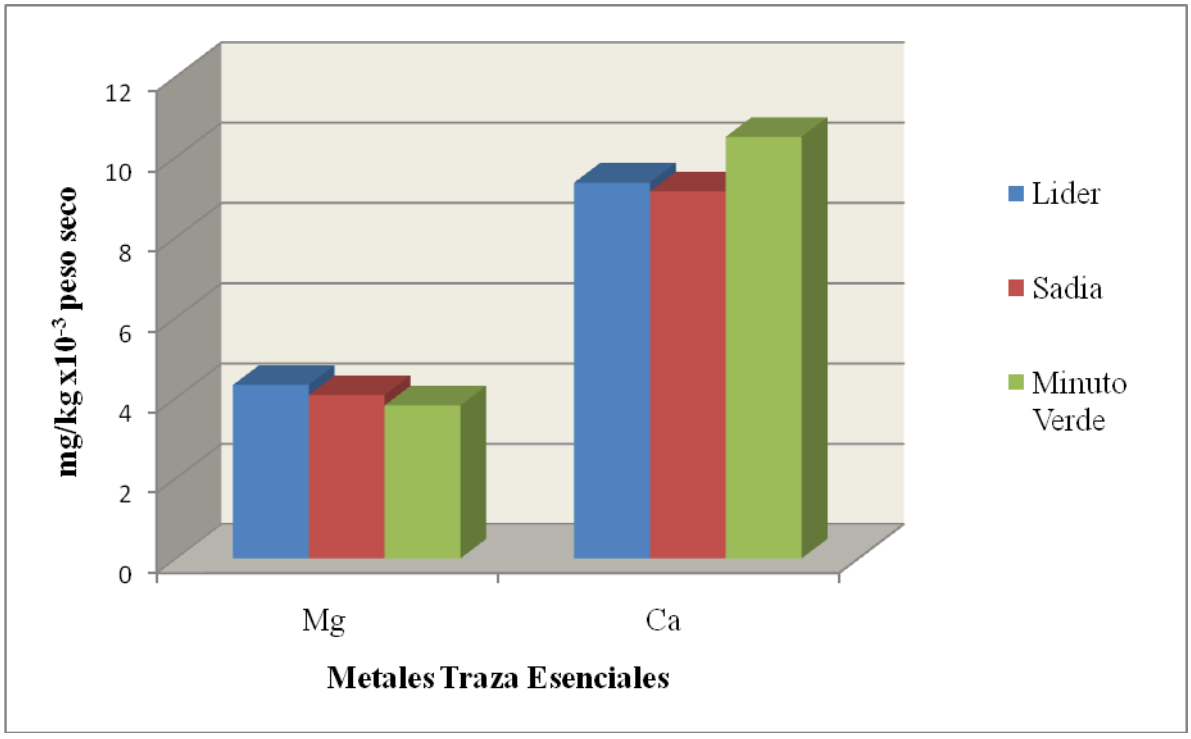


Tabla y Gráfico Nº 5: Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de poroto granado (congelado), recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**
Frutos del Maipo	7,46	12,6	26,6	96,0

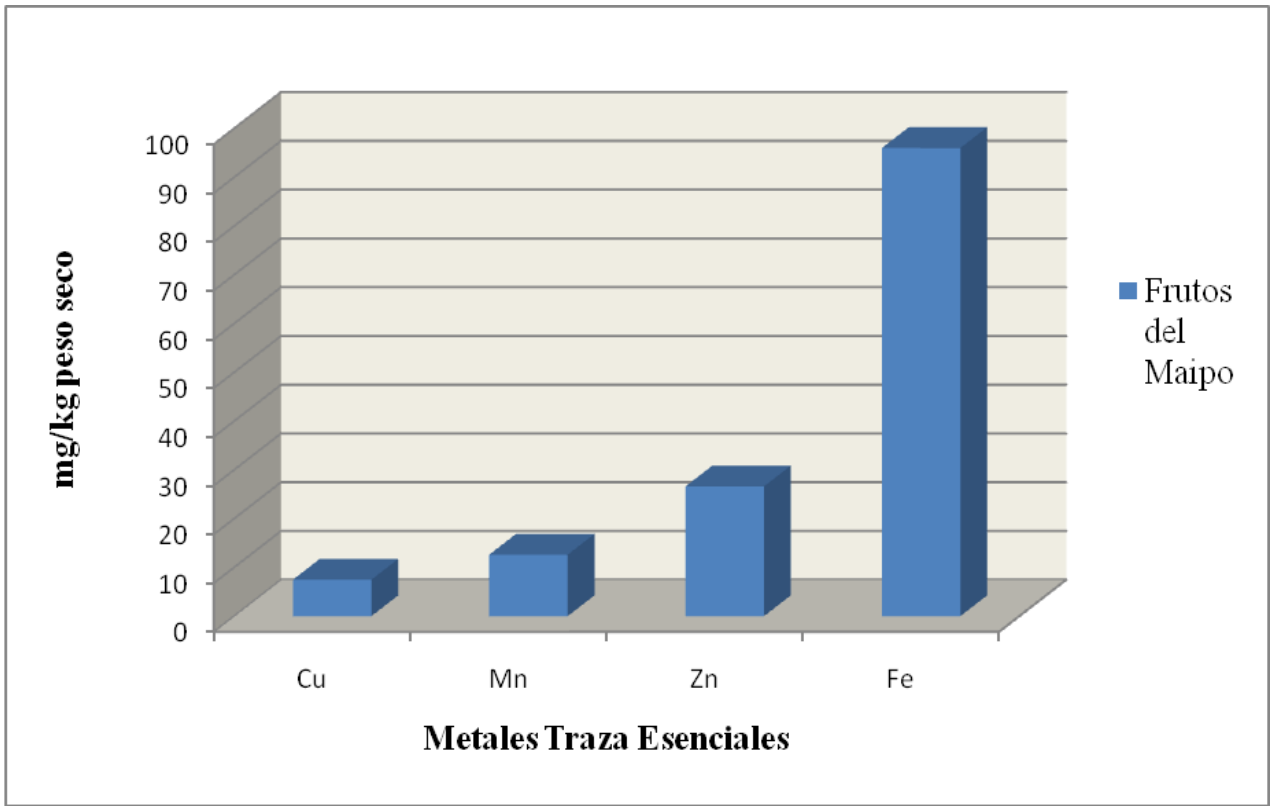


Tabla y Gráfico Nº 6: Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de poroto granado (congelado), recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)	
Marca Comercial	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Frutos del Maipo	1,80	4,96

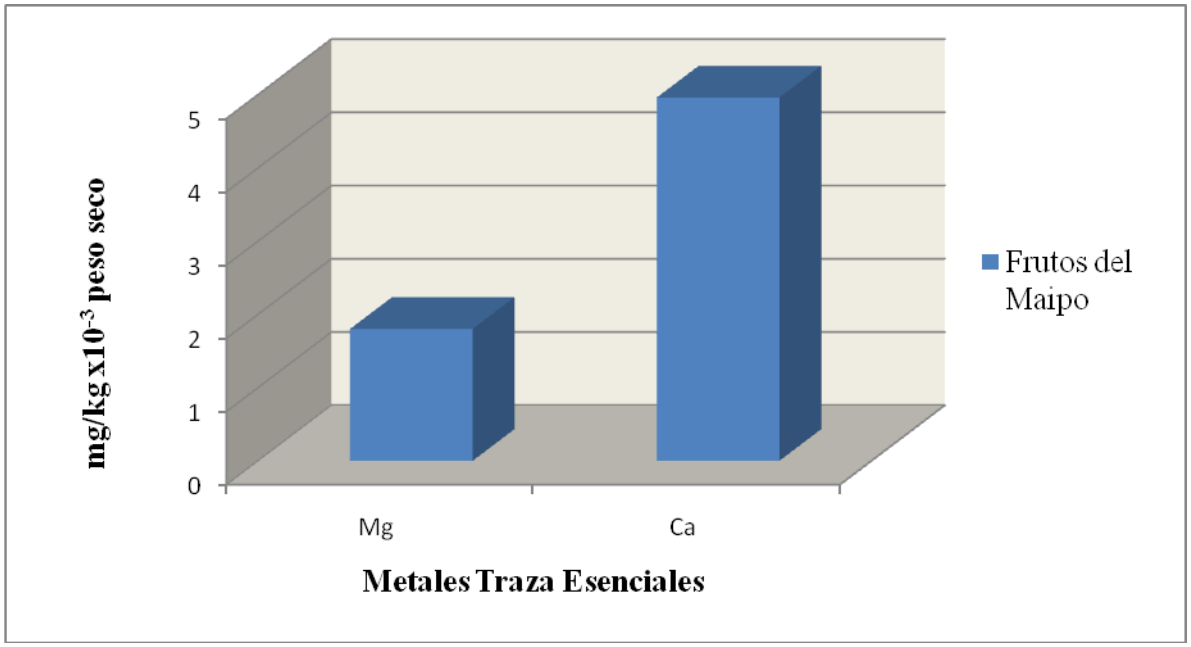


Tabla y Gráfico Nº 7: Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Lentejas (*Lens culinaris*) recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**
Lider	10,0	13,9	60,7	207
Martini	7,13	11,1	34,0	72,5
Selecta	8,75	14,7	43,2	87,4
Banquete	9,51	15,6	63,7	143
Granada	8,35	12,5	43,2	64,0
Frutos del Maipo (Congeladas)	7,14	12,7	56,3	148

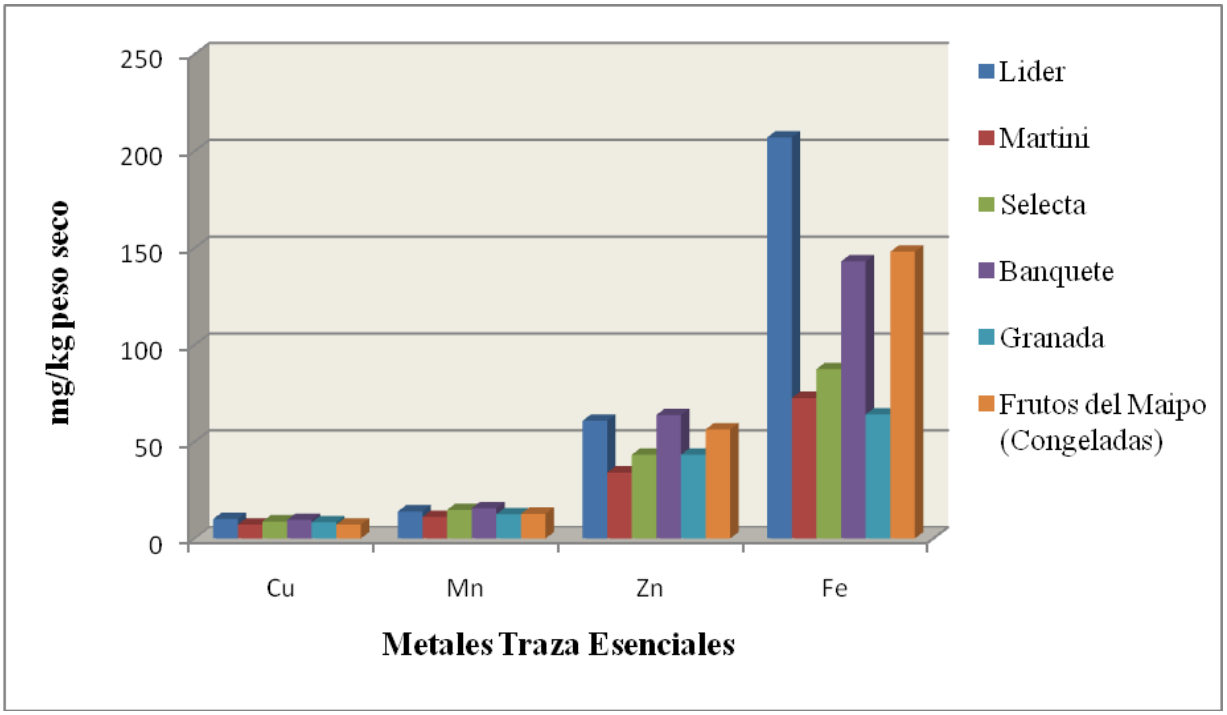


Tabla y Gráfico Nº 8: Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Lentejas (*Lens culinaris*) recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)	
Marca Comercial	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Lider	1,68	1,10
Martini	1,00	0,62
Selecta	1,50	1,22
Banquete	1,54	1,06
Granada	1,07	0,64
Frutos del Maipo (Congeladas)	1,21	1,55

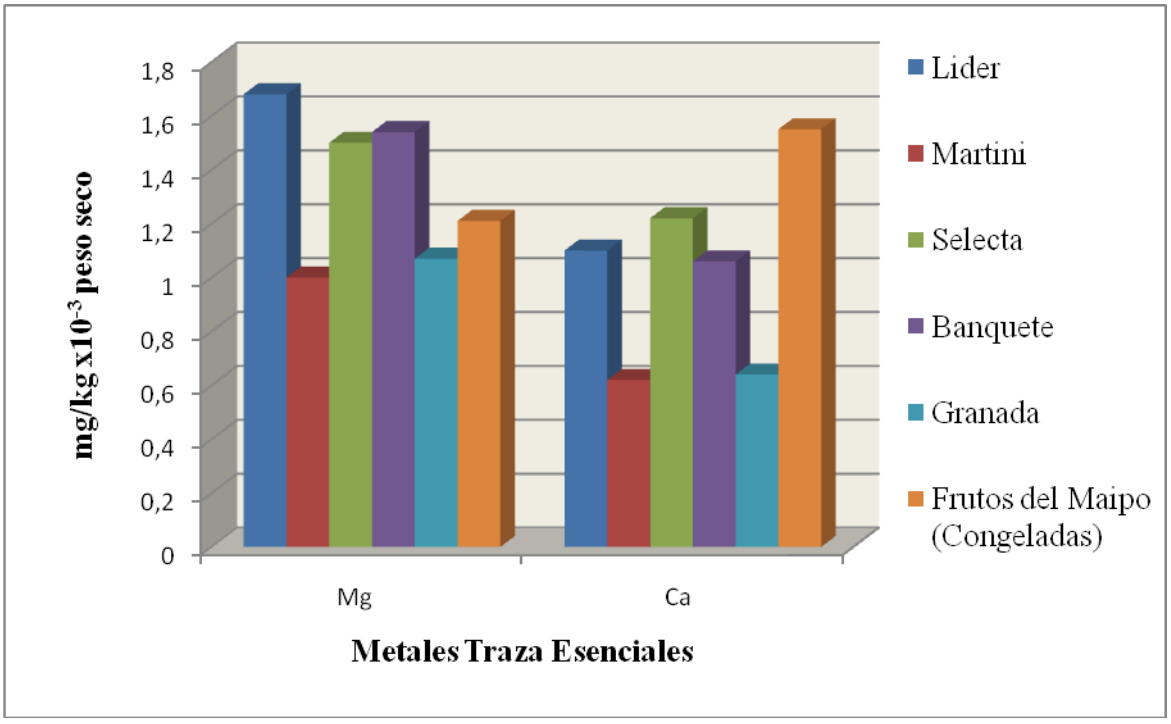


Tabla y Gráfico Nº 9: Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de granos secos de Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**
Martini (Verdes)	5,87	9,18	36,6	91,4
Martini (Amarillas)	7,51	8,79	37,6	48,2
Oregón (Verdes)	6,91	9,78	37,4	62,0
Banquete (Verdes)	6,32	10,1	71,7	80,6

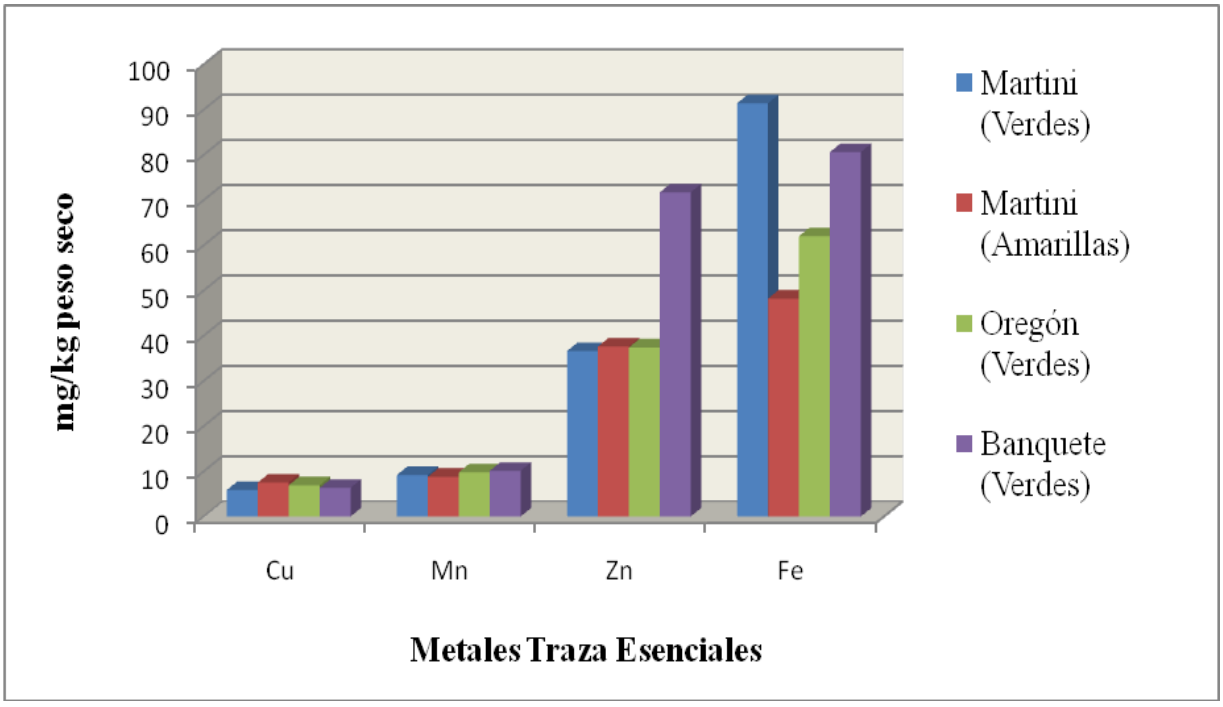


Tabla y Gráfico Nº 10: Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de granos secos de Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)	
Marca Comercial	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Martini (Verdes)	1,10	0,40
Martini (Amarillas)	1,31	0,47
Oregón (Verdes)	1,14	0,31
Banquete (Verdes)	1,20	0,50

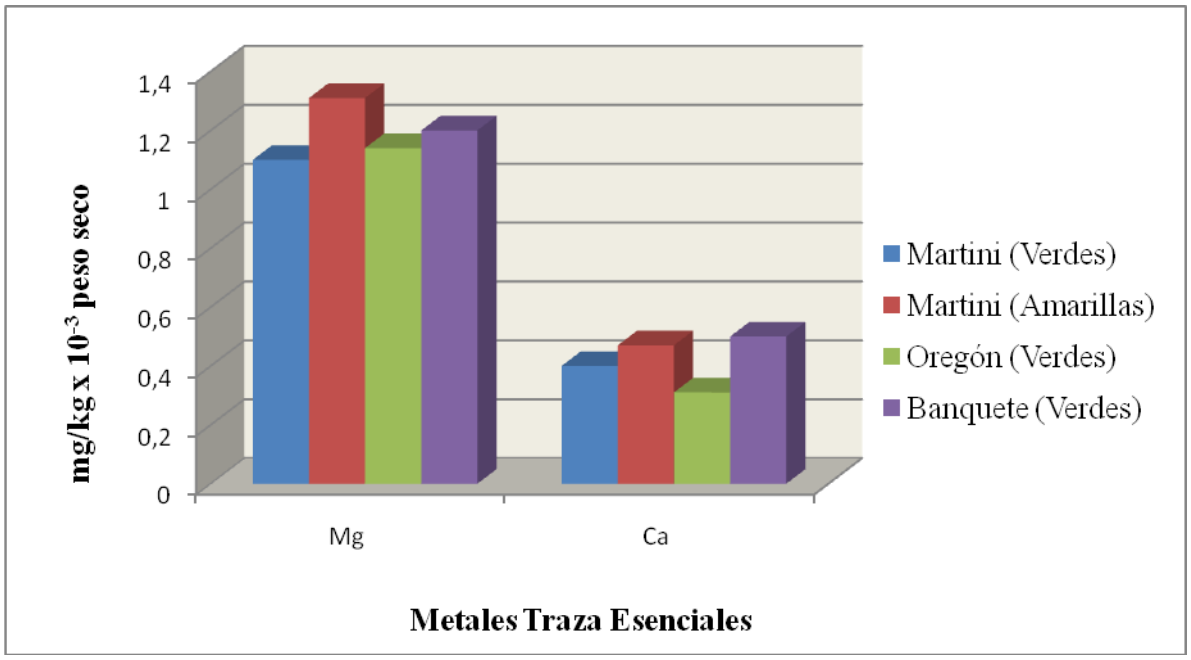


Tabla y Gráfico Nº 11: Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de granos frescos (congelados) de Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)		
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**
Frutos del Maipo	10,4	16,9	54,9
Sadia	6,97	14,9	55,6
La Crianza	11,0	22,5	44,3
Lider	7,47	16,7	47,1
Campo Lindo	8,84	12,5	40,6
Promedio	8,94	16,7	48,5

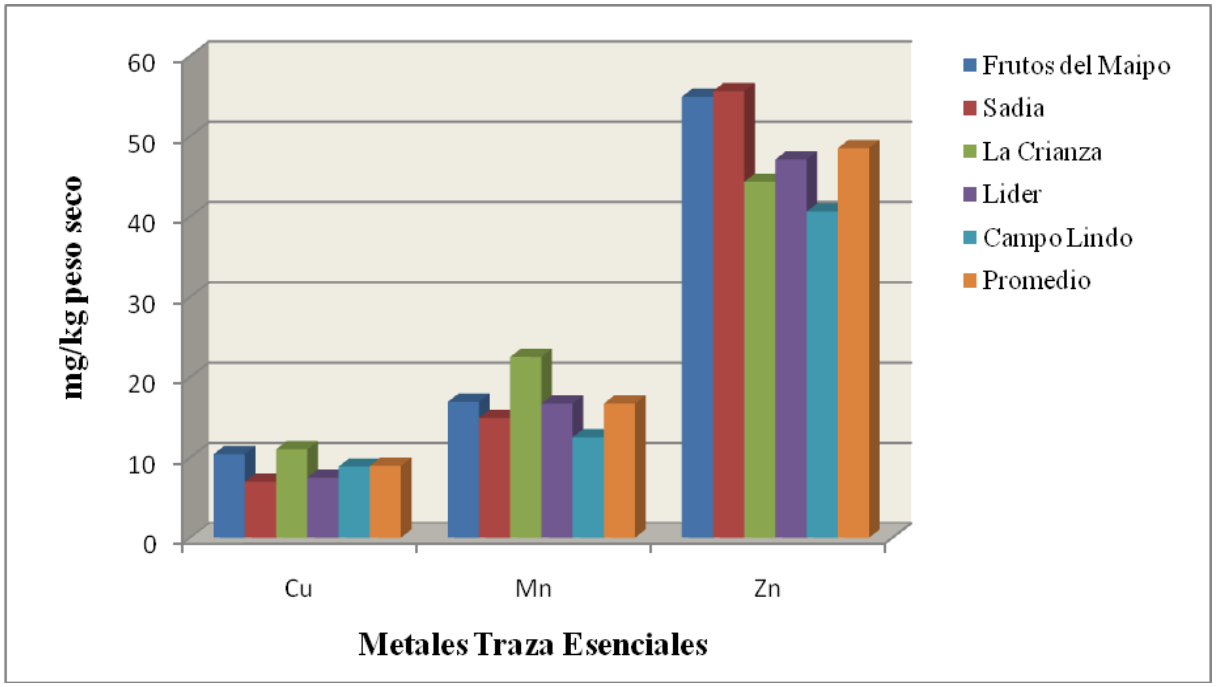


Tabla y Gráfico Nº 12: Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de granos frescos (congelados) de Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)		
Marca Comercial	**Fe x 10^{-3}**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Frutos del Maipo	0,69	1,62	3,46
Sadia	0,78	1,59	2,45
La Crianza	0,25	1,62	2,33
Lider	6,26	1,47	1,29
Campo Lindo	0,28	1,44	1,83
Promedio	1,65	1,55	2,27

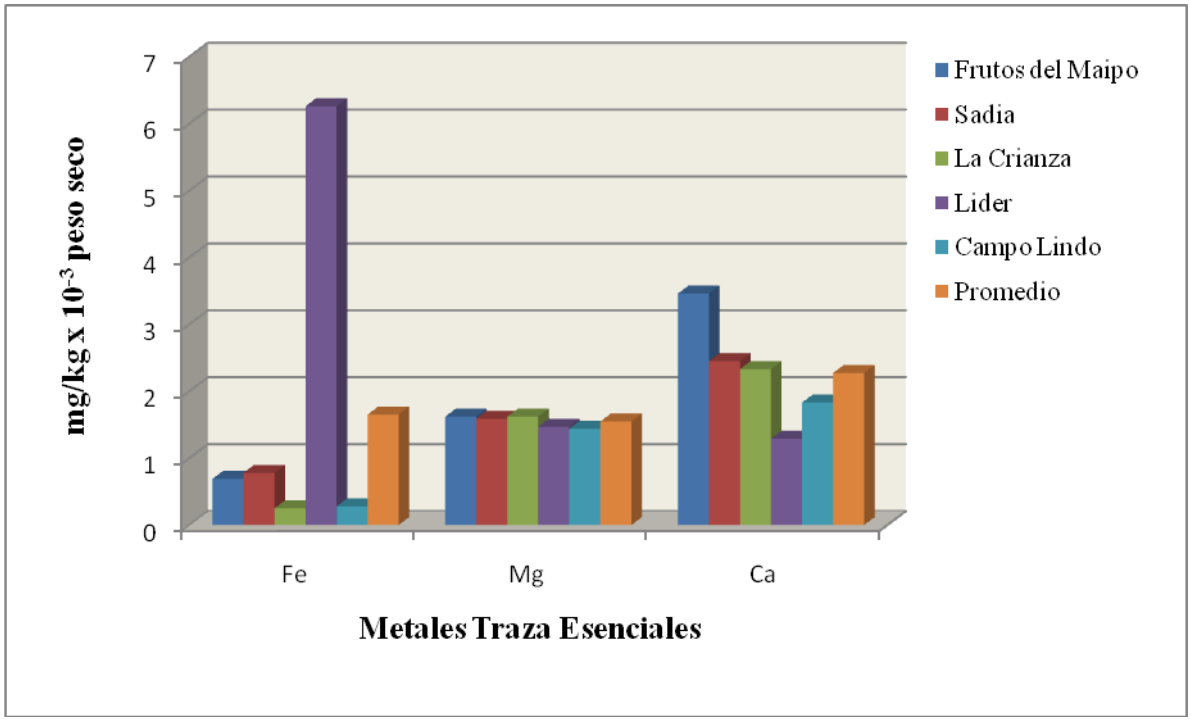


Tabla Nº 13: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de granos secos, recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

(<) Valores bajo el límite de cuantificación del equipo.

	Metales Traza No Esenciales (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cd**	**Pb**	**As**	**Hg**
Coscorrón Selecta	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Tórtola Lider	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Tórtola Martini	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Hallado Lider	< 0,11	< 0,96	**0,05**	<0,06
Hallado Campo Lindo	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Hallado Lo Mejor del Campo	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Negro Lider	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Tórtola Frutos del Maipo (Congelados)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Australiano *(Lupinus Angustifolius)*	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06

Tabla y Gráfico Nº 14: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de poroto verde (congelado), recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

(<) Valores bajo el límite de cuantificación del equipo.

	Metales Traza No Esenciales (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cd**	**Pb**	**As**	**Hg**
Lider	< 0,11	< 0,96	0,11	<0,06
Sadia	< 0,11	< 0,96	0,51	<0,06
Minuto Verde	< 0,11	< 0,96	0,11	<0,06

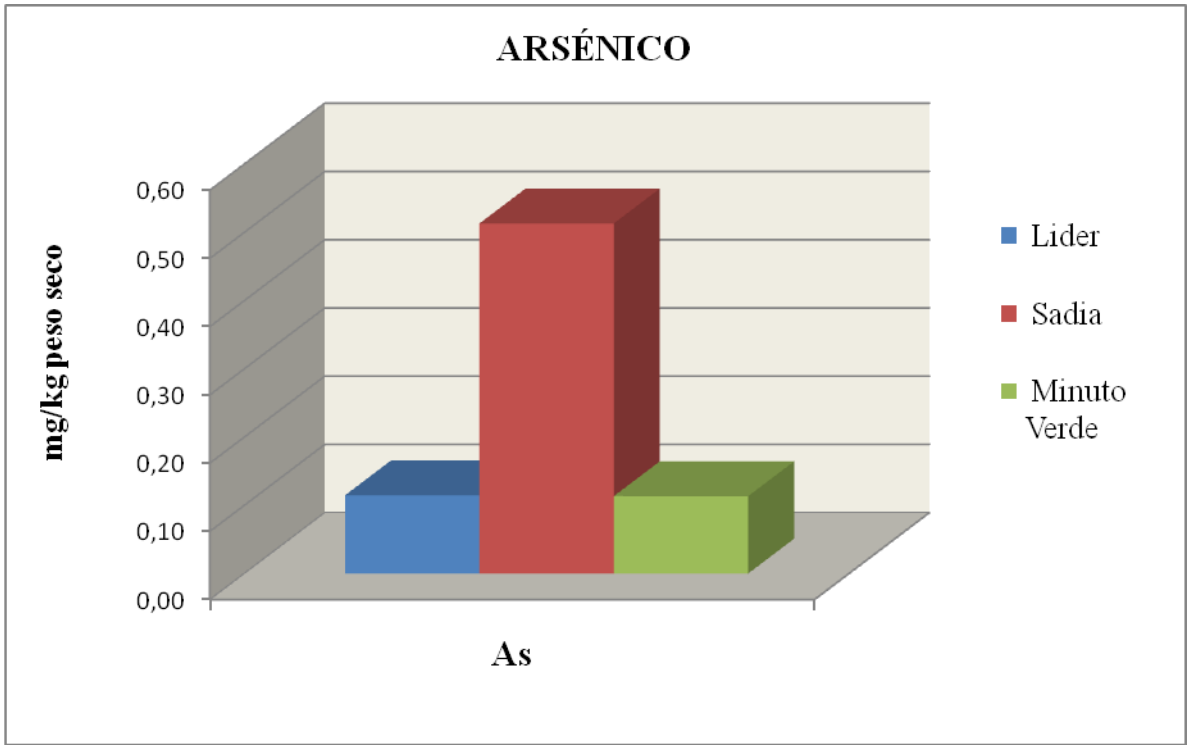


Tabla Nº 15: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg peso seco) de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en estado de cosecha de poroto granado (congelado), recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

(<) Valores bajo el límite de cuantificación del equipo.

	Metales Traza No Esenciales (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cd**	**Pb**	**As**	**Hg**
Frutos del Maipo	< 0,11	< 0,96	< 0,03	<0,06

Tabla Nº 16: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de Lentejas (*Lens culinaris*) recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

(<) Valores bajo el límite de cuantificación del equipo.

	Metales Traza No Esenciales (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cd**	**Pb**	**As**	**Hg**
Lider	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Martini	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Selecta	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Banquete	< 0,11	< 0,96	< 0,03	<0,06
Granada	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Frutos del Maipo (Congeladas)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06

Tabla Nº 17: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de granos secos de Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

(<) Valores bajo el límite de cuantificación del equipo.

	Metales Traza No Esenciales (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cd**	**Pb**	**As**	**Hg**
Martini (Verdes)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Martini (Amarillas)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Oregón (Verdes)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06
Banquete (Verdes)	< 0,11	< 0,96	< 0.03	<0,06

Tabla y Gráfico Nº 18: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg peso seco) en diferentes marcas de granos frescos (congelados) de Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

(<) Valores bajo el límite de cuantificación del equipo.

	Metales Traza No Esenciales (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cd**	**Pb**	**As**	**Hg**
Frutos del Maipo	< 0,11	< 0,96	0,35	<0,06
Sadia	< 0,11	< 0,96	0,11	<0,06
La Crianza	< 0,11	< 0,96	0,33	<0,06
Lider	< 0,11	**1,05**	0,28	<0,06
Campo Lindo	< 0,11	< 0,96	0,10	<0,06

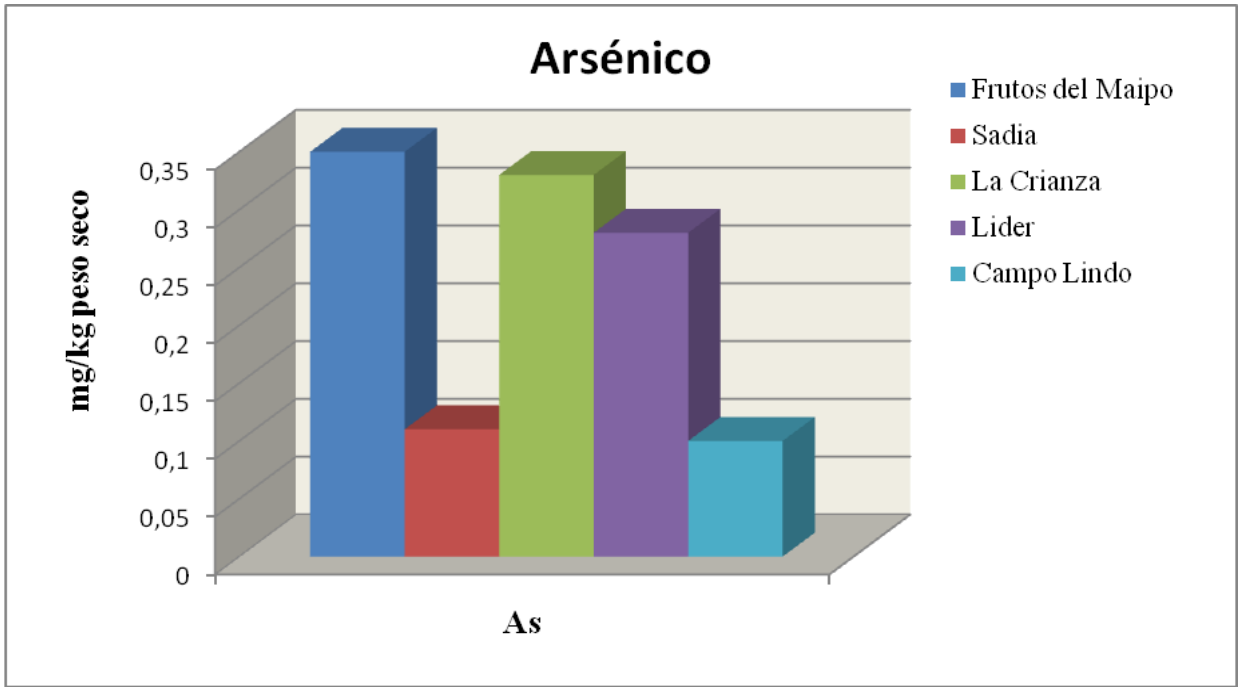


Tabla y Gráfico Nº 19: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus diferentes estado de cosecha, recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)			
Estado de Cosecha	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**
Granos Secos	8,46	38,6	39,6	92,7
Poroto Verde (Congelados)	11,5	19,9	56,2	536
Poroto Granado (Congelados)	7,46	12,6	26,6	96,0
Promedio	9,14	23,7	40,8	242

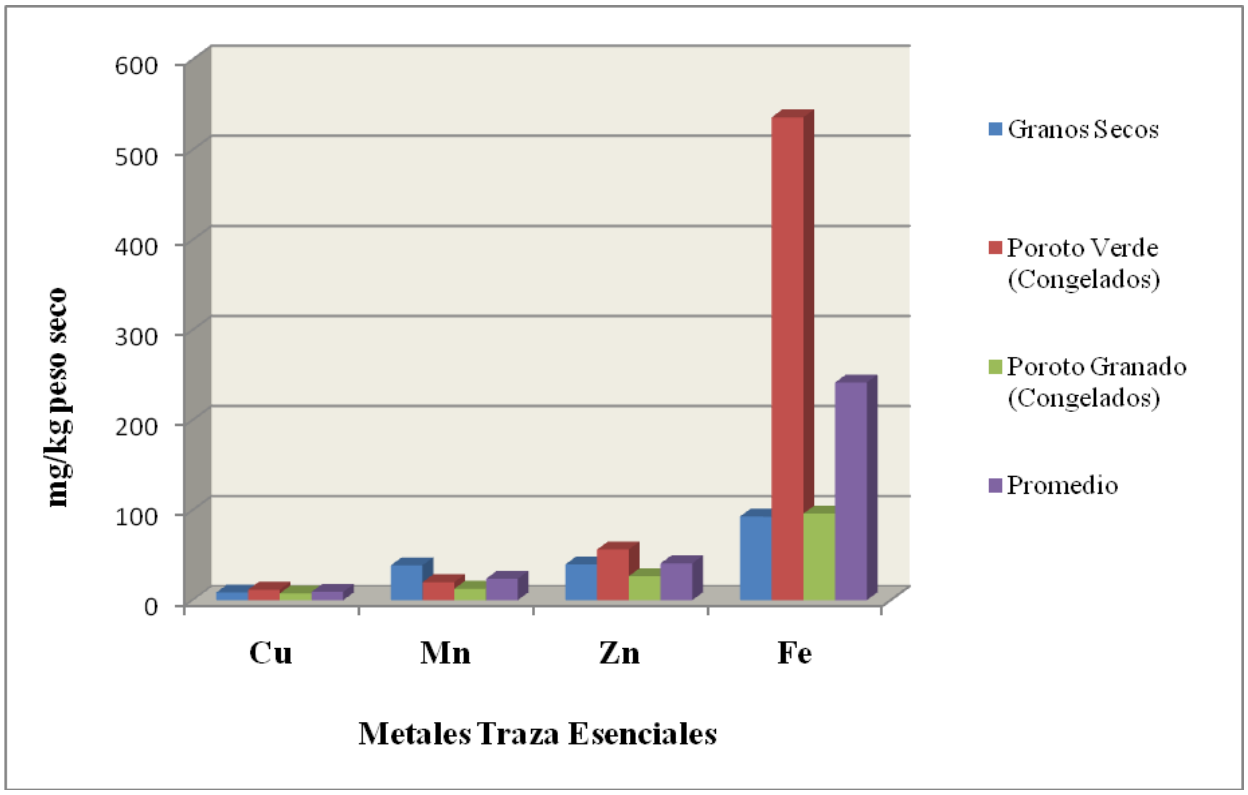


Tabla y Gráfico Nº 20: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus diferentes estado de cosecha, recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)	
Estado de Cosecha	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Granos Secos	1,88	2,67
Poroto Verde (Congelados)	4,07	9,67
Poroto Granado (Congelados)	1,80	4,96
Promedio	2,58	5,77

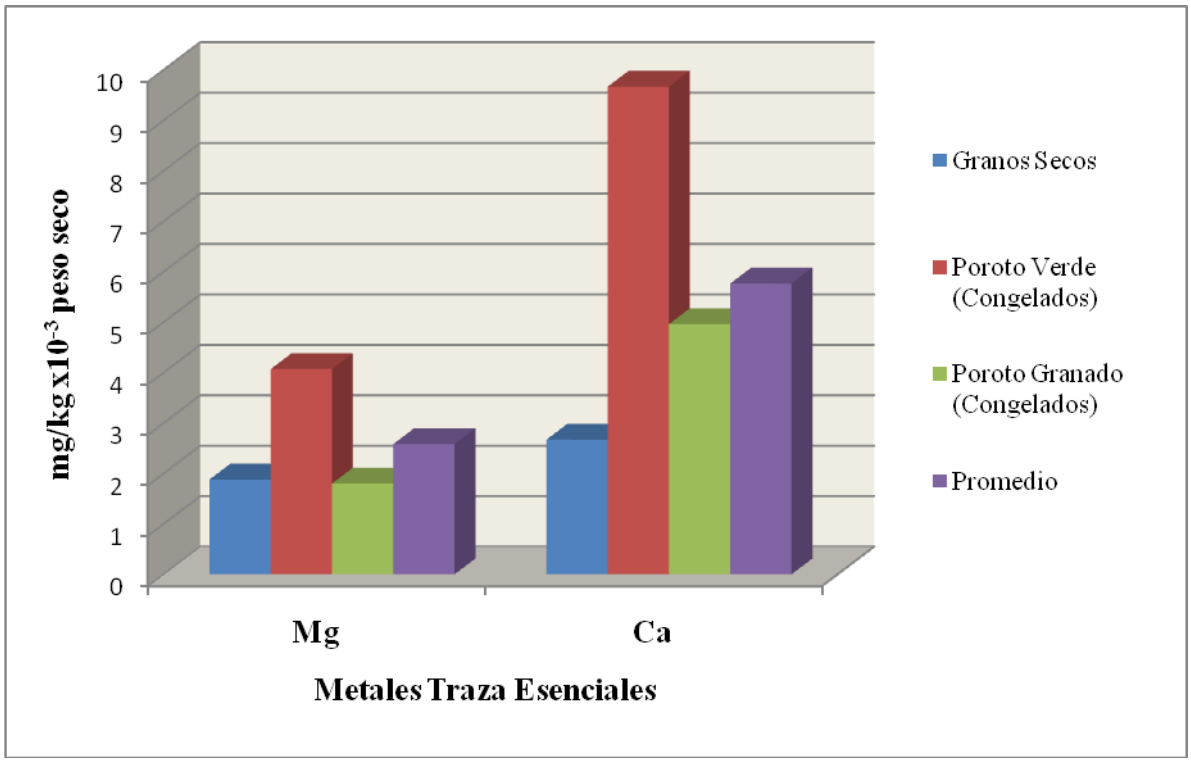


Tabla Nº 21: Comparación de la Concentración de Arsénico (mg/kg peso seco) en Porotos (*Phaseolus vulgaris*) en sus estado de cosecha Granos Secos, Poroto Verde y Poroto Granado, recolectados en supermercados de la ciudad de Valdivia.

Estado de Cosecha	**Arsénico (mg/kg peso seco)**
Granos Secos	< 0,03
Poroto Verde (Congelados)	0,25
Poroto Granado (Congelados)	< 0,03

Tabla Nº 22: Comparación de la Concentración de Arsénico (mg/kg peso seco) en Arvejas (*Pisum sativum*) en sus formas de granos secos y granos frescos, recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

(<) Valores bajo el límite de cuantificación del equipo.

Tipos de Granos	**Arsénico (mg/Kg peso seco)**
Granos Secos	< 0.03
Granos Frescos	0,23

Tabla y Gráfico Nº 23: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en Arvejas (*Pisum sativum*) en sus formas de granos secos y granos frescos, recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)		
Tipos de Granos	**Cu**	**Mn**	**Zn**
Granos Secos	6,65	9,25	45,8
Granos Frescos	8,94	16,7	48,5
Promedio	7,80	13,0	47,2

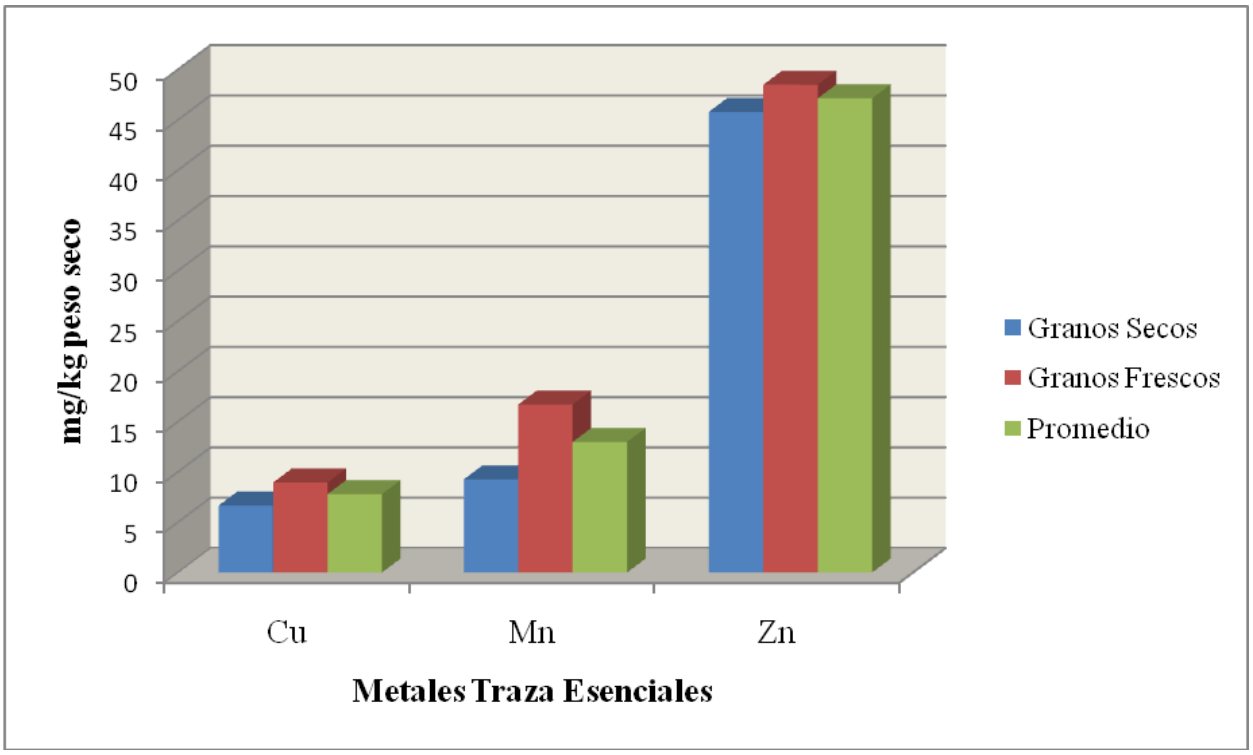


Tabla y Gráfico Nº 24: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en Arvejas (*Pisum sativum*) en sus formas de granos secos y granos frescos, recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)		
Tipos de Granos	**Fe x 10^{-3}**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Granos Secos	0,07	1,19	0,42
Granos Frescos	1,65	1,55	2,08
Promedio	0,86	1,37	1,25

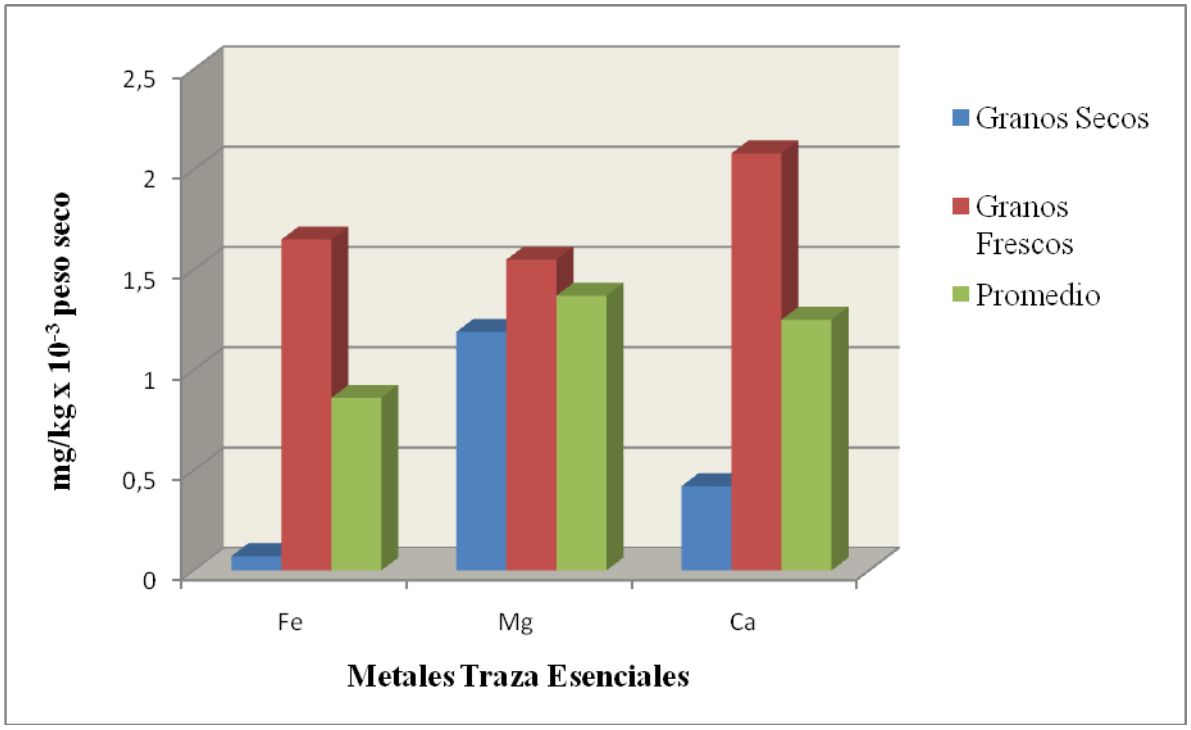


Tabla y Gráfico Nº 25: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)		
Legumbres	**Cu**	**Mn**	**Zn**
Porotos (*Phaseolus vulgaris*)	8,96	30,6	42,4
Lentejas (*Lens culinaris*)	8,48	13,4	50,2
Arvejas (*Pisum sativum*)	7,92	13,5	47,3

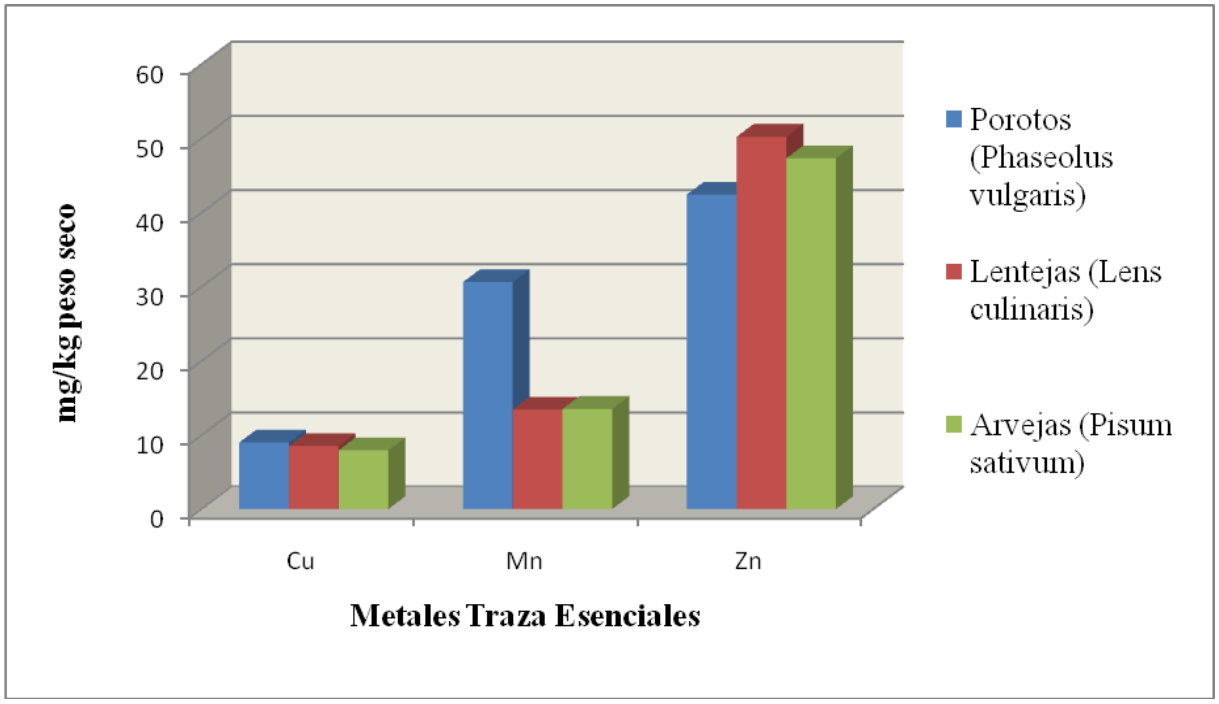


Tabla y Gráfico Nº 26: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)		
Legumbres	**Fe x 10^{-3}**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Porotos (*Phaseolus vulgaris*)	0,20	2,38	4,46
Lentejas (*Lens culinaris*)	0,12	1,33	1,03
Arvejas (*Pisum sativum*)	0,95	1,39	1,45

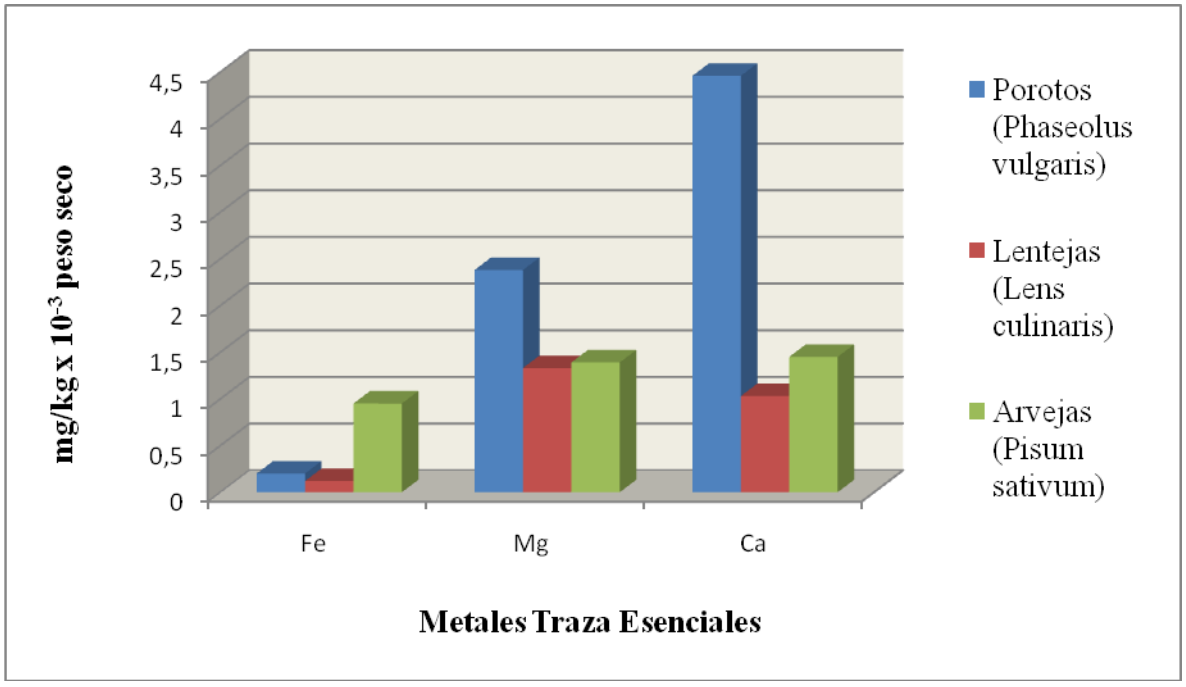


Tabla y Gráfico Nº 27: Comparación de la Concentración de Arsénico (mg/kg peso seco) en Porotos (*Phaseolus vulgaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*) recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

Legumbres	Arsénico (mg/kg peso seco)
Porotos (*Phaseolus vulgaris*)	0,20
Arvejas (*Pisum sativum*)	0,23

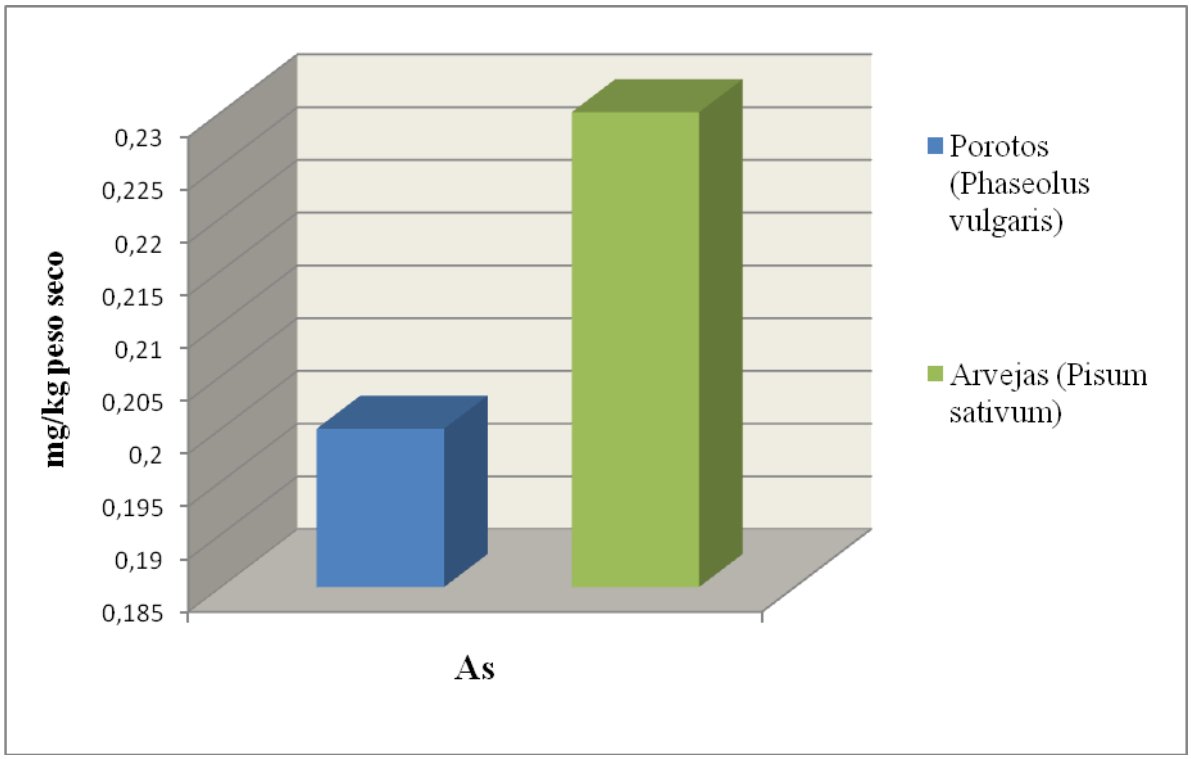


Tabla y Gráfico Nº 28: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de granos secos de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)			
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**
Selecta	8,49	16,6	43,5	93,7
Lider	8,81	14,1	41,6	115
Martini	7,83	10,9	37,5	76,0
Campo Lindo	6,82	11,4	29,1	70,3
Lo Mejor del Campo	8,19	12,4	39,0	77,7
Australiano	5,07	212	36,9	55,7
Banquete	7,92	12,9	67,7	112
Granada	8,35	12,5	43,2	64,0
Oregón	6,91	9,78	37,4	62,0
Promedio	7,60	34,7	41,8	80,7

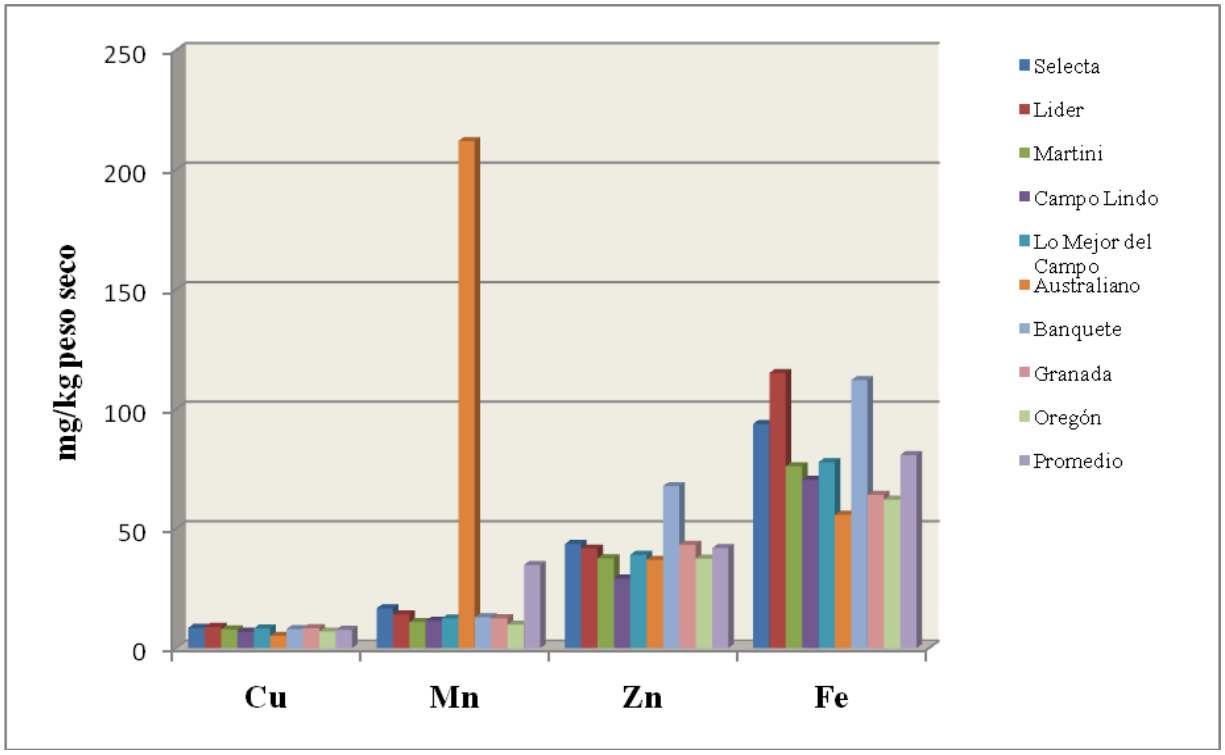


Tabla y Gráfico Nº 29: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas granos secos de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)	
Marca Comercial	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Selecta	1,68	2,54
Lider	1,76	1,94
Martini	1,31	0,87
Campo Lindo	2,27	1,99
Lo Mejor del Campo	2,40	3,39
Australiano	1,48	2,52
Banquete	1,37	0,78
Granada	1,07	0,64
Oregón	1,14	0,31
Promedio	1,60	1,66

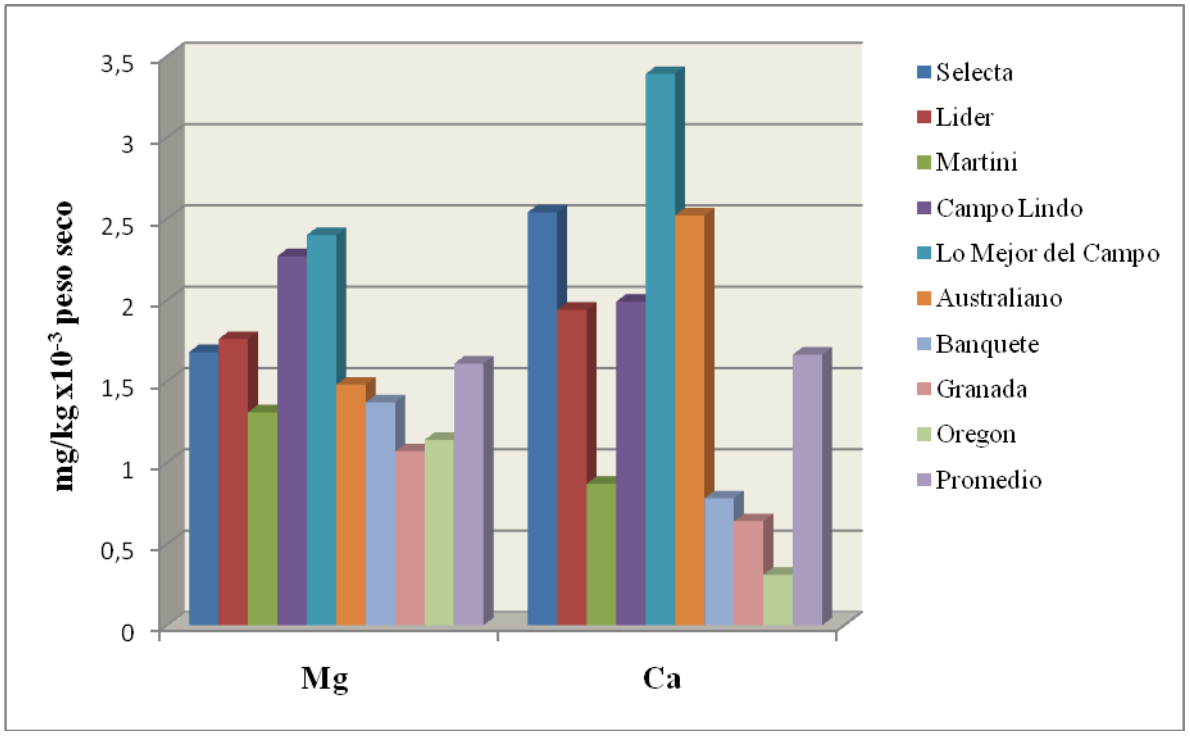


Tabla y Gráfico Nº 30: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de congelados de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios (mg/kg peso seco)		
Marca Comercial	**Cu**	**Mn**	**Zn**
Frutos del Maipo	8,78	14,1	49,6
Lider	10,8	17,1	54,3
Sadia	8,74	19,4	53,3
Minuto Verde	10,0	18,6	56,2
La Crianza	11,0	22,5	44,3
Campo Lindo	8,84	12,5	40,6
Promedio	9,69	17,4	49,7

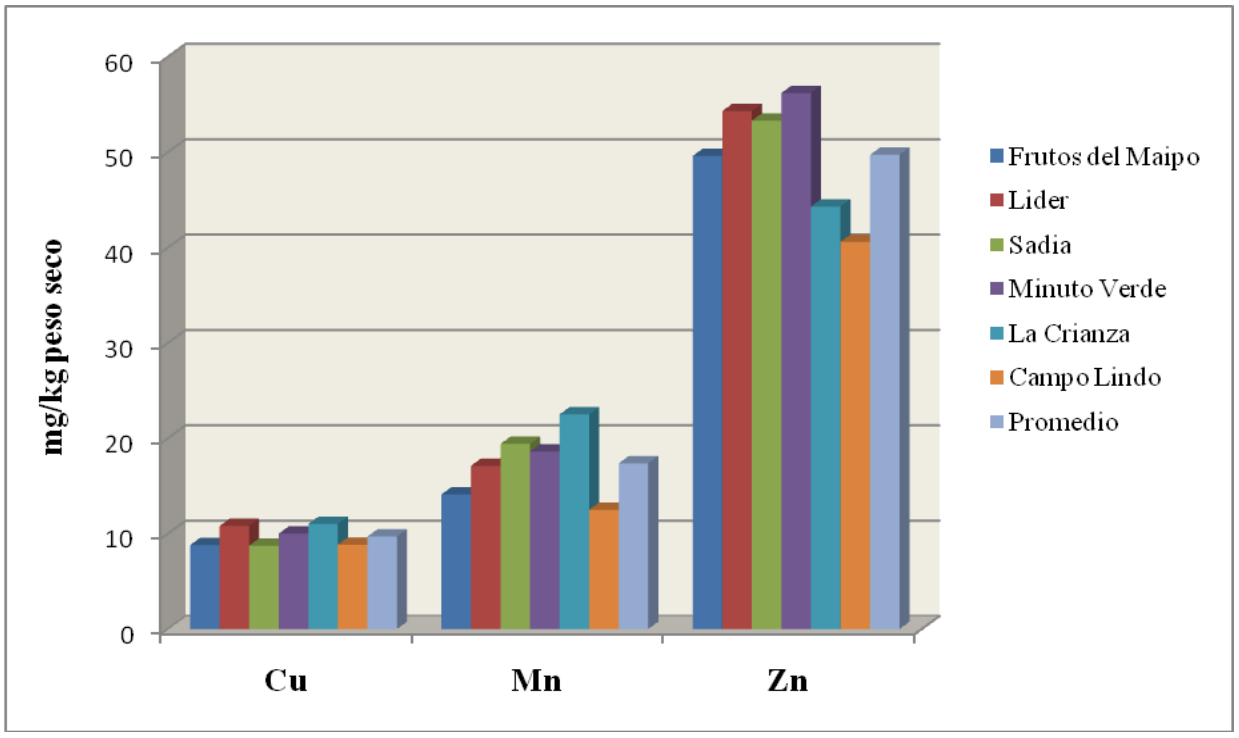


Tabla y Gráfico Nº 31: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de congelados de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

	Metales Traza Esenciales Mayoritarios (mg/kg peso seco)		
Marca Comercial	**Fe x 10^{-3}**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Frutos del Maipo	0,28	1,58	3,40
Lider	3,39	2,89	5,33
Sadia	0,71	2,83	5,79
Minuto Verde	0,45	3,81	10,5
La Crianza	0,25	1,62	2,33
Campo Lindo	0,28	1,44	1,83
Promedio	0,89	2,36	4,86

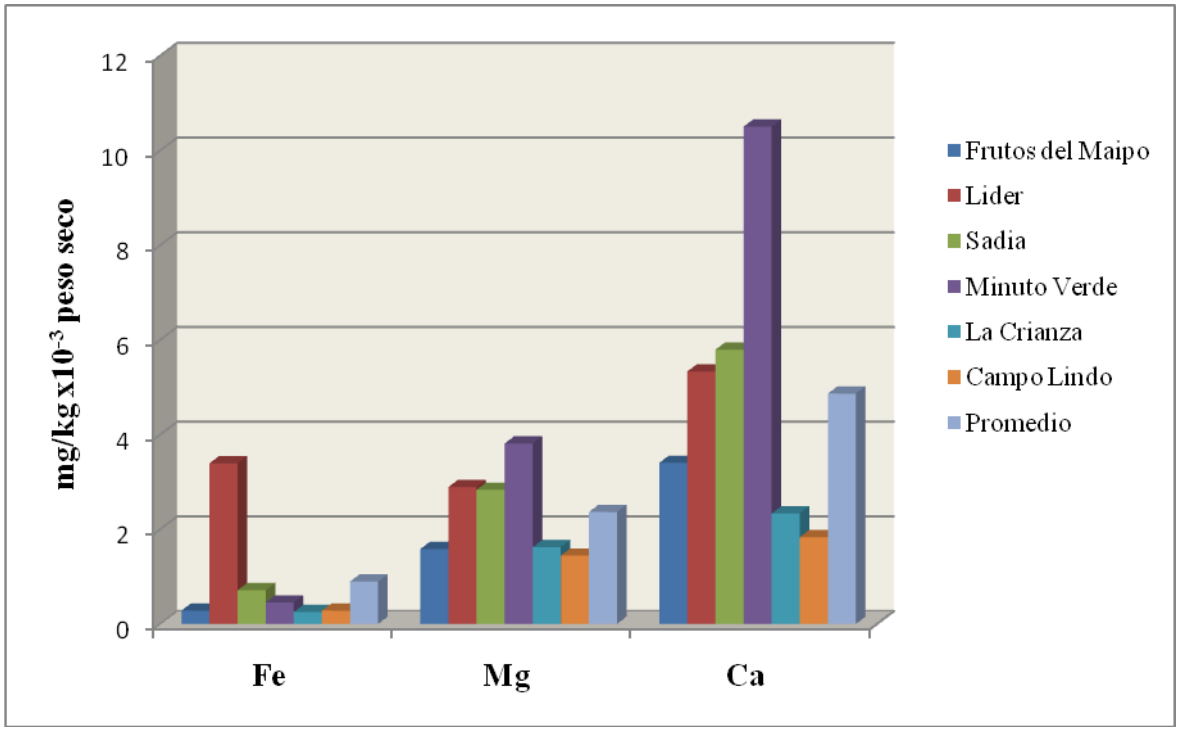


Tabla y Gráfico Nº 32: Comparación de la Concentración Arsénico (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de congelados de Porotos (*Phaseolus vulgaris*), Lentejas (*Lens culinaris*) y Arvejas (*Pisum sativum*), recolectadas en supermercados de la ciudad de Valdivia.

Marca Comercial	Arsénico (mg/kg peso seco)
Frutos del Maipo	0,20
Lider	0,20
Sadia	0,31
Minuto Verde	0,11
La Crianza	0,33
Campo Lindo	0,10
Promedio	0,21

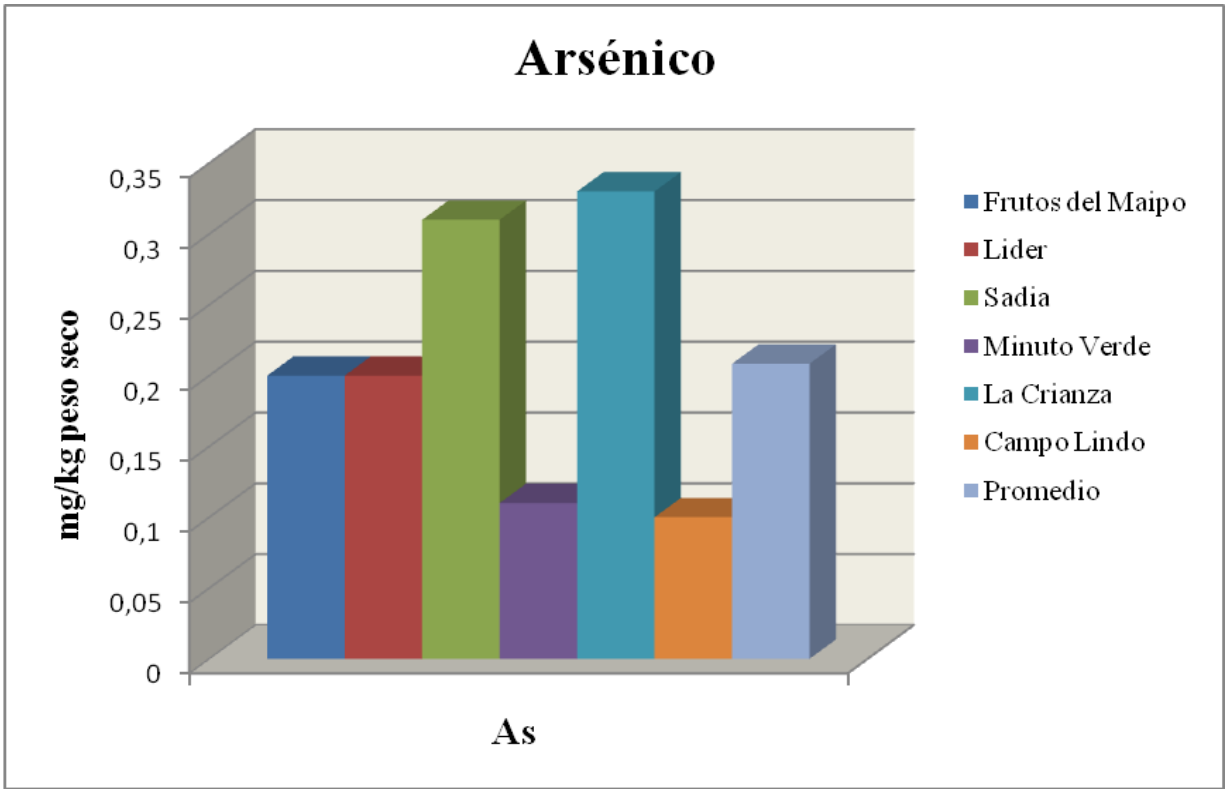


Tabla y Gráfico Nº 33: Comparación de la Concentración de Metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn e Fe) y mayoritarios (Mg y Ca) en muestras de porotos negros con otros estudios realizados en diferentes países.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios mg/kg peso seco					
Estudios	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Este Estudio	8,65	16,8	34,5	96,8	2,00	2,81
Sammán *et al.* 1999	12,2	-	35,2	159	-	-
Parengam *et al.* 2010	-	15,1	40,4	47,9	1,29	0,52

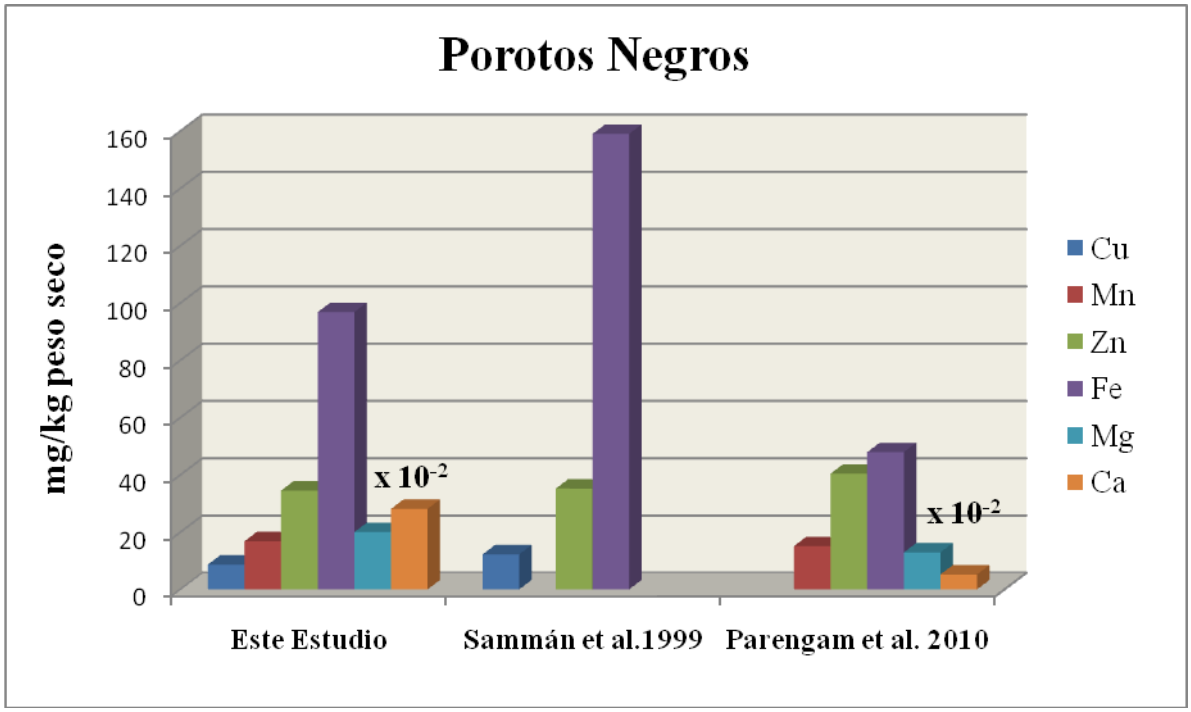


Tabla y Gráfico Nº 34: Comparación de la Concentración de Metales traza esenciales minoritarios (Cu, Zn e Fe) y mayoritarios (Mg y Ca) en muestras de Porotos (*Phaseolus vulgaris*) con otros estudios realizados en diferentes países.

	Metales Traza Esenciales Minoritarios mg/kg peso seco				
Estudios	**Cu**	**Zn**	**Fe**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Este Estudio	8,96	42,4	195	2,38	4,46
Quinteros *et al.* 2002	-	35,1	74,8	1,57	1,03
Sebastiá *et al.* 2001	-	36,9	75,1	-	1,46
Sauquillo *et al.* 2003	-	23,7	38,5	-	0,33
Cabrera *et al.* 2003	3,00	46,9	64,4	-	-

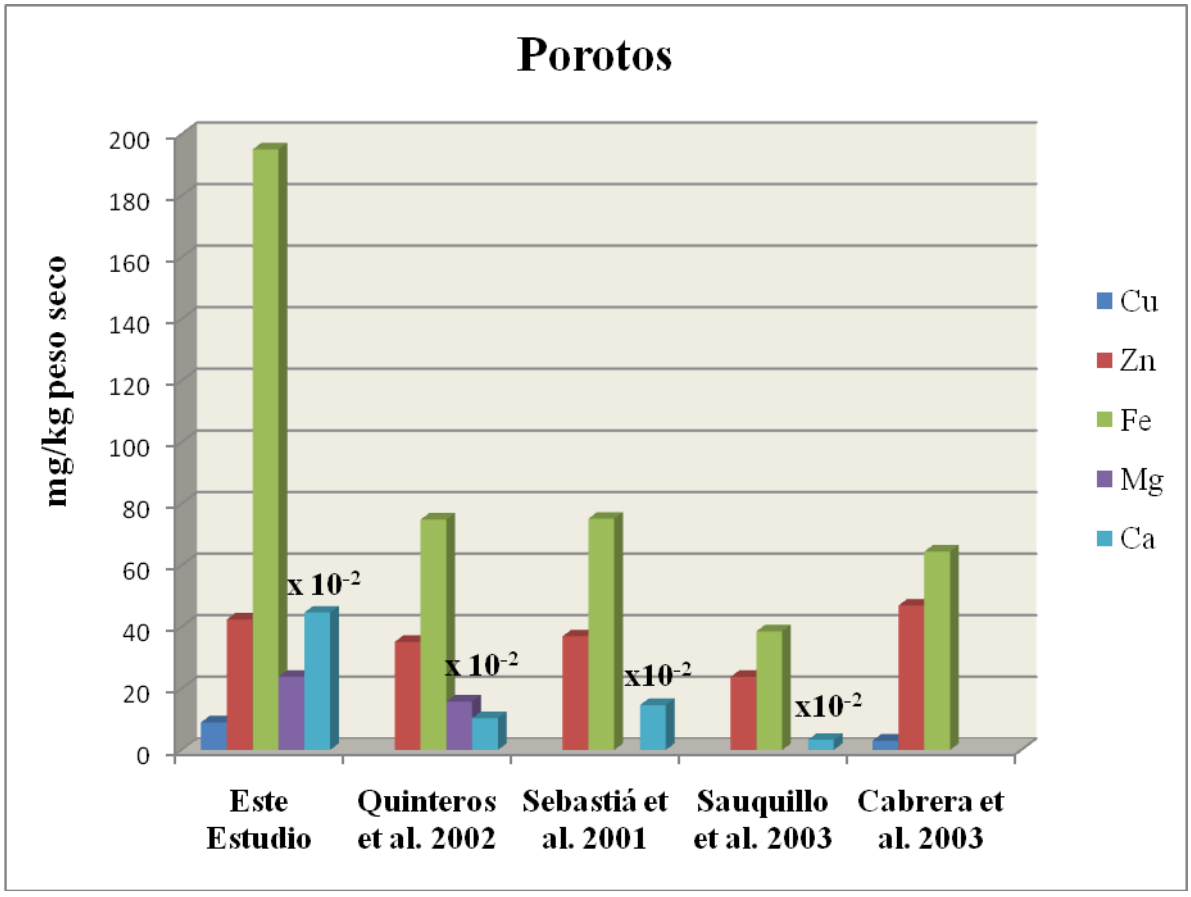


Tabla y Gráfico Nº 35: Comparación de la Concentración de Metales traza esenciales minoritarios (Cu, Zn e Fe) y mayoritarios (Mg y Ca) en muestras de Lentejas (*Lens culinaris*) con estudios realizados en diferentes países.

	Metales Traza Esenciales mg/kg peso seco					
Estudios	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Este Estudio	8,48	13,4	50,2	120	1,33	1,03
Quinteros *et al.* 2002	-	-	36,5	86,0	1,03	0,58
El-Sweify *et al.* 2007	-	-	30,7	71,5	-	-
Iqbal *et al.* 2006	99	16,0	44,0	31,0	0,1	1,20
Sebastiá *et al.* 2001	-	-	33,6	73,6	-	0,72
Sauquillo *et al.* 2003	-	-	22,6	12,7	-	0,15
Cabrera *et al.* 2003	2,5	-	56,5	71,0	-	-

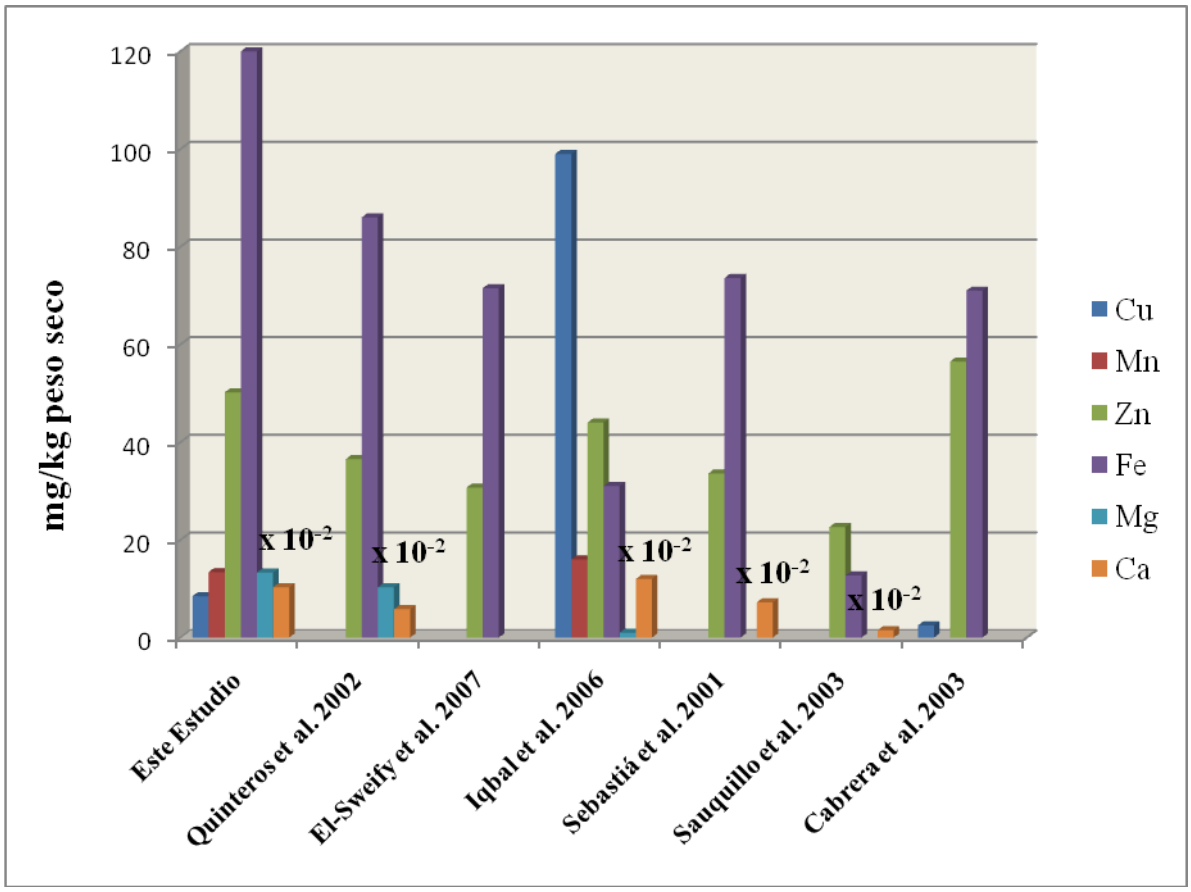
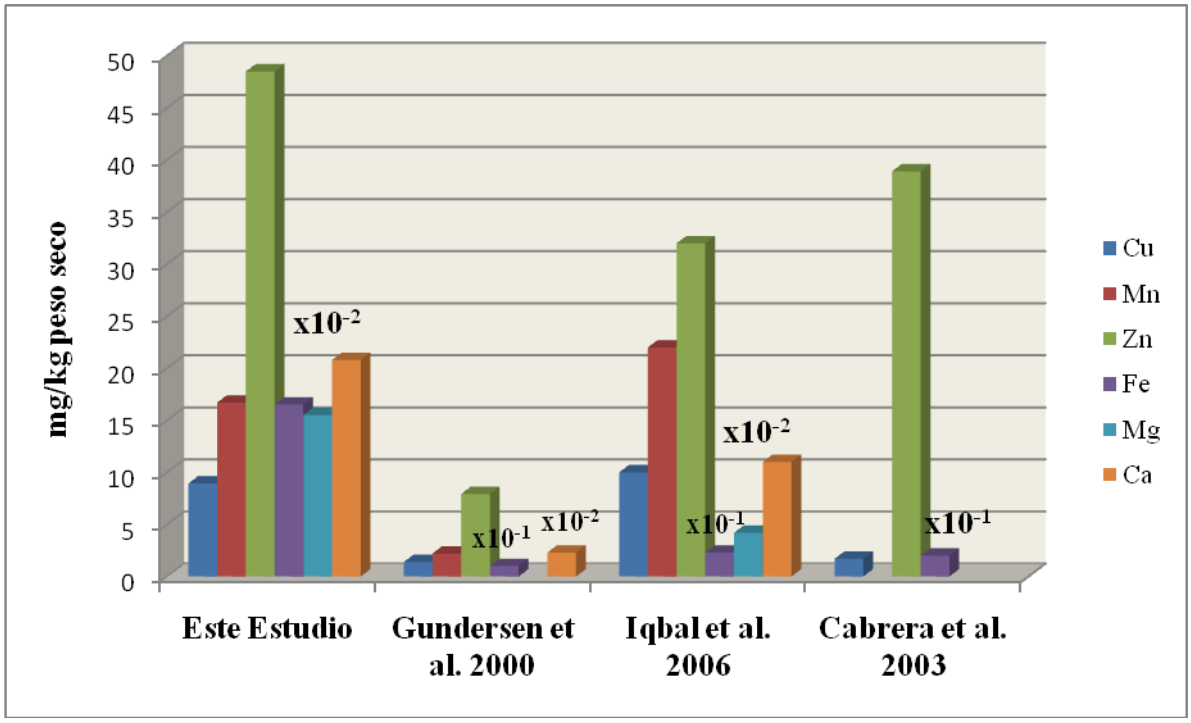


Tabla y Gráfico Nº 36: Comparación de la Concentración de Metales traza esenciales minoritarios (Cu, Zn e Fe) y mayoritarios (Mg y Ca) en muestras de granos frescos de Arvejas (*Pisum sativum*) con estudios realizados en diferentes países.

	Metales Traza Esenciales mg/kg peso seco					
Estudios	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Fe x 10^{-3}**	**Mg x 10^{-3}**	**Ca x 10^{-3}**
Este Estudio	8,94	16,7	48,5	1,65	1,55	2,08
Gundersen *et al.* 2000	1,39	2,21	7,93	0,01	-	0,23
Iqbal *et al.* 2006	100	22,0	32,0	0,02	0,04	1,10
Cabrera *et al.* 2003	1,70	-	38,9	0,02	-	-