



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias
Escuela de Química y Farmacia

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

“DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA (Pb, Cd, Cu, Mn, Zn, Fe, Ca, Mg, Hg y As)
EN ALIMENTOS: CHAMPIÑONES, POLENTA, GARBANZOS Y MAÍZ MEDIANTE
ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA ”

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

BERTA ISABEL GUERRERO SCHWERTER

VALDIVIA-CHILE

2011

Dedicado a mis dos grandes amores, Yordan y Constanza.

A mis padres Anita y Hugo y, a mis hermanos,

Hugo, Nicolás y Luciano.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía y haberme dado la fortaleza necesaria para culminar este trabajo. Al Laboratorio de Elementos Traza y Nutrientes del Instituto de Química de la Universidad Austral de Chile por el financiamiento otorgado y, por supuesto, a mi querido profesor patrocinante, Doctor Eduardo Quiroz, que ha estado presente a lo largo de todo este camino recorrido, estoy enormemente agradecida por sus enseñanzas, consejos, apoyo, paciencia, confianza, buena disposición y, por sobre todo, por hacer de este viaje algo divertido y placentero.

También quiero dar las gracias al Doctor Hernán Palma, ya que siempre ha tenido una excelente disposición en todos los momentos que he requerido de su ayuda, le agradezco su preocupación y cariño entregado, sus consejos y su grata compañía. A la Doctora Susan Hess, porque estuvo presente en momentos muy importantes en mi vida, con sus sabios consejos y preocupación de madre y profesora a la vez.

Además, quiero agradecer de forma muy especial al Profesor Bernardo Jara, ya que sus enseñanzas, consejos, cariño y ánimo entregados han sido fundamentales para poder llegar hasta este momento en el que finaliza una gran etapa de mi vida.

Agradezco enormemente a mi familia: A mi tesorito máspreciado, mi hija, que ha sido mi inspiración y mi motivo de superación. A mi marido, por su comprensión, apoyo y amor incondicional. A mi madre querida, que sin su apoyo habría sido imposible llegar hasta donde estoy ahora, por su enorme paciencia y fe en mí. A mis hermanos, por su cariño, preocupación y compañía.

Para finalizar, doy gracias también a todos mis amigos, que me han acompañado en las buenas y en las malas y, que de una u otra forma, han estado presentes y colaborado en este gran logro.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Metales Pesados.	1
Importancia de los Elementos Traza.	3
Fuentes de Contaminación de Metales Pesados.	4
Elementos a analizar.	5
Plomo.	5
Cadmio	6
Cobre.	7
Manganeso.	8
Zinc.	9
Hierro.	10
Calcio.	12
Magnesio.	13
Mercurio.	14
Arsénico.	16
HIPÓTESIS DE TRABAJO	18
OBJETIVO(S) GENERAL(ES)	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
MATERIALES Y MÉTODOS	19

RESULTADOS _____ **20**

Metales Traza Esenciales. _____ **20**

Metales Traza no Esenciales. _____ **21**

- Cadmio (Cd): _____ 21
- Plomo (Pb): _____ 21
- Arsénico (As): _____ 22
- Mercurio (Hg): _____ 22

DISCUSIÓN _____ **23**

Maíz (*Zea mays*): _____ 23

Polenta (*Zea mays*): _____ 27

Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*): _____ 30

Garbanzos (*Cicer arietinum*): _____ 35

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en Maíz (*Zea mays*) y Polenta (*Zea mays*): _____ 38

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Garbanzos (*Cicer arietinum*) en sus diferentes tipos de grano (grano fresco y grano seco): _____ 39

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Garbanzos (*Cicer arietinum*) en sus diferentes tipos de grano (grano con piel y sin piel): _____ 41

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Champiñones en sus distintas variedades (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*): _____ 42

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Champiñones (<i>Agaricus bisporus</i> , <i>Lentinula edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i>) en sus distintas marcas (“Nature’s Farm”, “Abrantes”, “Setas del Huerto”):	47
Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en los diferentes alimentos analizados:	50
CONCLUSIÓN	54
Maíz (<i>Zea mays</i>):	54
Polenta (<i>Zea mays</i>):	55
Champiñones (<i>Agaricus bisporus</i> , <i>Lentinula edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i>):	57
Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i>):	59
Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en Maíz (<i>Zea mays</i>) y Polenta (<i>Zea mays</i>):	60
Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i>) en sus diferentes tipos de grano (grano fresco y grano seco):	61
Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i>) en sus diferentes tipos de grano (grano con piel y sin piel):	61
Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Champiñones en sus distintas variedades (<i>Agaricus bisporus</i> , <i>Lentinula edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i>) y marcas (Nature’s Farm, Abrantes, Setas del Huerto):	62
Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en los diferentes alimentos analizados:	65

LITERATURA CITADA	69
ANEXO 1	80
<i>(Metodología del tratamiento de las muestras)</i>	80
ANEXO 2	87
<i>(Resultados: Tablas y Gráficos)</i>	87
ANEXO 3	96
<i>(Discusión: Tablas y Gráficos)</i>	96

RESUMEN

Los metales pesados son considerados muy peligrosos por su capacidad de bioacumularse y biomagnificarse en la cadena trófica. Es por ello que ha surgido el interés de investigar los metales pesados, tanto su concentración como sus efectos en los organismos y en el medio ambiente.

El objetivo de este estudio fue cuantificar los metales esenciales (Cu, Mn, Zn, Fe, Mg, Ca) y no esenciales (Cd, Pb, As, Hg) en Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*), Polenta (*Zea mays*), Garbanzos (*Cicer arietinum*) y Maíz (*Zea mays*) para contribuir a la creación de una base de datos chilena que sirva de referencia para estudios posteriores y, además, determinar algún posible impacto en el riesgo de la salud humana por la exposición a metales pesados.

Para la determinación de los metales se utilizó el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica en su modalidad llama para Cu, Mn, Zn, Fe, Mg y Ca, acoplado a un Generador de Hidruros para As y “Cool Vapor” para Hg.

Todas las muestras presentaron concentraciones aceptables de metales esenciales, excepto algunas muestras de Champiñones en las cuales se encontró la presencia de Cd, Pb, As y Hg.

Los rangos de concentración, referidos en mg/Kg peso seco, obtenidos fueron: Cu (0 – 46,9), Mn (1,15 – 35,5), Zn (6,08 – 142), Fe (9,13 – 161), Mg (291 – $1,75 \times 10^3$), Ca (13,5 – $1,04 \times 10^3$), Cd (0 – 1,37), Pb (0 – 2,77), As (0 – 754), Hg (0 – 170).

SUMMARY

Heavy metals are considered very dangerous because their ability to bioaccumulate and biomagnify in the food chain. That is why it has arisen the interest to investigate heavy metals, for their concentration and effects in organisms and environment.

The aim of this study was to quantify the essential elements (Cu, Mn, Zn, Fe, Mg, Ca) and nonessential elements (Cd, Pb, As, Hg) in mushrooms (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*), cornmeal (*Zea mays*), chickpeas (*Cicer arietinum*) and maize (*Zea mays*), in order to contribute to the creation of a Chilean database as a reference for further studies and also to determine any possible heavy metals impact on human health risk.

For the determination of metals was used the method of Atomic Absorption Spectrophotometry technique in flame mode for Cu, Mn, Zn, Fe, Mg and Ca was used. To measure As the hydride generator mode and for Hg “cool vapor” mode were used.

All samples showed acceptable essential elements levels, except some mushrooms samples, in which presence of Cd, Pb, As and Hg was found.

The concentration ranges, referred to in mg/Kg dry weight, obtained were: Cu (0 – 46,9), Mn (1,15 – 35,5), Zn (6,08 – 142), Fe (9,13 – 161), Mg (291 – $1,75 \times 10^3$), Ca ($13,5 - 1,04 \times 10^3$), Cd (0 – 1,37), Pb (0 – 2,77), As (0 – 754), Hg (0 – 170).

INTRODUCCIÓN

Metales Pesados.

Los metales pesados y elementos traza son de gran importancia en el medio ambiente por su trascendencia en la contaminación de suelos y, por lo tanto, de cultivos agrícolas. Esta presencia puede ser de naturaleza geogénica (natural) o de origen antropogénico. Se habla de origen natural cuando el contenido de metales se debe a la composición de distintos minerales presentes en el suelo y, cuando la concentración de metales es mayor a la correspondiente a su composición geoquímica debido a las actividades industriales, mineras y agrícolas del hombre se habla de origen antropogénico (Carrasco, 2005).

Los contaminantes geogénicos pueden proceder de la propia roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o del lixiviado de mineralizaciones; en cambio, los contaminantes antropogénicos, se producen por los residuos peligrosos derivados de actividades industriales, agrícolas, mineras, etc. y de los residuos sólidos urbanos. (Galán y Romero, 2008). Cuando un contaminante es liberado al medio existe la posibilidad de que ocurran varios procesos de transporte, transformación y acumulación. (Martínez *et al.*, 2005).

Los metales pesados se encuentran de manera natural en la litósfera, hidrósfera y atmósfera en concentraciones que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida; sin embargo, los procesos antrópicos han ocasionado un paulatino aumento de

dichas concentraciones en los diferentes componentes de la corteza terrestre (Vélez, 2007).

El término bioacumulación se encuentra estrechamente ligado a la biomagnificación. Bioacumulación es la acumulación neta en un organismo de metales provenientes de fuentes bióticas (otros organismos) o abióticas (suelo, aire o agua). Es el resultado neto de la captación, distribución y eliminación de una sustancia en un organismo debido a la exposición al agua, alimentos, sedimentos y aire. Para que se produzca bioacumulación, la tasa de absorción debe ser mayor que la tasa de pérdida del metal desde los tejidos del organismo (Neff, 2002).

Si una sustancia química es incorporada a nivel de un determinado eslabón de la cadena trófica, por ejemplo a nivel de zooplancton de un ecosistema de agua dulce, todos los eslabones que dependan tróficamente de él (peces y otros depredadores zooplanctótrofos) irán incorporándola a su vez. Siendo una sustancia persistente, se irá acumulando en concentraciones cada vez mayores al ir ascendiendo en la pirámide trófica. Éste es el concepto de biomagnificación, e implica una transferencia eficaz del compuesto químico desde el alimento al consumidor, de manera que la concentración de este residuo aumenta sistemáticamente de un nivel trófico al inmediatamente superior (Sánchez, 2006).

La absorción y acumulación de los metales pesados por las plantas dependen de: el movimiento de los metales desde la solución suelo a la raíz de la planta, el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz, el transporte de los metales desde las células corticales al xilema desde donde la solución con metales

se transporta de la raíz a los tallos, y, la posible movilización de los metales desde las hojas hacia los tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos) por el floema. Después que los metales han sido absorbidos por la planta, están disponibles para los herbívoros y seres humanos directamente o a través de la cadena alimentaria (John y Leventhal, 1995).

El grado de toxicidad de los metales dependerá en parte de la naturaleza de los mismos (“especiación”), del tipo de combinación química en la cual interviene el metal, de los agentes quelantes que se hallen en el medio y de la adaptación de las distintas especies frente al metal (Echavarri, 2007).

Importancia de los Elementos Traza.

Muchos elementos minerales presentes en los tejidos vivos, alimentos y dietas se encuentran en tan pequeñas cantidades que son descritos frecuentemente como “trazas”, de ahí el término “elementos traza”. Hasta el momento, menos de un tercio de los 90 elementos presentes naturalmente son conocidos por ser esenciales para la vida (Aras y Yavuz, 2006).

Un elemento traza o microelemento de importancia biológica es aquél que se encuentra en los organismos en concentraciones menores a 1000 mg/kg. A pesar de ser una concentración tan pequeña su importancia biológica es enorme. Se estima que más de la mitad de la población mundial padece de deficiencias de leves a críticas de al menos un elemento traza (Benavides *et al*, 2010).

El término esencial se aplica cuando un déficit medible del elemento en la dieta reduce el crecimiento y vitalidad del organismo en un grado reproducible (Morton, 2006). Los metales no esenciales son aquéllos que no presentan ninguna función biológica; sin embargo, tanto los esenciales como los no esenciales son perjudiciales en altas concentraciones. Existe una cantidad mínima y máxima de metales pesados entre las cuales el desarrollo del organismo es considerado normal, fuera de estos intervalos podrían aparecer manifestaciones patológicas como las enfermedades por deficiencia y las intoxicaciones (Rimblas, 2004). Una característica importante de estos metales es que no pueden ser degradados o destruidos ni química ni biológicamente, sólo pueden acumularse o alterarse para su extracción (Goldaracena, 2007).

Fuentes de Contaminación de Metales Pesados.

Los metales que se encuentran en los alimentos deben su presencia a diferentes causas, que van desde su obtención o cultivo, hasta su industrialización y distribución (Valle y Lucas, 2000).

El suelo es la principal fuente de elementos traza para las plantas y para los micronutrientes y contaminantes. También es una fuente directa de estos elementos a los seres humanos debido a la ingestión del suelo afectado, geofagia, inhalación de polvo y absorción por la piel (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

Según Zeeuw y Lock (2000), las principales causas de contaminación del suelo con metales pesados son el riego con agua de cauces y aguas residuales contaminadas por industrias, la aplicación de residuos sólidos contaminados y el uso de

antiguos terrenos industriales contaminados por los vertidos de aceite y desechos industriales.

Elementos a analizar.

Plomo.

Entre los metales tóxicos el plomo es de gran relevancia, debido a que no cumple ninguna función fisiológica normal en el ser humano y es uno de los contaminantes ambientales más persistentes. Está en el medio ambiente principalmente como Pb^{2+} y sus compuestos son, en su mayoría, insolubles en agua (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007; Rimblas, 2004).

La toxicidad del plomo se debe principalmente a su forma química. Existen dos clases de compuestos de plomo: los inorgánicos (sales y óxidos) y los orgánicos, siendo, en general, las formas inorgánicas menos tóxicas que las orgánicas. Todos los compuestos inorgánicos actúan en el organismo de la misma forma una vez que han sido absorbidos, mientras que los orgánicos difieren en cuanto a su absorción y distribución en el organismo (Kennish, 1997; Rimblas, 2004).

El principal mecanismo de acción del plomo es interaccionando con metales esenciales como calcio, hierro, zinc y cobre, compitiendo con ellos o modificando sus concentraciones celulares. Cuando el plomo ingresa al organismo, la sangre lo distribuye rápidamente a los órganos y tejidos, movilizándose principalmente hacia los huesos y dientes. (ATSDR, 2007). Los niños especialmente, son muy sensibles a las

dosis de plomo, provocando en ellos alteraciones en los huesos, dientes y en el cerebro (Rimblas, 2004).

A la intoxicación crónica por plomo se le denomina “saturnismo”. En casos de gravedad, se presenta dolores fuertes de cabeza, convulsiones, delirios, hematoxicidad, disfunción reproductiva, abortos en mujeres embarazadas, estado de coma y muerte (Castro, 1992; Rubio *et al.*, 2004).

Cadmio

El cadmio es un elemento que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y es uno de los más tóxicos. Generalmente no se encuentra como metal puro, sino combinado con otros elementos como el oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato o sulfuro de cadmio). Puede cambiar a otras formas, pero no desaparece del medio ambiente, siendo los cloruros y los sulfatos las formas más solubles en agua. (ATSDR, 1999).

La mayor parte del cadmio que se emite a la atmósfera es depositado en la tierra y en las aguas de las regiones cercanas a la fuente de emisión y, a partir de aquí, el cadmio llega a todos los eslabones de la cadena alimentaria (Rimblas, 2004).

La absorción de cadmio, al igual que el plomo, es mayor en niños y se ve aún más aumentada por factores como: bajos niveles de hierro, deficiencia de proteínas, de calcio, etc. El ser humano incorpora aproximadamente 1/3 del cadmio por la ingesta de alimentos de origen animal y, 2/3 con los de origen vegetal (Rimblas, 2004, Aras y Yavuz, 2006).

Históricamente, la intoxicación más grande conocida por la ingestión de alimentos contaminados con cadmio, se produjo en Japón y se le denominó “Itai-Itai”, causando osteomalacia, es decir, deformación de los huesos (Rimblas, 2004).

Cobre.

El cobre es un metal rojizo que se encuentra naturalmente en rocas, aguas, sedimentos y, en niveles muy bajos, en el aire (ATSDR, 2004).

La actividad humana ha contribuido a aumentar el contenido de cobre en algunos suelos, tanto en zonas urbanas como en áreas agrícolas y silvestres. Se han registrado contenidos de cobre de hasta 2.000 a 3.000 mg/kg en suelos cercanos a fundiciones y plantas de extracción y procesamiento de minerales (Ginocchio *et al.*, 2005). Los compuestos de cobre solubles en agua son los que representan un gran riesgo para la salud (ATSDR, 2004).

El cobre es un metal esencial para los seres humanos, se encuentra ampliamente distribuido en los tejidos biológicos, presentándose principalmente como complejos orgánicos, muchos de los cuales son metaloproteínas y funcionan como enzimas. Este metal se requiere para un crecimiento normal del organismo, para los mecanismos de defensa, fortaleza ósea, maduración de glóbulos rojos y glóbulos blancos, transporte de hierro y desarrollo cerebral (Aras y Yavuz, 2006; Olivares *et al.*, 2005).

En los seres humanos, la intoxicación aguda por cobre es rara y, generalmente, resulta por la contaminación de productos alimenticios o bebidas contenidas en

recipientes de cobre o de la ingestión accidental de sales de cobre. (Aras y Yavuz, 2006; Olivares *et al.*, 2005).

Una patología heredable e infrecuente, causada por la deficiencia de cobre, es la “Enfermedad de Menkes” que causa la muerte a una edad muy temprana y es transmitida a los hijos varones por madres portadoras no afectadas. Otra patología, producida por el exceso de cobre en el organismo, es la “Enfermedad de Wilson”, en la cual hay un déficit en la tasa de eliminación biliar de cobre, por lo que se acumula en los tejidos, sobre todo en hígado y cerebro (Lewis, 2005; Hoffmann, 2009).

Manganeso.

El manganeso es un elemento natural que se encuentra en muchos tipos de rocas. Generalmente, se encuentra combinado con otras sustancias como oxígeno, azufre y cloro, en forma de sólidos (ATSDR, 2000).

El sulfato de manganeso (MnSO_4) se utiliza como fertilizante, como suplemento de forraje y como fungicida en el tratamiento de semillas. (ATSDR, 2000; Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

La función fisiológica del manganeso está estrechamente relacionada con algunas actividades enzimáticas. El Mn^{2+} está involucrado en procesos de expresión génica y estabilización de la estructura del DNA. Su metabolismo en el organismo está relacionado con el del hierro, mujeres con baja cantidad de ferritina, absorben mayor cantidad de manganeso (Belitz *et al.*, 2009; Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

La exposición al manganeso es, principalmente, por los alimentos, el agua que se ingiere y el aire que se respira. El organismo, normalmente, controla la cantidad de manganeso que se absorbe, pero si se ingiere demasiado manganeso, el organismo podría no ser capaz de compensar este exceso (ATSDR, 2000).

Este metal se encuentra en los tejidos, sobre todo en los huesos, y su contenido disminuye con la edad, lo que podría estar asociado a fracturas (osteoporosis), dermatitis e hipocolesterolemia. La deficiencia de manganeso es muy rara, pero se caracteriza por provocar deformidades óseas, problemas de coagulación sanguínea, cambios de color del cabello y disfunciones testiculares. Algunos tipos de dietas vegetarianas, la deficiencia de hierro, anemia y algunas deficiencias hepáticas pueden promover la toxicidad crónica del manganeso, provocando su acumulación en el cerebro y causando síntomas neurológicos. El manganeso, ya sea ingerido o inhalado por periodos prolongados de tiempo (meses o años), se concentra en el cerebro causando “manganismo”, donde los síntomas son alteraciones mentales, emocionales, enlentecimiento de los movimientos y falta de coordinación (ATSDR, 2000; Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

Zinc.

El zinc es uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre. Se encuentra en el aire, suelo y agua, además de estar presente en todos los alimentos. Es un metal brillante de color blanco azulado en su forma pura elemental y su forma más común es como sulfuro de zinc (ATSDR, 2005).

Buenas fuentes de zinc son las carnes rojas, hígado, riñones, cereales integrales, huevos, mariscos, frutos secos y queso, en cambio, el contenido de zinc es bajo en frutas, vegetales y alimentos refinados (Belitz *et al.*, 2009).

Este metal es un componente de numerosas enzimas, funciona como estabilizador de la estructura molecular de constituyentes subcelulares y membranas. Participa en procesos de expresión génica, en la síntesis y degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Belitz *et al.*, 2009; Aras y Yavuz, 2006). Es esencial para el crecimiento, desarrollo y reproducción (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

La deficiencia de zinc en humanos causa retardo en el crecimiento, retraso en la maduración sexual y esquelética, dermatitis, diarrea, alopecia, falta de apetito, disminución del sentido del gusto y olfato, cicatrización lenta de las heridas, llagas y cambios en el comportamiento. Provoca también un aumento de la susceptibilidad a las infecciones, lo que refleja defectos en el sistema inmune (Aras y Yavuz, 2006).

La ingestión de dosis muy altas de zinc, aún por periodos breves, puede producir calambres estomacales, náuseas y vómitos. Una ingestión por periodos mayores de tiempo puede producir anemia, daño del páncreas y disminución del colesterol HDL en la sangre (ATSDR, 2005).

Hierro.

El hierro es el metal más importante y uno de los mayores constituyentes de la litósfera. Su contenido promedio en la corteza terrestre es de alrededor de un 5% y no

es considerado un elemento traza en rocas y suelos. Sus principales estados de valencia son Fe^{2+} y Fe^{3+} . Forma gran cantidad de compuestos inorgánicos con el oxígeno, carbonato, sulfuro, cloruro y carbonilo (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

El hierro es un nutriente esencial para todos los organismos. El contenido de hierro en el organismo es de 4-5 g, estando presente, en un 60-70% en la hemoglobina y mioglobina. Este metal es requerido para la actividad de diversas enzimas involucradas en la producción de energía y alrededor del 10% del pool de hierro del organismo es utilizado en esta vía. El 20-30% del hierro remanente es almacenado en el hígado como ferritina (Belitz *et al.*, 2009; Aras y Yavuz, 2006).

Buenas fuentes de hierro son la carne, que proporciona alrededor del 25% de la ingesta, yemas de huevo, pan, harina y otros cereales, papas y vegetales. Sin embargo, el hierro que se encuentra en los cereales puede perderse en un 50% por los procesos de refinación (Aras y Yavuz, 2006).

La deficiencia de hierro produce anemia y reduce la disponibilidad de otros nutrientes. La ingesta excesiva de hierro se debe, principalmente, a causas accidentales y puede estar asociado a medicamentos que contienen hierro, lo que puede resultar en hemocromatosis, siderosis, daño hepático y cardíaco. Algunas personas absorben cantidades indebidas de hierro debido a que padecen de hemocromatosis hereditaria, es decir, tienen mucho hierro en su plasma, por lo que se acumula en los órganos, especialmente en el hígado. Una sobredosis oral de hierro provoca corrosión de la mucosa gástrica e intestinal, sobre todo en niños. Además, una

sobredosis aumenta el riesgo de cardiomiopatías, cáncer hepático y tumores (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

Calcio.

El calcio es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre. Se encuentra en sus formas de: cloruro de calcio en el agua de mar (0,15%) y como carbonato de calcio (CaCO_3) en la piedra caliza, la calcita, greda y mármol. Es esencial para la vida, está presente en el esqueleto, dientes, leche, productos lácteos y frutos secos (Chang y College, 2002).

La cantidad total de calcio en el organismo es alrededor de 1.500 g, por lo que es considerado uno de los minerales más importantes. Está involucrado en la estructura del sistema muscular y controla los procesos de contracción muscular, de coagulación sanguínea, de las células cerebrales y las células del crecimiento.

Tanto la deficiencia como el exceso de calcio causan severos daños a la salud. La deficiencia de calcio se debe, por lo general, a un suministro inadecuado de calcio o a una falla en su metabolismo. Cuando los niveles de calcio en la sangre disminuyen significativamente se produce “osteopenia”, es decir, una pérdida neta de la masa ósea, debido a la movilización del calcio desde los huesos. Este cuadro clínico puede conducir a la osteoporosis conllevando a fracturas óseas debido al debilitamiento de los huesos. Además, el bajo consumo de calcio está asociado al riesgo de desarrollar cáncer de colon e hipertensión (GSK, 2011). El exceso de calcio en la sangre a menudo no causa problemas a la salud, pero si los niveles son demasiado altos puede causar fallas renales, ritmo cardíaco anormal, confusión mental e incluso coma. La causa más

común de hipercalcemia es el padecimiento de hiperparatiroidismo primario, patología en la cual se produce demasiada hormona paratiroidea, provocando que los huesos liberen mucho calcio a la sangre (Leder *et al.*, 2009).

Magnesio.

El magnesio es el sexto mineral más abundante en la corteza terrestre y se encuentra en su forma divalente (Mg^{2+}) en la naturaleza (Mikkelsen, 2010).

Este elemento es esencial para la vida vegetal y animal (Chang y College, 2002). Interviene en procesos vitales como fotosíntesis y adhesión celular, actúa como regulador de la estructura del ribosoma, en el transporte de la membrana, síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, generación y transmisión del impulso nervioso, contracción muscular y cardíaca y en la fosforilación oxidativa (Aranda *et al.*, 2000).

La mayor cantidad de magnesio en la dieta proviene de los vegetales de hoja verde oscura y de frutas como plátanos, albaricoques, palta y damascos secos, nueces, arvejas y porotos, productos de soya y granos enteros como el arroz integral (NIH, 2009).

La disminución en la ingesta de magnesio rara vez causa deficiencia, ya que la mayoría de los alimentos contienen cantidades significativas de este elemento y, además, el riñón es capaz de adaptarse y conservar magnesio de manera eficiente. Sin embargo, la hipomagnesemia puede ocurrir en pacientes desnutridos, pacientes alcohólicos y pacientes a los que se les administra nutrición parenteral total por tiempos prolongados (Rondón, 2006).

Los síntomas de deficiencia de magnesio son: irritabilidad, inestabilidad emocional, aumento y disminución de reflejos, descoordinación muscular, latidos cardiacos irregulares, apatía, fatiga crónica, alteraciones del sueño, alzheimer, depresión, debilidad, estreñimiento, trastornos premenstruales, falta de apetito, náuseas, vómitos, diarrea, confusión y temblores. Además, el déficit provoca y mantiene la osteoporosis y las caries, al igual que la hipocalcemia. Tanto el exceso de calcio como de fósforo producen una mala absorción de magnesio (Aranda *et al.*, 2000).

La intoxicación por magnesio no es común, ya que el organismo se encarga de su regulación mediante los procesos de excreción; sin embargo, las personas con enfermedad renal pueden llegar a desarrollar una intoxicación, debido a que los riñones son los responsables de regular el nivel de magnesio en la sangre (Schroeder, 2010).

Mercurio.

La abundancia del mercurio en la corteza terrestre es muy baja, aproximadamente de 0,2-0,06 mg/kg. (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

El mercurio existe en el ambiente de varias formas: El mercurio metálico, comúnmente llamado “azogue”, es la forma elemental del mercurio, a temperatura ambiente una cierta cantidad se evapora formando vapores de mercurio, los cuales son incoloros e inodoros. Se usa en la fabricación de termómetros, barómetros, esfingomanómetros, termostatos de pared para calefacción y aire acondicionado, bombillas, tubos fluorescentes, baterías, reguladores de contadores de gas y algunos interruptores eléctricos, en la producción de cloro gaseoso y soda cáustica, en la extracción de oro, en amalgamas dentales y en algunas hierbas usadas en ceremonias

religiosas. Los compuestos de mercurio inorgánico (sales de mercurio) se producen cuando el mercurio se combina con elementos como el cloro, azufre y oxígeno. Algunos de estos compuestos inorgánicos se usan como fungicidas, cremas para aclarar la piel, como antisépticos o desinfectantes locales, bactericidas y en pinturas y tatuajes para dar color. Los compuestos orgánicos u órgano mercuriales se forman cuando el mercurio se combina con el carbono y el más común en el ambiente es el metilmercurio. El metilmercurio y etilmercurio fueron utilizados como fungicidas para proteger las semillas contra las infecciones de hongos y los compuestos fenilmercúricos se utilizaron como fungicidas en pinturas; sin embargo, estos usos se prohibieron debido a la liberación de vapores de mercurio. (ATSDR, 1999; ATSDR, 2001).

En el año 1950 se estableció que las emisiones de mercurio en el ambiente podían causar serios problemas a la salud humana, debido a las intoxicaciones registradas en Japón (Enfermedad de Minamata) por el consumo de pescados que provenían de aguas altamente contaminadas por el mercurio contenido en los residuos industriales (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007; Belitz *et al.*, 2009).

La intoxicación por mercurio causada por la ingesta de alimentos es producida por los compuestos organomercuriales, como por ejemplo, el dimetilmercurio, sales de metilmercurio y de fenilmercurio. Estos compuestos son altamente tóxicos por ser altamente liposolubles, se absorben rápidamente y se acumulan en los eritrocitos y en el sistema nervioso central (Belitz *et al.*, 2009). Además, existen factores que modifican la toxicidad, como por ejemplo, el ión selenio, la vitamina E y el alcohol (Rimblas, 2004). Cantidades excesivas de mercurio, ya sean ingeridas o inhaladas, inhiben la mayoría

de las funciones metabólicas, provocando coma e incluso la muerte (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007).

La toxicidad del mercurio depende del estado en que se encuentre, los efectos dependen de su forma molecular y su toxicidad aumenta con la liposolubilidad. Las formas iónicas del mercurio (Hg^{2+}) actúan como inhibidores enzimáticos al unirse a los grupos sulfhidrilo, amino, carboxilo y fosforilo de las proteínas, posee efecto neurotóxico y afecta el sistema inmunitario. Los derivados orgánicos son los más tóxicos y se generan a partir del mercurio inorgánico, el cual sufre metilaciones por ciertos microorganismos aerobios y anaerobios, pasando a metilmercurio, siendo esta forma la más tóxica, debido a su gran tendencia a acumularse en los tejidos nerviosos. Produce alteraciones cromosómicas y es carcinógeno renal si la exposición es prolongada (Eisler, 2007; Rimblas, 2004).

Arsénico.

El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la corteza. Tanto su forma trivalente como pentavalente está presente en los alimentos, agua y medio ambiente. Está clasificado químicamente como metaloide, por sus propiedades tanto de metal como de no metal (ATSDR, 2007; Aras y Yavuz, 2006).

Los compuestos inorgánicos de arsénico son los más tóxicos, siendo el orden de toxicidad de las especies: $\text{As}^{3+} > \text{As}^{5+} > \text{monometilarsenato (MMA)} > \text{dimetilarsenato (DMA)} > \text{arsenobetaína (AsB)}$. El As^{3+} y As^{5+} han sido clasificados como agentes cancerígenos, mientras que las formas metiladas poseen una baja toxicidad aguda. La arsenobetaína, especie principal de arsénico encontrada en pescados y moluscos, es

considerada atóxica y el arsénico elemental muy poco tóxico, debido a su escasa solubilidad (Rimblas, 2004; Aras y Yavuz, 2006).

Los compuestos de arsénico son absorbidos por el organismo a través de la inhalación, ingestión o a través de la piel, siendo los alimentos la principal fuente de arsénico. La mayoría de los compuestos inorgánicos y orgánicos de arsénico son polvos de color blanco que no se evaporan, no tienen olor ni sabor característico, por lo que es muy difícil saber si están presentes en los alimentos, agua o aire. Los alimentos con más alto contenido de arsénico son, generalmente, los mariscos, el arroz, los cereales de arroz, los hongos y las aves de corral (ATSDR, 2007).

El arsénico puede causar diversos daños a la salud, tiene efectos mutagénicos, carcinogénicos y teratogénicos. La intoxicación aguda por absorción de gran cantidad de arsénico se manifiesta rápidamente después de la exposición (aproximadamente una hora), con un cuadro neurológico paralítico, sin vómitos ni diarrea. Si las dosis ingeridas son altas puede aparecer un cuadro gastrointestinal con vómitos, diarrea e intensos dolores abdominales, fiebre, insomnio, anemia, alteraciones cardíacas y nerviosas, modificaciones sensoriales y motoras, delirio y coma. En intoxicaciones crónicas los síntomas que se producen son: debilidad, dolores musculares, irritaciones cutáneas (eczemas, pigmentaciones de la piel, desarrollo de verrugas), necrosis corneal y perforación del tabique nasal (Rimblas, 2004).

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las diferentes muestras de alimentos recolectadas y analizadas debieran mantenerse entre los límites de concentración mínimos y máximos permitidos de metales esenciales (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn) y no esenciales (As, Cd, Hg, Pb).

OBJETIVO(S) GENERAL(ES)

- Determinar el contenido de elementos traza (As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Pb, Zn) en variedades de garbanzos, champiñones, polenta y maíz obtenidos del Supermercado Líder de Valdivia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener muestras representativas de distintas variedades de garbanzos, champiñones, polenta y maíz para su análisis.
- Determinar y cuantificar As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Pb y Zn en diferentes muestras de garbanzos, champiñones, polenta y maíz.
- Conocer la concentración de los metales As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Pb y Zn en muestras de garbanzos, champiñones, polenta y maíz y comparar dicha concentración con los niveles permitidos.
- Obtener información acerca de los niveles de concentración de As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Pb y Zn en muestras de garbanzos, champiñones, polenta y maíz, que sirva de referencia para estudios posteriores.
- Correlacionar las distintas variedades de garbanzos, champiñones, polenta y maíz con las concentraciones de metales obtenidas durante la determinación.
- Observar si existe seguridad e inocuidad en los alimentos en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a la XIV Región de Los Ríos, donde se seleccionaron diferentes variedades de garbanzos, champiñones, polenta y maíz del Supermercado Líder de Valdivia provenientes de distintos sectores de producción (Ver ANEXO 2, Tabla N° 1).

Una vez recolectadas todas las muestras se procedió al secado de cada alimento en una estufa (marca Memmert, modelo UE 600) a 60°C hasta obtener peso constante. Concluido este proceso, se molieron las muestras hasta homogenizarlas y luego, se llevaron a un horno microonda digestor Milestone, modelo Start-D para la digestión ácida en el programa requerido, para lo cual, se pesó 0,5000 g aproximadamente de cada muestra, por triplicado y, se agregó a cada vaso 7 mL de HNO₃ concentrado y 1 mL de H₂O₂. Finalizado el proceso de digestión, cada muestra se llevó a un matraz aforado de 10 mL y se aforó con agua deionizada. Luego, las muestras se traspasaron a envases plásticos debidamente rotulados para, finalmente, ser analizadas en un espectrofotómetro de absorción atómica Thermo, modelo S-series en su modalidad llama y determinar la concentración de los metales pesados en estudio. Sólo para la determinación de arsénico y mercurio se utilizó el espectrofotómetro acoplado a un generador de hidruros Thermo, modelo VP-100.

RESULTADOS

Las concentraciones de los elementos traza esenciales y no esenciales determinados en las diferentes marcas de Maíz congelado (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*), Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*) y Garbanzos (*Cicer arietinum*) recolectadas del Supermercado Líder de la ciudad de Valdivia se resumen en el ANEXO 2 (Tablas N° 2 y 3).

Además, en el mismo ANEXO 2 (Tabla N° 1), se identifican las muestras según el alimento y su origen, como también, en las Tablas N° 4, 5, 6 y 7, se detallan los rangos de concentración (concentración máxima y mínima) y los promedios (concentración promedio) de cada metal traza esencial analizado. La Tabla N° 8 muestra la estadística básica de la concentración de los metales analizados (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mediana, máximo y mínimo).

Metales Traza Esenciales.

Se encontró la presencia de metales traza esenciales en las diferentes marcas de Maíz congelado (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*), Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*) y Garbanzos (*Cicer arietinum*), así como también en los distintos tipos de grano analizados (garbanzos) y en las distintas variedades de champiñones.

Metales Traza no Esenciales.

- **Cadmio (Cd):**

El análisis para cadmio en las diferentes marcas de Maíz congelado (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*), Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*) y Garbanzos (*Cicer arietinum*) presentó valores inferiores al límite de cuantificación del equipo, menores a 0,16 mg/kg peso seco, exceptuando las muestras de Champiñón Shiitake “Setas del Huerto” (*Lentinula edodes*), Champiñón Ostra “Setas del Huerto” (*Pleurotus ostreatus*) y Champiñón Selection “Setas del Huerto” (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*), en las cuales se obtuvo 1,37; 0,50 y 0,19 mg/kg peso seco, respectivamente.

- **Plomo (Pb):**

Las únicas muestras que evidenciaron la presencia de plomo fueron las de Champiñón Entero “Nature's Farm” (*Agaricus bisporus*) y Champiñón Portobello “Abrantes” (*Agaricus bisporus*) con valores de 2,60 mg/kg peso seco y 2,77 mg/kg peso seco, respectivamente. El resto de las muestras de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*), Maíz congelado (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*) y Garbanzos (*Cicer arietinum*) presentaron valores bajo el límite de cuantificación del equipo, menores a 1,54 mg/kg peso seco.

- **Arsénico (As):**

La única muestra de Champiñón que no evidenció la presencia de arsénico al ser analizada fue la del Champiñón Entero “Nature’s Farm” (*Agaricus bisporus*), con un valor menor a 0,02 mg/kg peso seco, valor inferior al límite de cuantificación del equipo. Las muestras de Champiñones restantes: Portobello “Abrantes” (*Agaricus bisporus*), Shiitake “Setas del Huerto” (*Lentinula edodes*), Ostra “Setas del Huerto” (*Pleurotus ostreatus*), Royal “Abrantes” (*Agaricus bisporus*) y Selection “Setas del Huerto” (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*) sí evidenciaron la presencia de este metaloide, obteniéndose valores de 0,10 mg/kg peso seco, 0,75 mg/kg peso seco, 0,69 mg/kg peso seco, 0,14 mg/kg peso seco y 0,17 mg/kg peso seco, respectivamente. En las muestras de Maíz congelado (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*) y Garbanzos (*Cicer arietinum*) también se obtuvo valores bajo el límite de cuantificación del equipo (menores a 0,02 mg/kg peso seco).

- **Mercurio (Hg):**

Ninguna muestra de Maíz congelado (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*) ni Garbanzos (*Cicer arietinum*) evidenció la presencia de mercurio en el análisis, arrojando valores inferiores a 0,01 mg/kg peso seco, bajo el límite de detección del equipo. Sin embargo, todas las muestras de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*) evidenciaron la presencia de este metal. El rango de concentración que se obtuvo para mercurio en estos Champiñones fue de 0,03 mg/kg peso seco - 0,17 mg/kg peso seco.

DISCUSIÓN

Maíz (*Zea mays*):

Las diferentes marcas comerciales de maíz congelado analizadas en este estudio evidenciaron lo siguiente:

En las Tablas de composición química de alimentos chilenos, Schmidt-Hebbel *et al.* (1992), los valores de metales esenciales para maíz son: Ca: 80 mg/kg y Fe: 32 mg/kg; valores similares a los obtenidos en este estudio, con excepción del obtenido para la marca “Frutos del Maipo”, en que el valor para Calcio fue de 219 mg/kg. De acuerdo a esta comparación, los niveles de metales esenciales determinados en este estudio son aceptables, debido a que no existe una diferencia significativa en los resultados (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 1).

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 31, se comparan los resultados de las concentraciones de metales esenciales tanto minoritarios como mayoritarios con otros estudios realizados en diferentes países, siendo importante destacar, la falta de estudios sobre el contenido de metales esenciales y no esenciales en alimentos desarrollados en nuestro país, lo que dificulta la comparación de la determinación hecha en este estudio, ya que no son comparables las fuentes geogénicas ni antropogénicas de un país a otro.

La concentración de Cobre determinada en el maíz, en un estudio realizado en Turquía por Tüzen y Soylak (2007), presentó un valor de 3,52 mg/kg peso seco, que triplicó el valor obtenido en este estudio (0,79 mg/kg peso seco). En otro estudio

realizado en Colombia por Leterme *et al.* (2006), el valor que se obtuvo fue de 2,96 mg/kg peso seco, valor bastante similar al obtenido en el estudio anteriormente mencionado. Al comparar los datos obtenidos en este trabajo con otro estudio llevado a cabo en Pakistán por Qadier *et al.* (2005), ya se puede observar una similitud entre ambos resultados (0,79 mg/kg y 1,33 mg/kg peso seco, respectivamente).

Para el Manganeso, la concentración encontrada en el mismo estudio de Tüzen y Soylak (2007) en Turquía, fue de 7,89 mg/kg peso seco y el valor encontrado en el de Leterme *et al.* (2006) en Colombia, fue 8,07 mg/kg peso seco. Ambos resultados doblaron el determinado en este trabajo (4,24 mg/kg peso seco).

La concentración de Zinc determinada en un estudio realizado en India por Hemalatha *et al.* (2007) fue de 14,8 mg/kg peso seco y, el resultado obtenido en el estudio de Adeyeye *et al.* (2000) en Nigeria, fue 14,0 mg/kg peso seco, siendo ambos valores muy similares al encontrado en este trabajo (17,5 mg/kg peso seco). Sin embargo, tanto en la investigación de Tüzen y Soylak (2007) como en la de Leterme *et al.* (2006) se obtuvieron valores que difieren del resultado obtenido en este estudio (8,50 y 25,3 mg/kg peso seco v/s 17,5 mg/kg peso seco, respectivamente).

El valor determinado para el Hierro, en el estudio de Hemalatha *et al.* (2007) mencionado anteriormente, fue de 32,1 mg/kg peso seco, valor levemente superior al encontrado en este estudio (26,0 mg/kg peso seco). En los estudios realizados por Tüzen y Soylak (2007) y Leterme *et al.* (2006) se obtuvieron resultados más altos (51,2 y 46,7 mg/kg peso seco).

Para el Magnesio, la concentración que se encontró en el estudio de Leterme *et al.* (2006) fue de 798 mg/kg peso seco, valor similar al obtenido en este estudio (811 mg/kg peso seco).

La concentración de Calcio encontrada en el estudio realizado por Hemalatha *et al.* (2007) fue levemente inferior a la obtenida en este estudio (71,9 y 83,6 mg/kg peso seco, respectivamente). No obstante, los valores obtenidos en el estudio de Adeyeye *et al.* (2000) y Leterme *et al.* (2006) (492 y 543 mg/kg peso seco, respectivamente) fueron bastante superiores al determinado en este trabajo.

En el ANEXO 3, Tabla N° 40, se comparan los resultados obtenidos en este estudio para metales traza no esenciales con otros estudios realizados en diferentes países. Sin embargo, tampoco existen estudios realizados en Chile para metales no esenciales en maíz para poder comparar estos resultados.

Las concentraciones de Cd, Pb, As y Hg encontradas en este estudio para el maíz estuvieron bajo el límite de cuantificación del equipo, con valores menores a 0,16; 1,54; 0,02 y 0,01 mg/kg peso seco, respectivamente. Tanto en el estudio realizado por Tüzen (2003) en Turquía (Cd: 0,03 y Pb: 0,06 mg/kg peso seco); como en el realizado por García *et al.* (1974) en Illinois (Cd: 0,06; Pb: 0,27 y Hg: 0,002 mg/kg peso seco), arrojaron resultados menores a los obtenidos en este estudio mediante el cálculo que se hizo para determinar el límite de cuantificación del equipo. Cabe señalar, que no se encontraron estudios para poder comparar la concentración de As determinada en el maíz.

El Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, 2010), establece en cereales, legumbres y leguminosas un límite máximo de 0,5 mg/kg para Arsénico, de 0,05 mg/kg para Mercurio y de 0,5 mg/kg para Plomo. Los límites para Arsénico y Mercurio no son superados por las muestras de maíz analizadas; sin embargo, el límite establecido en el RSA para Plomo está por debajo del límite de cuantificación obtenido en este trabajo, por lo que no se puede descartar la presencia de Plomo en las muestras de maíz analizadas. El Codex Alimentarius y la Unión Europea (U.E.) no establecen límites para Arsénico en estos alimentos.

El RSA no establece un límite máximo específico de Cobre ni Zinc para maíz y cereales; sin embargo, este alimento se puede incluir en “otros productos”, cuyos valores son: 10,0 y 100 mg/kg, respectivamente. Ninguna de las muestras analizadas excede este límite. Ni el Codex ni la U.E. han establecido límites para Cobre y Zinc.

No existen límites máximos establecidos de Cadmio ni Hierro para maíz y cereales en el RSA. El límite máximo establecido para Cadmio por el Codex Alimentarius y la U.E. es 0,1 mg/kg en Cereales y Legumbres, valor bajo el límite de cuantificación obtenido en este trabajo, por lo que no se puede descartar la presencia de Cadmio en las muestras de maíz analizadas.

El resto de los metales estudiados no son nombrados en el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, 2010).

Polenta (*Zea mays*):

Las diferentes marcas comerciales de polenta analizadas en este estudio evidenciaron lo siguiente:

En las Tablas de composición química de alimentos chilenos, Schmidt-Hebbel *et al.* (1992), la concentración de Calcio para polenta es: Ca: 160 mg/kg peso seco, siendo este valor, considerablemente más alto a los obtenidos en este estudio, tanto para la marca “La Fuente Natural” como para la marca “Líder” (13,5 y 43,3 mg/kg peso seco, respectivamente). (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 2).

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 32, se comparan los resultados de las concentraciones de metales esenciales minoritarios y mayoritarios con otros estudios realizados en diferentes países.

La concentración de Cobre determinada en la polenta, en un estudio realizado en el Sudeste de Brasil por Ferreira *et al.* (2005), presentó un valor de 1,00 mg/kg peso seco. Otro estudio realizado en Illinois por García *et al.* (1974) determinó un valor de 0,51 mg/kg peso seco para la polenta. Ambos estudios arrojaron valores inferiores al valor calculado para el límite de cuantificación del equipo en este trabajo (<1,6 mg/kg peso seco).

Para el Manganeseo, la concentración encontrada en el estudio mencionado anteriormente, de García *et al.* (1974), fue de 2,96 mg/kg peso seco. Este valor duplica el resultado obtenido en este trabajo (1,38 mg/kg peso seco).

La concentración de Zinc determinada en un estudio realizado en Nigeria por Adeyeye *et al.* (2000) fue de 14,0 mg/kg peso seco y, el valor obtenido por García *et al.* (1974) fue 11,0 mg/kg peso seco, siendo ambos valores aproximadamente el doble del valor determinado en este estudio (6,43 mg/kg peso seco). En otro estudio realizado en España por Viñas *et al.* (1993) se obtuvo un valor de 27,0 mg/kg peso seco, el cual es muy superior al encontrado en este trabajo (6,43 mg/kg peso seco).

El mismo estudio de Viñas *et al.* (1993) arrojó un resultado de 37,0 mg/kg peso seco para el Hierro. Este valor supera considerablemente al resultado obtenido en este trabajo (9,65 mg/kg peso seco).

Para el Magnesio y el Calcio los valores obtenidos en el estudio de Viñas *et al.* (1993) también fueron muy superiores ($1,23 \times 10^3$ y 125 mg/kg peso seco, respectivamente) a los resultados que arrojó este estudio (340 y 28,4 mg/kg peso seco, respectivamente). En el estudio realizado por Adeyeye *et al.* (2000) en Nigeria, se obtuvo un valor de 451 mg/kg peso seco para el Calcio, el cual es sobrepasa aún más el obtenido en este trabajo (28,4 mg/kg peso seco).

En el ANEXO 3, Tabla N° 41, se comparan los resultados obtenidos en este estudio para metales traza no esenciales en polenta con otros estudios realizados en diferentes países.

Las concentraciones de Cd, Pb, As y Hg encontradas en este estudio para la polenta estuvieron bajo el límite de cuantificación del equipo, con valores menores a 0,16; 1,54; 0,02 y 0,01 mg/kg peso seco, respectivamente. El estudio de García *et al.* (1974) realizado en Illinois, arrojó los siguientes resultados: Cd: 0,04; Pb: 0,19 y Hg:

0,001 mg/kg peso seco. Tanto el estudio de Matos-Reyes *et al.* (2010) realizado en España, como el de Martínez (1999) desarrollado en México, obtuvieron valores bajo el límite de detección del equipo para los metales que se analizaron (As, Cd, Pb). Todos los resultados obtenidos en los estudios mencionados concuerdan con los que se obtuvo en este trabajo (bajo el límite de cuantificación del equipo).

El RSA establece en cereales, legumbres y leguminosas un límite máximo de 0,5 mg/kg para Arsénico, de 0,05 mg/kg para Mercurio y de 0,5 mg/kg para Plomo. Los límites máximos de Arsénico y Mercurio no son superados por las muestras de polenta analizadas. Sin embargo, el límite máximo para Plomo es menor que el límite de cuantificación de Plomo encontrado en este trabajo, por lo que no se puede descartar la presencia de este metal en las muestras de polenta. El Codex Alimentarius y la U.E. han establecido un límite máximo para Plomo de 0,2 mg/kg para Cereales y Legumbres, valor que también se encuentra por debajo del límite de cuantificación de este estudio. Para Arsénico y Mercurio ni la U.E. ni el Codex Alimentarius han establecido límites.

No existe un límite máximo específico de Cobre ni Zinc para polenta ni cereales establecido en el RSA; sin embargo, este alimento se puede incluir en “otros productos”, cuyos valores son: 10,0 y 100 mg/kg, respectivamente. Ninguna de las muestras analizadas de polenta en este estudio excede este límite.

No existen límites máximos establecidos de Cadmio ni Hierro para polenta y cereales en el RSA. El Codex Alimentarius y la U.E. indican un límite máximo de 0,1 mg/kg para Cadmio en Cereales, valor inferior al límite de cuantificación encontrado en

este trabajo, por lo que no se puede descartar la presencia de este metal en las muestras de polenta analizadas.

El resto de los metales estudiados no son nombrados en este reglamento, ni en el Codex Alimentarius ni descritos por la U.E., por lo que, los resultados obtenidos en este trabajo no pueden ser comparados.

Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*):

Las diferentes marcas comerciales de champiñones analizadas en este estudio evidenciaron lo siguiente:

En las Tablas de composición química de alimentos chilenos, Schmidt-Hebbel *et al.* (1992), la concentración de Calcio determinada para los champiñones es de 80 mg/kg peso seco. Las concentraciones encontradas en este estudio son ligeramente superiores a este valor, fluctuando entre 102 y 156 mg/kg peso seco, con excepción de la concentración obtenida en la marca “Abrantes”, variedad “Royal” (*Agaricus bisporus*), valor levemente inferior (57,7 mg/kg peso seco) al determinado por Schmidt-Hebbel *et al.* (1992). (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 3). Cabe destacar, que en estas Tablas de composición de alimentos no se especifican las variedades ni especies de los champiñones analizados, sólo se indica que se trata de setas comestibles.

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 33, se comparan los resultados, de manera general (analizando en conjunto todos los champiñones, sin discriminar entre las variedades ni especies) de las concentraciones de metales esenciales minoritarios y mayoritarios obtenidos con otros estudios realizados en diferentes países. Sin embargo,

cabe señalar que, en las otras investigaciones no se mencionan las variedades ni las especies de los champiñones estudiados, sólo se hace mención a que se trata de champiñones comestibles, motivo por el cual, en las tablas y gráficos siguientes, se comparan los resultados de este estudio de manera independiente, según la especie y variedad de los champiñones, con otros estudios que han seguido la misma línea.

La concentración de Cobre encontrada en un estudio realizado en Turquía por Demirel *et al.* (2008) presentó un valor de 27,8 mg/kg peso seco, valor muy similar al encontrado en este estudio (27,2 mg/kg peso seco). No obstante, en otro estudio realizado al este de Turquía, por Tüzen y Soylak (2007), se obtuvo un valor de 4,80 mg/kg peso seco para el Cobre, valor muy por debajo del encontrado en este estudio. En otro estudio realizado por Kucak y Blanusa (1998) en Croacia, se obtuvo un valor de 184 mg/kg peso seco para el Cobre, valor bastante superior al que se encontró en este estudio (27,2 mg/kg peso seco).

Para el Manganeso, la concentración encontrada en el mismo estudio mencionado anteriormente, de Demirel *et al.* (2008) en Turquía, fue de 9,43 mg/kg peso seco y, la concentración obtenida en el estudio de Kucak y Blanusa (1998) en Croacia, fue de 11,2 mg/kg peso seco. Ambas investigaciones obtuvieron valores muy similares para el Manganeso a la concentración determinada en este estudio (10,1 mg/kg peso seco). Sin embargo, Tüzen y Soylak (2007), determinaron una concentración de casi el doble (18,6 mg/kg peso seco) de la encontrada en este trabajo para el mismo metal.

Las concentraciones de Zinc determinadas en ambos estudios realizados en Turquía, el de Demirel *et al.* (2008) y el de Tüzen y Soylak (2007), fueron

considerablemente menores (5,06 y 21,9 mg/kg peso seco, respectivamente) a la determinada en este estudio (92,5 mg/kg peso seco). En cambio, el valor obtenido en el estudio hecho por Kucak y Blanusa (1998), fue levemente superior (132 mg/kg peso seco) al obtenido en este trabajo.

La concentración de Hierro encontrada en los estudios de Demirel *et al.* (2008) y Kucak y Blanusa (1998) arrojaron resultados muy superiores (310 y 206 mg/kg peso seco, respectivamente) al valor obtenido en este estudio (90,5 mg/kg peso seco). Sin embargo, el valor para Hierro encontrado por Tüzen y Soylak (2007) fue ligeramente inferior (79,6 mg/kg peso seco) al encontrado en este trabajo.

En el RSA, no se establecen límites máximos de Arsénico para champiñones específicamente; sin embargo, si se incluyen en “otros productos sólidos”, el límite máximo establecido es de 1,0 mg/kg. Este valor no es superado por ninguna de las muestras de champiñones analizadas en este estudio. El Codex Alimentarius y la U.E. no especifican límites máximos de Arsénico en Champiñones, por lo que no pueden compararse los resultados obtenidos en este estudio.

Para Cobre tampoco existe un límite máximo establecido para champiñones, pero si se incluyen en “otros productos” el valor es de 10,0 mg/kg. Todas las muestras de champiñones analizadas exceden este límite siendo, en algunos casos, doblado y hasta cuádruplicado. El Codex Alimentarius y la U.E. no han establecido límites máximos de Cobre en champiñones, por lo que no pueden ser comparados los resultados obtenidos en este trabajo.

El límite máximo establecido de Plomo en champiñones tampoco está establecido en el RSA, por lo que si se incluyen en “otros productos” este valor es de 2,0 mg/kg. Este límite es excedido en dos de las muestras de champiñones analizadas en este estudio: champiñón entero “Nature’s Farm” (*Agaricus bisporus*) y champiñón Portobello “Abrantes” (*Agaricus bisporus*), con valores de 2,60 y 2,77 mg/kg peso seco, respectivamente. Sin embargo, el límite máximo de Plomo establecido por el Codex Alimentarius y la U.E. en champiñones es de 0,3 mg/kg, siendo este valor inferior al límite de cuantificación de Plomo encontrado en este trabajo, por lo que no se puede descartar la presencia de este metal en las muestras de champiñones analizadas y, este límite máximo es ampliamente superado en los champiñones “Nature’s Farm” (*Agaricus bisporus*) y Portobello “Abrantes” (*Agaricus bisporus*). La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) fijó un límite máximo de Plomo en champiñones de 1 mg/kg, siendo este valor excedido también por “Nature’s Farm” (*Agaricus bisporus*) y Portobello “Abrantes” (*Agaricus bisporus*); sin embargo, también se encuentra bajo el límite de cuantificación de este estudio, por lo que en el resto de las muestras de champiñones tampoco se puede descartar la presencia de este metal (Tabla y Gráfico N° 11).

Para Zinc tampoco se encuentra establecido el límite máximo en champiñones por el RSA, por lo que si son incluidos en “otros productos”, el límite es de 100 mg/kg, siendo este valor, excedido por dos de las muestras de champiñones analizadas en este estudio: champiñón Shiitake “Setas del Huerto” (*Lentinula edodes*) y champiñón Ostra “Setas del Huerto” (*Pleurotus ostreatus*), con valores de 142 y 104 mg/kg peso

seco, respectivamente. El Codex Alimentarius y la U.E. no han establecido límites máximos de Zinc en champiñones.

Para Cadmio, el Codex Alimentarius y la Unión Europea (U.E.) han establecido un límite máximo de 0,2 mg/kg en champiñones. Este límite es excedido ampliamente en las muestras de champiñones Shiitake “Setas del Huerto” (*Lentinula edodes*) y Ostra “Setas del Huerto” (*Pleurotus ostreatus*). El champiñón Selection “Setas del Huerto” (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus*) presentó un valor extremadamente cercano al límite establecido (0,19 mg/kg peso seco). La O.M.S. ha establecido como límite máximo de Cadmio en champiñones: 0,5 mg/kg, este valor es excedido por Shiitake “Setas del Huerto” (*Lentinula edodes*), Ostra “Setas del Huerto” (*Pleurotus ostreatus*) y Selection “Setas del Huerto” (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Sólo la O.M.S. ha fijado un límite máximo para Mercurio en champiñones. Este valor ha sido establecido en 0,05 mg/kg y en este estudio, ha sido superado por los champiñones Portobello “Abrantes” (*Agaricus bisporus*), Shiitake “Setas del Huerto” (*Lentinula edodes*), Ostra “Setas del Huerto” (*Pleurotus ostreatus*) y Selection “Setas del Huerto” (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*). Royal “Abrantes” (*Agaricus bisporus*) es la única muestra de champiñones que cumple esta norma y, “Nature’s Farm”, iguala el valor establecido por la O.M.S., estando en el límite de la inocuidad y toxicidad.

No existen límites establecidos en el RSA ni en el Codex Alimentarius ni en la U.E. para el resto de los metales analizados en este estudio, por lo que no pueden ser comparados.

Garbanzos (*Cicer arietinum*):

Las diferentes marcas comerciales de garbanzos analizadas en este estudio evidenciaron lo siguiente:

En las Tablas de composición química de alimentos chilenos, Schmidt-Hebbel *et al.* (1992), la concentración de Calcio determinada para garbanzos es de $1,34 \times 10^3$ mg/kg peso seco. En este estudio, todas las muestras analizadas arrojaron resultados considerablemente más bajos que este valor para el Calcio (493 – 760 mg/kg peso seco), con excepción de la marca “Líder” (con piel), en la cual se obtuvo un valor ligeramente inferior ($1,04 \times 10^3$ mg/kg peso seco) al encontrado por Schmidt-Hebbel *et al.* (1992). Para el Hierro, esta misma tabla, indica un valor de 73 mg/kg peso seco, el cual es muy similar a los resultados obtenidos en este estudio (80,2 – 103 mg/kg peso seco). Sin embargo, es importante señalar, la falta de descripción de las muestras de garbanzos analizadas en estas Tablas de composición, ya que no se indica si se usaron garbanzos con o sin piel y/o granos frescos o secos para la determinación (Tabla y Gráfico N° 4).

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 37, se comparan los resultados de las concentraciones de metales esenciales minoritarios y mayoritarios con otros estudios realizados en diferentes países.

La concentración de Cobre determinada en garbanzos, en un estudio realizado en Pakistán por Zia-UI-Haq *et al.* (2007), presentó un valor de 115 mg/kg peso seco. En otro estudio realizado en Pakistán por Iqbal *et al.* (2006) se obtuvo un valor muy similar (116 mg/kg peso seco) al determinado por Zhia-UI-Haq *et al.* (2007). Sin embargo, ambos estudios arrojaron valores muy superiores al valor obtenido en este estudio (7,45 mg/kg peso seco). En cambio, en España, Cabrera *et al.* (2003), obtuvo un valor de casi la mitad (3,50 mg/kg peso seco) del encontrado en este estudio e, Ibáñez *et al.* (1998) determinó una concentración ligeramente superior (12,2 mg/kg peso seco).

Zia-UI-Haq *et al.* (2007), Iqbal *et al.* (2006) e Ibáñez *et al.* (1998) obtuvieron concentraciones de Manganeso (17,3; 19,0; 16,8 mg/kg peso seco, respectivamente) ligeramente inferiores a la encontrada en este trabajo (24,3 mg/kg peso seco).

Para Zinc, los valores encontrados por Zia-UI-Haq *et al.* (2007) e Iqbal *et al.* (2006) fueron aproximadamente el doble (50,3; 68,0 mg/kg peso seco, respectivamente) del valor obtenido en este estudio (26,4 mg/kg peso seco). Los estudios realizados por Cabrera *et al.* (2003) e Ibáñez *et al.* (1998) también arrojaron resultados superiores (39,2; 35,3 mg/kg peso seco, respectivamente) al determinado en este trabajo. Sin embargo, en un estudio realizado en India, por Hemalatha *et al.* (2007), se obtuvo un valor muy similar (23,6 mg/kg peso seco) al hallado en este trabajo.

El valor obtenido en este estudio para el Hierro fue de 90,7 mg/kg peso seco. En cambio, los estudios de Zia-UI-Haq *et al.* (2007), Iqbal *et al.* (2006), Hemalatha *et al.*

(2007), Cabrera *et al.* (2003) e Ibáñez *et al.* (1998), arrojaron resultados inferiores (34,0; 30,0; 50,0; 68,8; 44,8 mg/kg peso seco, respectivamente).

El estudio realizado por Ibáñez *et al.* (1998) en España, determinó una concentración de Magnesio bastante similar ($1,25 \times 10^3$ mg/kg peso seco) a la encontrada en este estudio ($1,23 \times 10^3$ mg/kg peso seco). Sin embargo, Zia-UI-Haq *et al.* (2007) e Iqbal *et al.* (2006), obtuvieron valores de 45,5 y 46,0 mg/kg, respectivamente, resultados mucho menores a los que se halló en este trabajo.

Los estudios de Zia-UI- Haq *et al.* (2007), Iqbal *et al.* (2006) e Ibáñez *et al.* (1998) encontraron valores mucho más altos ($2,00 \times 10^3$; $1,97 \times 10^3$; $1,78 \times 10^3$ mg/kg peso seco, respectivamente) para el Calcio, en comparación con este estudio (669 mg/kg peso seco).

En este estudio, las concentraciones de Cd, Pb, As y Hg, estuvieron bajo el límite de cuantificación del equipo, con valores de 0,16; 1,54; 0,02 y 0,01 mg/kg peso seco, respectivamente. Los resultados arrojados por Cabrera *et al.* (2003) concordaron con lo obtenido, con valores para Cd de 0,01 mg/kg peso seco y, para Pb de 0,48 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla N° 45).

El límite máximo para Arsénico establecido en el RSA para cereales, legumbres y leguminosas es 0,5 mg/kg, para Mercurio 0,05 mg/kg y, para Plomo, 0,5 mg/kg. Los límites para Arsénico y Mercurio no son excedidos por las muestras de garbanzos analizadas en este trabajo; sin embargo, el límite máximo para Plomo se encuentra bajo el límite de cuantificación encontrado, por lo que no se puede descartar la presencia de este metal en las muestras de garbanzos analizadas. El Codex Alimentarius y la Unión

Europea (U.E.) no han establecido límites máximos de Arsénico ni Mercurio en legumbres y cereales; sin embargo, para Plomo han establecido un límite de 0,2 mg/kg en legumbres y cereales. Este valor también se encuentra bajo el límite de cuantificación de este estudio.

Para Cobre, no existe un límite máximo establecido por el RSA en garbanzos ni legumbres; sin embargo, si se incluyen en la categoría “otros productos”, el límite máximo es de 10,0 mg/kg. Ninguna de las muestras de garbanzos analizadas en este trabajo excede este valor. El Codex Alimentarius y la U.E. no han establecido límites máximos para este metal en garbanzos.

Tampoco hay un límite máximo de Zinc establecido por el RSA para garbanzos ni legumbres, por lo que, si se incluyen en “otros productos”, el límite es de 100 mg/kg. Ninguna de las muestras de garbanzos analizadas excede este límite. No existen límites establecidos por el Codex Alimentarius ni la U.E. para Zinc en garbanzos.

Para el resto de los metales estudiados en este trabajo no existen límites máximos referenciales en el RSA ni en el Codex Alimentarius ni en la U.E., por lo que no pueden ser comparados con los resultados obtenidos.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en

Maíz (*Zea mays*) y Polenta (*Zea mays*):

Para el Cobre, la concentración promedio en las muestras de maíz fue de 0,80 mg/kg peso seco. La polenta estuvo bajo el límite de cuantificación del equipo, con un valor inferior a 1,6 mg/kg peso seco.

Para Manganese, la concentración promedio obtenida en maíz fue aproximadamente 3 veces más alta (4,24 mg/kg peso seco) en comparación con la obtenida en polenta (1,39 mg/kg peso seco). Las concentraciones promedio para Zinc y Hierro en maíz (17,5 y 26,0 mg/kg peso seco, respectivamente) también fueron mayores que las obtenidas en polenta (6,43 y 9,65 mg/kg peso seco, respectivamente), con valores de hasta casi 3 veces más altos (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 13).

Las concentraciones promedio para Magnesio y Calcio en maíz fueron de dos a tres veces superiores (811 y 83,5 mg/kg peso seco, respectivamente) a las encontradas en polenta (340 y 28,4 mg/Kg peso seco, respectivamente) (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 13).

Para el Cadmio, Plomo, Arsénico y Mercurio, las concentraciones promedio estuvieron bajo el límite de cuantificación del equipo, tanto en maíz como en polenta, con valores inferiores a 0,16; 1,54; 0,02 y 0,01 mg/kg peso seco, respectivamente (ANEXO 3, Tablas N° 9 y 10).

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Garbanzos (*Cicer arietinum*) en sus diferentes tipos de grano (grano fresco y grano seco):

Para el Cobre, Manganese, Zinc y Hierro, las concentraciones entre granos frescos y granos secos de garbanzos fueron muy similares. Los granos frescos arrojaron valores de 7,42; 19,2; 29,9 y 96,6 mg/kg peso seco, respectivamente y, los

granos secos, valores de 7,46; 25,5; 25,6 y 89,3 mg/kg peso seco, respectivamente. (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 14).

Al comparar los metales esenciales mayoritarios entre los garbanzos en grano fresco y seco, se observa una mayor concentración de Magnesio en los granos secos ($1,32 \times 10^3$ mg/kg peso seco) versus 862 mg/kg en los granos frescos. En cambio, para el Calcio, se encontró una concentración superior en los granos frescos (760 mg/kg peso seco) versus 646 mg/kg peso seco en los granos secos (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 14).

Todas las muestras de garbanzos, tanto en grano fresco como seco, estuvieron bajo el límite de cuantificación del equipo para Cadmio, Plomo, Arsénico y Mercurio, con valores inferiores a 0,16; 1,54; 0,02 y 0,01 mg/kg peso seco, respectivamente (ANEXO 3, Tabla N° 12).

Según los límites máximos de los metales estudiados establecidos por el RSA, el Codex Alimentarius y la U.E., ninguno de los tipos de grano excede estos valores, con excepción del Plomo, en que los límites máximos establecidos presentan un valor menor al límite de cuantificación de este trabajo, por lo que no se puede descartar su presencia.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Garbanzos (*Cicer arietinum*) en sus diferentes tipos de grano (grano con piel y sin piel):

Para el Cobre, tanto los granos con piel como los sin piel, tuvieron la misma concentración (7,45 mg/kg peso seco). En cambio, el Manganeseo, el Zinc y el Hierro arrojaron valores superiores en los granos con piel (35,5; 30,1; 103 mg/kg, respectivamente) versus los granos sin piel (21,4; 25,5; 87,6 mg/kg peso seco, respectivamente) (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 15).

Para el Magnesio y el Calcio, se obtuvieron concentraciones mayores en los granos con piel ($1,51 \times 10^3$; $1,04 \times 10^3$ mg/kg peso seco, respectivamente) versus los granos sin piel ($1,16 \times 10^3$; 577 mg/kg peso seco, respectivamente) (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 15).

Tanto los granos con piel como los sin piel arrojaron valores bajo el límite de cuantificación del equipo para Cadmio, Plomo, Arsénico y Mercurio (0,16; 1,54; 0,02 y 0,01 mg/kg peso seco, respectivamente) (ANEXO 3, Tabla N° 12).

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 38 y 39, se comparan los resultados obtenidos en este estudio para granos de garbanzos (*Cicer arietinum*) con piel y sin piel, respectivamente, con diferentes estudios realizados en otros países.

No se exceden los límites máximos establecidos por el RSA ni por el Codex Alimentarius ni por la U.E. para los metales analizados en este estudio, con excepción del Plomo, en que el límite máximo establecido presenta un valor inferior al límite de

cuantificación de este estudio, no siendo posible el descarte de la presencia de este metal en las muestras analizadas.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Champiñones en sus distintas variedades (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*):

Al comparar las concentraciones promedio de metales esenciales minoritarios entre las especies de champiñones analizadas, se observa que $Zn > Fe > Cu > Mn$ (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 16).

En promedio, la concentración de metales esenciales mayoritarios fue $Mg > Ca$ (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 16).

Al comparar las concentraciones de metales traza no esenciales en las diferentes especies de champiñones analizadas se observa que, la mayor concentración de Cadmio, se obtuvo en la especie *Lentinula edodes*, con un valor de 0,78 mg/kg peso seco, seguida de *Pleurotus ostreatus* con 0,35 mg/kg peso seco y, *Agaricus bisporus*, con 0,19 mg/kg peso seco. Por lo tanto, en promedio, la concentración de Cadmio encontrada en las distintas especies de champiñones fue de 0,44 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 21).

Las concentraciones de Plomo estuvieron bajo el límite de cuantificación del equipo para las especies *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* ($<1,6$ mg/kg peso seco). Sin embargo, en *Agaricus bisporus*, sí se pudo cuantificar la concentración de Plomo presente, con un valor de 2,7 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla N° 22).

Todas las especies de champiñones analizadas evidenciaron la presencia de Arsénico, siendo la especie *Lentinula edodes* la que presentó mayores niveles de este elemento (0,46 mg/kg peso seco), seguida de *Pleurotus ostreatus* con 0,43 mg/kg peso seco y, *Agaricus bisporus*, con 0,14 mg/kg peso seco. En promedio, se determinó una concentración de Arsénico de 0,34 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 23).

Lentinula edodes fue la especie que evidenció mayor concentración de Mercurio, con un valor de 0,12 mg/kg peso seco, seguida de *Pleurotus ostreatus* con 0,07 mg/kg peso seco y, *Agaricus bisporus*, con 0,05 mg/kg peso seco. La concentración de Mercurio en las tres especies de champiñones analizadas fue, en promedio, de 0,08 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 24).

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 34, se comparan los resultados de metales esenciales obtenidos en este estudio para *Agaricus bisporus* con otros estudios realizados en diferentes países. En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 35, se comparan las concentraciones de metales esenciales para *Lentinula edodes* con otras investigaciones y, en el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 36, se comparan los resultados de metales esenciales para *Pleurotus ostreatus*, con diversos estudios realizados en otros países.

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 42, se comparan los resultados de metales no esenciales obtenidos en este estudio para *Agaricus bisporus*, con diversos estudios realizados en otros países:

Para Cadmio, Vetter (1994), obtuvo un valor muy similar (0,22 mg/kg peso seco) al obtenido en este estudio (0,19 mg/kg peso seco). Sin embargo, Cocchi *et al.* (2006) e

Isildak *et al.* (2004), determinaron concentraciones superiores (1,00 y 1,70 mg/kg peso seco, respectivamente). En cambio, en un estudio realizado en Turquía, por Mendil *et al.* (2004), se encontró una concentración inferior (0,10 mg/kg peso seco) a la encontrada en este trabajo.

Isildak *et al.* (2004) obtuvo una concentración de Plomo relativamente similar (2,10 mg/kg peso seco) a la determinada en este estudio (2,69 mg/kg peso seco). Sin embargo, en Italia, Cocchi *et al.* (2006) obtuvo un valor bastante inferior (1,25 mg/kg peso seco) y, en Turquía, Mendil *et al.* (2004) obtuvo un valor muy superior (6,90 mg/kg peso seco).

Para Arsénico, Cocchi *et al.* (2006) determinó una concentración ligeramente superior (0,21 mg/kg peso seco) a la encontrada en este estudio (0,14 mg/kg peso seco); sin embargo, para Mercurio, este mismo autor, determinó una concentración mucho más alta (3,94 mg/kg peso seco) al valor obtenido en este trabajo (0,05 mg/kg peso seco). Vetter and Berta (2005), en cambio, obtuvieron una concentración de Mercurio muy similar (0,06 mg/kg peso seco).

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 43, se comparan los resultados de metales no esenciales obtenidos en este estudio para *Lentinula edodes*, con diversos estudios realizados en otros países:

Dos estudios realizados en Polonia, uno por Regula and Siwulski (2007) y otro por Regula and Gramza-Michalowska (2010), determinaron concentraciones de Cadmio muy diferentes entre sí (2,40 y 0,23 mg/kg peso seco, respectivamente) y que también difieren bastante del valor obtenido en este estudio (0,78 mg/kg peso seco).

Las concentraciones de Plomo en los estudios de Regula and Siwulski (2007) y Regula and Gramza-Michalowska (2010), no fueron detectadas por el equipo usado, al igual que en este estudio, en que el valor estuvo bajo el límite de cuantificación del equipo ($<1,54$ mg/kg peso seco).

Para Arsénico no se encontraron estudios referenciales para poder comparar el resultado obtenido en este trabajo (0,46 mg/kg peso seco) y, para Mercurio, la concentración encontrada en este estudio (0,12 mg/kg peso seco) fue muy superior a los valores obtenidos por Regula and Siwulski (2007) y Regula and Gramza-Michalowska (2010) en Polonia (0,05 y 0,01 mg/kg peso seco, respectivamente).

En el ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 44, se comparan los resultados de metales no esenciales obtenidos en este estudio para *Pleurotus ostreatus*, con diversos estudios realizados en otros países:

Ita *et al.* (2006) y Zhu *et al.* (2010) determinaron concentraciones de Cadmio muy similares (0,30 y 0,28 mg/kg peso seco, respectivamente) a la obtenida en este estudio (0,35 mg/kg peso seco). Sin embargo, Akyüz and Kirbag (2010) y Regula and Siwulski (2007), obtuvieron valores doblemente más altos (0,63 y 0,70 mg/kg peso seco, respectivamente).

Para Plomo, Ita *et al.* (2006) y Zhu *et al.* (2010) determinaron concentraciones de 0,40 y 0,67 mg/kg peso seco, respectivamente. En este estudio, el valor estuvo bajo el límite de cuantificación del equipo ($<1,54$ mg/kg peso seco), sin embargo, es coincidente con los valores encontrados en los estudios mencionados anteriormente y,

con los estudios de Akyüz and Kirbag (2010) y Regula and Siwulski (2007), en que este metal no fue detectado por el equipo.

La concentración de Arsénico determinada en este trabajo (0,43 mg/kg peso seco) no pudo ser comparada con otros estudios por falta o inexistencia de investigaciones similares.

En Eslovaquia, Rop *et al.* (2009) determinó una concentración de 0,08 mg/kg peso seco para Mercurio, valor coincidente con el encontrado por Regula and Siwulski (2007) en Polonia. Ambos resultados fueron bastante similares a la concentración obtenida en este estudio (0,07 mg/kg peso seco).

Todas las variedades de champiñones analizadas exceden el límite máximo de Cobre establecido por el RSA para “otros productos” (10,0 mg/kg). También el promedio de Cobre encontrado en los champiñones es excedido. El Codex Alimentarius y la U.E. no han establecido límites de este metal ni del resto de los metales estudiados en champiñones.

Sólo las variedades *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* exceden el límite máximo permitido por el RSA para Zinc en “otros productos” (100 mg/kg). Ninguna variedad de champiñones excede el límite establecido por el RSA en “otros productos sólidos” para Arsénico (1 mg/kg). Para Plomo, sólo la variedad *Agaricus bisporus* excede el límite máximo permitido por el RSA (2 mg/kg). El Codex Alimentarius y la U.E. establecen un límite máximo de Plomo para champiñones de 0,3 mg/kg, este valor es excedido también sólo por las variedades *Agaricus bisporus*, y el resto de las muestras estuvieron bajo el límite de cuantificación del equipo. La O.M.S., en cambio, ha fijado un

límite máximo para Plomo en champiñones de 1 mg/kg. Este valor fue excedido sólo por la variedad *Agaricus bisporus*; sin embargo, en el resto de las muestras no se puede descartar la presencia de Plomo, debido a que el límite máximo presenta un valor menor al límite de cuantificación obtenido en este trabajo.

Para Mercurio, sólo la O.M.S. ha establecido un límite máximo en champiñones, siendo este valor de 0,05 mg/kg. Tanto la variedad *Lentinula edodes* como *Pleurotus ostreatus* exceden el valor establecido y, la variedad *Agaricus bisporus*, iguala este valor.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*) en sus distintas marcas (“Nature’s Farm”, “Abrantes”, “Setas del Huerto”):

Para el Cobre, la mayor concentración se obtuvo en la marca “Nature’s Farm”, con un valor de 43,9 mg/kg peso seco, seguida de la marca “Abrantes” con 36,0 mg/kg peso seco y “Setas del Huerto” con 15,7 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 25).

La marca “Setas del Huerto” fue la que evidenció la mayor concentración de Manganeso, con 13,1 mg/kg peso seco, seguida de la marca “Nature’s Farm” con 7,71 mg/kg peso seco y “Abrantes”, con 6,77 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 25).

Para el Zinc, el mayor resultado se encontró en la marca “Setas del Huerto”, con un valor de 107 mg/kg peso seco, seguido de “Nature’s Farm” con 94,2 mg/kg peso

seco y, finalmente, “Abrantes”, con 69,7 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 25).

Las marcas “Nature’s Farm” y “Setas del Huerto” presentaron valores muy similares para el Hierro (97,3 mg/kg peso seco y 96,6 mg/kg peso seco, respectivamente) y, la marca “Abrantes” presentó la menor concentración de Hierro, con un valor de 78,0 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 25).

En promedio, las concentraciones de Zinc y Hierro en las distintas marcas de champiñones, fueron similares, con valores de 90,4 mg/kg peso seco y 90,7 mg/kg peso seco, respectivamente. La concentración de Cobre promedio fue de 31,9 mg/kg peso seco y, la menor concentración de metales esenciales minoritarios fue la determinada para el Manganeseo, con un promedio de 9,18 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 25).

La marca “Nature’s Farm” fue la que presentó mayor concentración de Magnesio, con un valor de $1,63 \times 10^3$ mg/kg peso seco, seguida de “Abrantes” con $1,59 \times 10^3$ mg/kg peso seco y, “Setas del Huerto” con $1,47 \times 10^3$ mg/kg peso seco. En cambio, la mayor concentración de Calcio se obtuvo en la marca “Setas del Huerto”, con un valor de 129 mg/kg peso seco, seguida de “Nature’s Farm” con 102 mg/kg peso seco y, “Abrantes” con 85,9 mg/kg peso seco. En promedio, la mayor concentración de metales esenciales mayoritarios se obtuvo para el Magnesio, con un valor de $1,56 \times 10^3$ mg/kg peso seco y, la menor concentración, por ende, para el Calcio, con 106 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 25).

Al comparar las distintas marcas de champiñones analizadas, se observa que la única marca que evidenció la presencia de Cadmio fue “Setas del Huerto”, con un valor de 0,69 mg/kg peso seco. Tanto la marca “Abrantes” como “Nature’s Farm” arrojaron valores inferiores al límite de cuantificación del equipo ($<0,16$ mg/kg peso seco) (ANEXO 3, Tabla N° 26).

Para el Plomo, las concentraciones obtenidas en las marcas “Nature’s Farm” y “Abrantes” fueron similares, con valores de 2,60 y 2,77 mg/kg peso seco, respectivamente. En cambio, la marca “Setas del Huerto” estuvo bajo el límite de cuantificación del equipo, con un valor inferior a 1,54 mg/kg peso seco. En promedio, se obtuvo una concentración de Plomo de 2,68 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 27).

La marca “Nature’s Farm” estuvo bajo el límite de cuantificación del equipo, con un valor inferior a 0,02 mg/kg peso seco. Tanto la marca “Abrantes” como “Setas del Huerto” evidenciaron la presencia de este metal, con concentraciones de 0,12 y 0,54 mg/kg peso seco, respectivamente. En promedio, se obtuvo una concentración de Arsénico de 0,33 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 28).

Todas las marcas de champiñones analizadas presentaron concentraciones cuantificables de Mercurio. Las marcas “Abrantes” y “Nature’s Farm” fueron las que presentaron el menor valor (0,05 mg/kg peso seco) y, la marca “Setas del Huerto” fue la que presentó la concentración más alta de este metal, con un valor de 0,10 mg/kg peso seco. En promedio, la concentración de Mercurio fue de 0,07 mg/kg peso seco (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 29).

Todas las marcas de champiñones analizadas exceden el límite máximo permitido de Cobre establecido por el RSA en “otros productos” (10,0 mg/kg). La marca “Setas del Huerto” es la única que supera el límite máximo permitido para Zinc (100 mg/kg). No existen límites máximos de Zinc ni del resto de los metales analizados en este trabajo en champiñones establecidos por el Codex Alimentarius y la U.E.

Ninguna de las marcas de champiñones excede el límite máximo establecido por el RSA para Arsénico (1,0 mg/kg). Las marcas “Nature’s Farm” y “Abrantes” exceden los límites de Plomo establecidos por el RSA (2,0 mg/kg); sin embargo, según el límite máximo establecido por el Codex Alimentarius y la U.E. (0,3 mg/kg), y la O.M.S. (1 mg/kg) no se puede descartar la presencia de Plomo en las muestras analizadas, debido a que los límites establecidos presentan un menor valor que el límite de cuantificación encontrado en este estudio. La marca “Setas del Huerto” supera el límite máximo establecido para Cadmio en champiñones por el Codex Alimentarius y la U.E. (0,2 mg/kg) y, también el límite fijado por la O.M.S. para el mismo metal en champiñones (0,5 mg/kg). Para Mercurio se ha establecido por la O.M.S. un límite máximo de 0,05 mg/kg para champiñones, este valor es excedido sólo por la marca “Setas del Huerto”, pero es igualado por la marca “Nature’s Farm” y, la marca “Abrantes” está tan sólo ínfimamente por debajo de este valor.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en los diferentes alimentos analizados:

Las concentraciones promedio de los cuatro tipos de alimentos analizados: Maíz (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*), Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*,

Pleurotus ostreatus) y Garbanzos (*Cicer arietinum*) se detallan a continuación (ANEXO 3, Tabla y Gráfico N° 30):

Para el Cobre, la concentración promedio en las muestras de maíz fue de 0,80 mg/kg peso seco. La polenta estuvo bajo el límite de cuantificación del equipo, con un valor inferior a 1,6 mg/kg peso seco. La concentración promedio en los champiñones fue de 27,2 mg/kg peso seco y, en los garbanzos, de 7,45 mg/kg peso seco. La mayor concentración promedio de Cobre, se obtuvo, por lo tanto, en las muestras de champiñones analizadas y, la menor concentración cuantificable encontrada fue en las muestras de maíz.

La concentración promedio para el Manganeso en las muestras de maíz fue de 4,24 mg/kg peso seco, en la polenta de 1,38 mg/kg peso seco, en los champiñones de 10,1 mg/kg peso seco y, en los garbanzos, de 24,3 mg/kg peso seco. La mayor concentración promedio para este metal se obtuvo en los garbanzos y, la menor, en la polenta.

Para el Zinc, la concentración promedio en maíz fue de 17,5 mg/kg peso seco, en polenta de 6,43 mg/kg peso seco, en Champiñones de 92,5 mg/kg peso seco y, en garbanzos, de 26,4 mg/kg peso seco. La mayor concentración promedio de Zinc se obtuvo en las muestras de champiñones y, la menor concentración, en las muestras de polenta.

Las concentraciones promedio de Hierro en champiñones y garbanzos fueron muy similares, con valores de 90,5 y 90,7 mg/kg peso seco, respectivamente. Sin embargo, los valores obtenidos en las muestras de polenta y maíz fueron inferiores, con

valores de 9,65 y 26,0 mg/kg peso seco, respectivamente. Los garbanzos fueron los que presentaron la mayor concentración promedio de este metal y, la menor concentración, se obtuvo en las muestras de polenta.

Para el Magnesio, la concentración promedio obtenida en las muestras de maíz fue de 811 mg/kg peso seco, en la polenta de 340 mg/kg peso seco, en los champiñones de $1,54 \times 10^3$ mg/kg peso seco y en los garbanzos, de $1,23 \times 10^3$ mg/kg peso seco. La mayor concentración promedio se obtuvo en las muestras de champiñones y, la menor, en las muestras de polenta.

La concentración promedio para el Calcio en el maíz fue de 83,5 mg/kg peso seco, en la polenta de 28,4 mg/kg peso seco, en los champiñones de 110 mg/kg peso seco y, en los garbanzos, de 669 mg/kg peso seco. El mayor valor fue el obtenido en las muestras de garbanzos y, el menor valor, el obtenido en las muestras de polenta.

El promedio de Cobre encontrado en los Champiñones analizados excede el límite establecido por el RSA (10,0 mg/kg). No son excedidos los límites para Zinc (100 mg/kg), Arsénico (1,0 mg/kg) ni Plomo (2,0 mg/kg).

El límite máximo de Cadmio (0,2 mg/kg peso seco) establecido por el Codex Alimentarius y la U.E. es excedido en este estudio, sin embargo, el límite máximo de Plomo (0,3 mg/kg) no permite descartar su presencia en las muestras analizadas, debido a que el límite de cuantificación estuvo por debajo del límite establecido. El límite fijado por la O.M.S. para Plomo en champiñones, es de 1 mg/kg, valor inferior al límite de detección encontrado en este trabajo.

Para Cadmio, la O.M.S. ha establecido un límite máximo de 0,5 mg/kg y, para Mercurio, de 0,05 mg/kg. La concentración promedio de los champiñones analizados arrojó un valor de 0,34 mg/kg, por lo que estaría dentro de la norma; sin embargo, la concentración promedio de Mercurio encontrada fue de 0,08 mg/kg, fuera del límite establecido por la O.M.S.

El límite máximo del resto de los metales analizados en este trabajo no ha sido establecido por el RSA, el Codex Alimentarius ni la U.E. ni la O.M.S.

CONCLUSIÓN

Existe una gran diversidad de resultados en cuanto a la concentración de metales traza esenciales y no esenciales contenidos en los alimentos analizados en este estudio con respecto a estudios similares utilizados como referencia para la comparación de los resultados. Incluso varían las concentraciones determinadas en este trabajo con las establecidas en las Tablas de alimentos.

Maíz (*Zea mays*):

Todas las marcas de maíz congelado presentaron concentraciones muy similares de metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn, Fe). Sin embargo, las concentraciones de metales traza mayoritarios (Mg, Ca) difieren levemente entre una marca y otra, con excepción de la marca “Frutos del Maipo”, en que la concentración de Calcio fue considerablemente más alta que en el resto de las muestras de maíz analizadas.

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

$$\text{Mg} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$$

El Cobre, Manganeseo y Hierro presentaron valores levemente inferiores en este estudio, en comparación con los estudios realizados en India, Turquía y Colombia. Sin embargo, la concentración de Calcio obtenida en este trabajo fue considerablemente menor a la obtenida en los estudios realizados en Colombia y Nigeria, pero similar al

realizado en India por Hemalatha *et al.* (2007). La concentración de Zinc, en cambio, estuvo en un valor intermedio en comparación con todos los estudios y, la concentración de Magnesio encontrada fue bastante similar al valor determinado en Colombia por Leterme *et al.* (2006).

La concentración de metales no esenciales (Cd, Pb, As, Hg) obtenida en este estudio fue concordante con las concentraciones determinadas por Tüzen (2003) y García *et al.* (1974).

Con respecto a las Tablas de composición química de alimentos chilenos, las concentraciones promedio de Calcio y Hierro encontradas en este estudio para maíz congelado fueron muy similares a los descritos.

Las concentraciones de metales no esenciales: Cadmio, Plomo, Arsénico y Mercurio, fueron inferiores al límite de cuantificación del equipo en todas las muestras de maíz congelado analizadas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en otros estudios.

En relación a los límites máximos establecidos por el Reglamento Sanitario de Alimentos (RSA), el Codex Alimentarius y la Unión Europea (U.E.) para metales esenciales y no esenciales en maíz (cereales), ninguna de las muestras analizadas excede esta norma.

Polenta (*Zea mays*):

En cuanto a los metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn, Fe), las concentraciones obtenidas en este estudio fueron muy similares entre ambas marcas

de polenta analizadas. La marca “Líder” arrojó valores levemente inferiores para Manganeseo, Zinc y Hierro, en comparación con la marca “La Fuente Natural” y, en ambas marcas, se obtuvo una concentración de Cobre bajo el límite de cuantificación del equipo. Respecto a los metales esenciales mayoritarios (Mg, Ca), la marca “La Fuente Natural” presentó mayor concentración de Magnesio, pero una concentración inferior de Calcio.

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

$$\text{Mg} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$$

Las concentraciones de metales esenciales (Mn, Zn, Fe, Mg, Ca) obtenidas en este estudio fueron muy inferiores que las determinadas en Nigeria, Estados Unidos y España, con excepción de la concentración de Cobre que, en este estudio, estuvo bajo el límite de cuantificación del equipo, sin embargo, concuerda con los valores encontrados por Ferreira *et al.* (2005) y García *et al.* (1974).

Con respecto a los metales no esenciales, los valores obtenidos en este trabajo estuvieron, al igual que el Cobre, bajo el límite de cuantificación del equipo, pero son concordantes con los resultados obtenidos en los estudios comparativos para polenta realizados en otros países.

En cuanto a las Tablas de composición química de alimentos chilenos, las concentraciones de Calcio son considerablemente superiores a las obtenidas en este

estudio, por lo que ambas marcas de polenta analizadas no presentan valores aceptables de este metal.

Las concentraciones de metales no esenciales: Cadmio, Plomo, Arsénico y Mercurio, fueron inferiores al límite de cuantificación del equipo en ambas muestras de polenta analizadas. Sin embargo, concuerda con los resultados obtenidos en otros estudios.

Según los límites máximos de metales esenciales y no esenciales establecidos por el RSA, Codex Alimentarius y la U.E. para polenta (cereales), ninguna de las muestras analizadas excede estos valores.

Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*):

Con respecto a los metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn, Fe), se hallaron diferencias significativas entre una variedad y otra. Las mayores concentraciones de Manganeso y Zinc se encontraron en los champiñones Shiitake “Setas del Huerto” (*Lentinula edodes*) que, en el caso del Manganeso, fue considerablemente mayor al resto de concentraciones obtenidas en los otros champiñones. La mayor concentración de Cobre se obtuvo en los champiñones Portobello “Abrantes” (*Agaricus bisporus*) y, de Hierro, en los champiñones Ostra “Setas del Huerto” (*Pleurotus ostreatus*).

En general, no hubo grandes diferencias en las concentraciones de metales esenciales mayoritarios (Mg, Ca). Sin embargo, los champiñones Royal “Abrantes”

(*Agaricus bisporus*) sí evidenciaron una menor concentración de Calcio en comparación con el resto de las muestras analizadas.

De acuerdo a las concentraciones promedio obtenidas en todos los champiñones analizados, se puede establecer el siguiente orden para los metales traza esenciales:

$$\text{Mg} > \text{Ca} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Mn}$$

Los resultados obtenidos en este estudio para Cobre y Manganese concuerdan con los determinados en Turquía por Demirel *et al.* (2009), mientras que para el Zinc, el estudio realizado en Turquía presentó el valor más bajo y, para el Hierro, el valor más alto. El valor más bajo para Cobre fue el determinado por Tüzen y Soylak (2007) en Turquía y, el valor más alto, el obtenido en Croacia, sin embargo, para el Manganese, la concentración más alta y más baja se obtuvo en Turquía, pero en estudios diferentes.

En cuanto a las Tablas de composición química de alimentos, la concentración promedio de Calcio obtenida en este estudio fue aceptable, ya que está por sobre el valor estipulado en ambas tablas. Sin embargo, en estas Tablas de alimentos no se especifican las especies de champiñones a las cuales están referidos los valores, por lo que, estas comparaciones no pueden considerarse confiables.

Según los límites máximos de metales esenciales y no esenciales establecidos por el RSA para champiñones (considerados en la clasificación “otros productos”), las concentraciones promedio de Plomo y Zinc obtenidas en este estudio cumplen esta norma, pero la concentración promedio de Cobre determinada no la cumple. En cambio, las concentraciones promedio de Cadmio y Plomo obtenidas en este estudio superan el

límite máximo establecido por el Codex Alimentarius y la Unión Europea (U.E.) para champiñones (setas comestibles). En contraste, la concentración promedio de Cadmio y Mercurio, no cumple la norma establecida por la O.M.S. para estos metales.

Garbanzos (*Cicer arietinum*):

No se encontraron diferencias significativas en la concentración de metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn, Fe) en las diferentes marcas de garbanzos analizadas, con excepción de los garbanzos “Líder” con piel y los garbanzos “Martini” sin piel, en que los valores para Manganeso fueron más altos y más bajos, respectivamente y, para Zinc, también el valor obtenido fue más bajo en la marca “Martini” sin piel en comparación con los otros valores determinados. Para los metales traza esenciales mayoritarios, específicamente Magnesio, tampoco hubo diferencias significativas entre una y otra marca; sin embargo, para Calcio, los resultados fueron bastante variados, siendo la marca “Martini” sin piel la que presentó el valor más bajo y, la marca “Líder” con piel, la que presentó el valor más alto.

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

$$\text{Mg} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$$

Los resultados obtenidos en este estudio para Cobre y Calcio fueron bastante inferiores a los determinados en Pakistán; sin embargo, para Manganeso y Hierro, los resultados fueron superiores a los arrojados por los estudios en comparación. Para

Zinc, se obtuvo un valor intermedio respecto al resto de los estudios y, para Magnesio, se obtuvo un valor muy superior a los determinados en Pakistán, pero muy similar al encontrado por Ibáñez *et al.* (1998), en España.

En cuanto a las Tablas de composición química de alimentos chilenos, la concentración promedio de Calcio en garbanzos obtenida en este estudio se encuentra por debajo del valor descrito en las Tablas. El resultado obtenido para Hierro fue superior al descrito en las Tablas.

Las concentraciones de metales no esenciales (Cd, Pb, As, Hg), fueron inferiores al límite de cuantificación del equipo en todas las muestras de garbanzos analizadas. Sin embargo, estas determinaciones concuerdan con los resultados obtenidos en otros estudios.

Según los límites máximos de metales esenciales y no esenciales establecidos por el RSA, Codex Alimentarius y Unión Europea para garbanzos (cereales, legumbres y leguminosas), ninguna de las muestras analizadas excede estas normas.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en Maíz (*Zea mays*) y Polenta (*Zea mays*):

Los resultados obtenidos en este estudio para los metales esenciales tanto minoritarios (Cu, Mn, Zn, Fe) como mayoritarios (Mg, Ca) fueron mayores en el maíz, sólo el Cobre determinado en la polenta estuvo bajo el límite de cuantificación del equipo, sin embargo, en el maíz sí fue cuantificable.

En cuanto a los metales no esenciales (Cd, Pb, As, Hg), ambos alimentos arrojaron resultados bajo el límite de cuantificación del equipo. Sin embargo, concuerda con los resultados obtenidos en otros estudios.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Garbanzos (*Cicer arietinum*) en sus diferentes tipos de grano (grano fresco y grano seco):

Los resultados de metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn, Fe) y mayoritarios (Mg, Ca) obtenidos en este estudio para garbanzos no difieren significativamente entre los de grano seco y los de grano fresco. Con respecto al Zinc, Hierro y Calcio, se encontraron en mayor concentración en los granos frescos (congelados) y, el Magnesio, Cobre y Manganeseo, se encontraron en mayor cantidad en los granos secos, aunque el Cobre tuvo una diferencia mínima de concentración entre los tipos de grano analizados.

Ambos tipos de grano, fresco y seco, arrojaron valores bajo el límite de cuantificación del equipo de metales no esenciales.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Garbanzos (*Cicer arietinum*) en sus diferentes tipos de grano (grano con piel y sin piel):

Las concentraciones de metales traza esenciales minoritarios (Cu, Mn, Zn, Fe) y mayoritarios (Mg, Ca) obtenidas en este estudio fueron relativamente superiores en las muestras de garbanzos con piel, con excepción del Hierro, en que las concentraciones

determinadas en ambos tipos de garbanzos fueron las mismas. La concentración de Calcio fue significativamente mayor en los garbanzos con piel en comparación con los garbanzos sin piel.

Tanto los granos de garbanzo con piel como los sin piel, arrojaron valores bajo el límite de cuantificación del equipo para los metales no esenciales (Cd, Pb, As, Hg).

En cuanto a las concentraciones de Manganeso y Zinc determinadas, los valores para garbanzos sin piel, fueron muy similares a los obtenidos en Pakistán e India, respectivamente. En cambio, con respecto al Cobre y al Calcio, se hallaron concentraciones inferiores a las encontradas por Iqbal *et al.* (2006) y, en relación al Hierro y Magnesio, los valores fueron superiores a los determinados en Pakistán e India.

El mismo estudio realizado en India por Hemalatha *et al.* (2007) difiere de los resultados obtenidos en el presente trabajo para Zinc y Hierro en garbanzos con piel, siendo esta diferencia de concentración, más notoria en el Hierro. Hemalatha *et al.* (2007) obtuvo, sin embargo, mayores concentraciones de los metales analizados (Zinc y Hierro) en los granos de garbanzos sin piel, aunque esta diferencia no es significativa.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales de Champiñones en sus distintas variedades (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*) y marcas (Nature's Farm, Abrantes, Setas del Huerto):

Las concentraciones de Cobre y Magnesio obtenidas en el presente estudio, fueron superiores en la variedad *Agaricus bisporus*, siendo similares en las otras dos

variedades. Con respecto al Manganese, Zinc y Calcio, se determinaron mayores concentraciones en *Lentinula edodes*, manteniéndose valores similares en las otras especies analizadas. El Hierro, fue el único metal que se obtuvo en mayor concentración en *Pleurotus ostreatus*.

En cuanto a las concentraciones de metales esenciales determinadas en otros estudios, se obtuvo resultados muy similares a los encontrados en el presente trabajo por Vetter (1994) en *Agaricus bisporus* y *Pleurotus ostreatus*, difiriendo solamente en la concentración de Calcio. El resto de los estudios realizados en *Agaricus bisporus* y *Pleurotus ostreatus* arrojaron valores muy variados entre uno y otro. Para *Lentinula edodes*, se determinaron concentraciones similares a las halladas en este estudio, por Regula and Siwulski (2007), en Polonia.

Con respecto a los metales traza no esenciales (Cd, Pb, As, Hg), la mayor concentración de Cadmio, Arsénico y Mercurio se obtuvo en la variedad *Lentinula edodes* y, de Plomo, en *Agaricus bisporus*; lo que sugiere que la especie *Lentinula edodes* presenta características fisiológicas más hiperacumuladoras en comparación con las otras dos especies.

Existe una concordancia en cuanto a las concentraciones de Cadmio, Plomo, Arsénico y Mercurio determinadas en *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* por otros estudios, ya que arrojaron valores similares, en su mayoría, a los obtenidos en este estudio.

En cuanto a los criterios establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos, Codex Alimentarius y Comité de la Unión Europea, los límites máximos para

Cobre en champiñones (“otros productos”) se encuentran excedidos en todas las variedades analizadas. Para Zinc, la variedad *Lentinula edodes* no cumple la norma del RSA. Para Cadmio, tanto la especie *Lentinula edodes* como *Pleurotus ostreatus* exceden el límite establecido por el Codex y la U.E. y, *Agaricus bisporus*, se encuentra casi en el límite del cumplimiento de la norma, pero sólo *Lentinula edodes* no cumple con la normativa establecida por la O.M.S. para Cadmio en champiñones. Para Plomo, sólo la variedad *Agaricus bisporus* se encuentra fuera del límite establecido por el RSA, Codex Alimentarius, U.E. y O.M.S. Todas las variedades de champiñones cumplen el límite máximo establecido por el RSA (“otros productos”) para Arsénico. *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus*, no cumplen la normativa establecida por la O.M.S. para Mercurio en champiñones, pero *Agaricus bisporus* se encuentra justo en el límite establecido.

Respecto al análisis realizado en este estudio en base a las marcas de los champiñones, no se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de metales esenciales (minoritarios y mayoritarios). Sin embargo, en las concentraciones de metales no esenciales (Cd, Pb, As, Hg) sí hubo diferencias entre una marca y otra. La mayor concentración de Cadmio se encontró en la marca “Setas del Huerto”, mientras que las otras marcas se mantuvieron bajo el límite de cuantificación del equipo. La marca “Abrantes” presentó la mayor concentración de Plomo; sin embargo, la marca “Nature’s Farm” tuvo una concentración levemente inferior. La marca “Setas del Huerto”, en cambio, fue la única que se mantuvo con valores bajo el límite de cuantificación del equipo. La mayor concentración de Arsénico se determinó en la marca “Setas del Huerto”, seguida de la marca “Abrantes” con un valor bastante inferior.

La marca “Nature’s Farm” se mantuvo bajo el límite de cuantificación del equipo. La marca “Setas del Huerto” fue la que presentó mayor concentración de Mercurio y, las marcas “Nature’s Farm” y “Abrantes” presentaron concentraciones muy similares entre ellas.

Los límites máximos establecidos por el RSA, Codex Alimentarius, Comité de la Unión Europea (U.E.) y O.M.S. sólo se cumplieron en las marcas “Nature’s Farm” y “Abrantes” para Zinc y Cadmio y, en la marca “Abrantes” para Mercurio, aunque la marca Nature’s Farm se encuentra en el límite de lo permitido. El resto de los metales analizados no cumplen estas normas o simplemente no existen límites máximos establecidos para ellos.

Comparación de la concentración de metales traza esenciales y no esenciales en los diferentes alimentos analizados:

Se hallaron enormes diferencias en las concentraciones de metales traza esenciales entre los alimentos analizados en el presente trabajo. La mayor concentración de Cobre se encontró en los champiñones y, la menor concentración, en la polenta (valor bajo el límite de cuantificación del equipo). Para Manganeso se obtuvo la mayor concentración en los garbanzos y, la menor, en la polenta. En cuanto al Zinc, se obtuvo el valor máximo en los champiñones y, el valor mínimo, en la polenta. Para Hierro, la mayor concentración se determinó en champiñones y garbanzos, siendo el valor mínimo nuevamente, el encontrado en la polenta. Respecto al Magnesio, se encontró en mayor concentración en champiñones y, en menor concentración, en la

polenta. Para Calcio, se obtuvo el valor máximo de concentración en los garbanzos y, el valor mínimo, en la polenta.

Respecto a las concentraciones de metales no esenciales (Cd, Pb, As y Hg) determinadas en este estudio para los distintos alimentos, se encontraron valores anómalos, sobre el rango estipulado en la legislación (Reglamento Sanitario de los Alimentos, Codex Alimentarius, Comité de la Unión Europea), sólo en los champiñones, mientras que en el resto de los alimentos (maíz, polenta y garbanzos) las concentraciones obtenidas se encuentran en cumplimiento de estas normas.

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo y a los descritos en diversos estudios, se concluye que, la capacidad de absorción de las plantas con respecto a los metales pesados, es variable, siendo las concentraciones más bajas las encontradas en los granos y, las concentraciones más altas, las encontradas en los champiñones.

Respecto a las normativas sobre alimentos. En muchos países no existe legislación adecuada, por lo que, establecer, actualizar las leyes y las reglamentaciones sobre alimentos es fundamental para un sistema de control de alimentos efectivo. Además, este trabajo debe ser realizado por expertos en legislación de alimentos y, se debe considerar las normas, pautas y recomendaciones adoptadas por la Comisión del Codex Alimentarius para así, obtener una normativa globalizada y más efectiva, tanto a nivel de salud pública como de comercio internacional.

En nuestro país, la legislación sobre la calidad e inocuidad de los alimentos, está dada por el Reglamento Sanitario de los Alimentos; sin embargo, los límites máximos

establecidos para contaminantes, establecidos tanto en este reglamento como en los internacionales, son escasos y, la inexistencia de valores referenciales de numerosos metales para alimentos específicos, impide determinar si los resultados obtenidos en estudios como éste, son inocuos o tóxicos para la salud.

Los estudios referentes a la contaminación de alimentos por metales pesados son prácticamente nulos en nuestro país y, a nivel internacional, aún hay escasez de ellos.

Además, la escasez de personal capacitado para una correcta fiscalización, de analistas entrenados y, la falta de un número suficiente de laboratorios de control de alimentos adecuadamente equipados, dificulta el cumplimiento de la legislación en cuanto a calidad e inocuidad de los alimentos se refiere.

Un punto fundamental para la seguridad alimentaria es la necesidad de entrenamiento industrial en cuanto a la aplicación de las buenas prácticas agrícolas, de higiene, manufactura y el uso del sistema de análisis de peligros y puntos de control críticos. En estas prácticas se debe incluir, además, el control de la aplicación de pesticidas, plaguicidas, drogas veterinarias y, la prevención de contaminación de los cultivos con agua contaminada o contaminantes ambientales.

También es necesario definir normas referentes a restricciones de cultivos según el tipo y nivel de contaminación del suelo a utilizar para la agricultura, análisis del suelo y agua de riego.

Se debe considerar, por lo tanto, la posibilidad de efectuar nuevos estudios de investigación, utilizando como base los datos aquí planteados, para poder determinar el riesgo, al que está expuesta la población en nuestro país, de contraer enfermedades debido al consumo de alimentos contaminados con metales pesados.

Por todo lo anteriormente señalado, la hipótesis planteada en este estudio, se acepta parcialmente.

LITERATURA CITADA

- **Adeyeye, E., Arogundade, L., Akintayo, E., Aisida, O. y Alao, P. (2000).** Calcium, Zinc and Phytate interrelationships in some foods of major consumption in Nigeria. *Food Chemistry*, 71, 435-441.
- **Akyüz, M. y Kirbag, S. (2010).** Nutritive value of wild edible and cultured mushrooms. *Turk J. Biol.*, 34, 97-102.
- **Aranda, P., Planells, E. y Llopis, J. (2000).** Magnesio. Scientific Communication: Art o Technique? *Ars. Pharmaceutica*, 41, 91-100.
- **Aras, N. y Yavuz, O. (2006).** Trace Element Analysis of Food and Diet. Royal Society of Chemistry. pp. 344.
- **ATSDR. (1999).** Reseña Toxicológica del Mercurio. Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.E.U.U., Servicio de Salud Pública. Atlanta.
- **ATSDR. (1999).** Resumen de Salud Pública. Cadmio. Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.E.U.U., Servicio de Salud Pública. Atlanta. pp. 1-10.
- **ATSDR. (2000).** Resumen de Salud Pública. Manganese. Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.E.U.U., Servicio de Salud Pública. Atlanta. pp. 1-12.
- **ATSDR. (2001).** ATSDR Site Activities for Isla de Vieques. Puerto Rico. pp. 1-2.
- **ATSDR. (2001).** Reseña Toxicológica del Mercurio Metálico. Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.E.U.U., Servicio de Salud Pública. Atlanta.
- **ATSDR. (2004).** Resumen de Salud Pública. Cobre. Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.E.U.U., Servicio de Salud Pública. Atlanta. pp. 1-8.

- **ATSDR. (2005).** Resumen de Salud Pública. Cinc. Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.E.U.U., Servicio de Salud Pública. Atlanta. pp. 1-8.
- **ATSDR. (2007).** Resumen de Salud Pública. Arsénico. Departamento de Salud y Servicios Humanos de E.E.U.U., Servicio de Salud Pública. Atlanta. pp. 1-11.
- **Belitz, H.-D., Grosch, W. y Schieberle, P. (2009).** Food Chemistry. 4^a Ed. Springer, Berlin, Germany. pp. 1070.
- **Benavides, A., Ramírez, H., Robledo, V., Fuentes, L. y Sandoval, A. (2010).** Elementos Traza y Calidad Nutricional, Casos del Yodo, Zinc y Selenio. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. pp. 18.
- **Cabrera, C., Lloris, F., Giménez, R., Olalla, M. y López, M. (2003).** Mineral content in legumes and nuts: Contribution to the Spanish dietary intake. *The Science of the Total Environment*, 308, 1-14.
- **Caglarirmak, N. (2007).** The nutrients of exotic mushrooms (*Lentinula edodes* and *Pleurotus* species) and an estimated approach to the volatile compounds. *Food Chemistry*, 105, 1188-1194.
- **Carrasco, A. (2005).** Metales pesados en el suelo. Criterios de Calidad en Suelos Agrícolas. Recursos Naturales. Servicio Agrícola y Ganadero de Chile. Chile. pp. 66.
- **Castro, P. (1992).** Intoxicación por Plomo. *Rev. de la Fac. de Medicina*, Universidad de los Andes, Venezuela, 1, 1-3.

- **Cocchi, L., Vescovi, L., Petrini, L. y Petrini, O. (2006).** Heavy metals in edible mushrooms in Italy. *Food Chemistry*, 98, 277-284.
- **Codex Alimentarius Commision (2007).** Codex General *Standard* for Contaminants and Toxins in Food and Feed. CODEX STAN 193-1995, pp. 44.
- **Chang, R. y College, W. (2002).** Química. 7ª Ed. McGraw-Hill Interamericana, México. 943 pp.
- **Chasteen, T. (2000).** Hydride Generation Atomic Absorption Spectroscopy. Departament of Chemistry, Sam Houston State University, Huntsville, Texas. pp. 4.
- **Demirel, S., Tuzen, M., Saracoglu, S. y Soylak, M. (2008).** Evaluation of various digestion procedures for trace element contents of some food materials. *Journal of Hazardous Materials*, 152, 1020-1026.
- **Echavarri, B. (2007).** Estudio de los Efectos sobre el Medio Litoral derivados de la Implantación de Saneamientos Integrales en la Costa Cantábrica. Tesis Doctoral, Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, Santander, España. pp. 32.
- **Eisler, R. (2007).** Eisler's Encyclopedia of Environmentally Hazardous Priority Chemicals. Elsevier Science Ltd, pp. 986.
- **FAO. (1997).** Base de Datos, Límites Máximos del Codex para Residuos de Plaguicidas. Definiciones. Comisión del Codex Alimentarius, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Roma, Italia.

- **Ferreira, K., Gómes, J. y Cháves, J. (2005).** Copper content of commonly food in Brazil. *Food Chemistry*, 92, 29-32.
- **Galán, E. y Romero, A. (2008).** Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 10, 48-60.
- **García, W., Blessin, C. e Inglett, G. (1974).** Heavy Metals in Food Products From Corn. *Cereal Chemistry*, 51, 779-787.
- **Gençcelep, H., Uzun, Y., Tunçtürk, Y. y Demirel, K. (2009).** Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms. *Food Chemistry*, 113, 1033-1036.
- **Ginocchio, R., Torres, J. y Rodríguez, P. (2005).** Biodisponibilidad de Metales y Efectos Ambientales del Cobre en Suelos Agrícolas. En: Cobre, Medio Ambiente y Salud, Aportes de la Ciencia. Centro de Investigación Minera y Metalúrgica. Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia. Comisión Chilena del Cobre. Chile. pp. 202-215.
- **Goldaracena, C. (2007).** Metales Pesados en Organismos Acuáticos en dos Lagunas Costeras del Sur de Tamaulipas y Norte de Veracruz. Tesis, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira. Instituto Politécnico Nacional, Tamaulipas, México. pp. 90.
- **GSK. (2011).** Calcium Info. Centro de Información sobre el Calcio.
- **Hemalatha, S., Platel, K. y Srinivasan, K. (2007).** Zinc and Iron contents and their bioaccessibility in cereals and pulses consumed in India. *Food Chemistry*, 102, 1328-1336.

- **Hoffmann, G. (2009).** Copper-Associates Liver Diseases. *Vet. Clin. Small Anim.*, 39, 489-511.
- **Ibáñez, M., Rincón, F., Amaro, M. y Martínez, B. (1998).** Intrinsic variability of mineral composition of chickpea (*Cicer arietinum*, L.). *Food Chemistry*, 63, 55-60.
- **Iqbal, A., Khalil, I., Ateeq, N. y Sayyar, M. (2006).** Nutritional quality of important legumes. *Food Chemistry*, 97, 331-335.
- **Isildak, O., Turkekul, I., Elmastas, M. y Tuzen, M. (2004).** Analysis of heavy metals in some wild-grown edible mushrooms from the middle black sea region, Turkey, *Food Chemistry*, 86, 547-552.
- **Ita, B., Essien, J. y Ebong, G. (2006).** Heavy Metal Levels in Fruiting Bodies of Edible and Non-edible Mushrooms from the Niger Delta Region of Nigeria. *J. of Agri. & Soc. Sci.*, 2, 84-87.
- **John, D. A. y Leventhal, J. S. (1995).** Bioavailability of metals. En: Du Bray (Ed.) Preliminary compilation of Descriptive Geoenvironmental Mineral Deposit Models. Denver, Colorado, U.S. Departamento del Interior. U.S. Geological Survey (U.S.G.S.). pp. 10-18.
- **Kabata-Pendias, A. y Mukherjee, A. (2007).** Trace Elements from Soil to Human. Springer Berlin Heidelberg New York. pp. 550.
- **Kastenmeyer, P. (1995).** Análisis de Minerales y Elementos Traza en Alimentos. En: Producción y Manejo de Datos de Composición Química de Alimentos en Nutrición. pp. 271-294.
- **Kennish, M. J. (1997).** Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution. CRC Press, Boca Ratón, Florida. pp. 524.

- **Kian, Ch., Fook, Ch., Jau, L. y Atong, M. (2007).** Nutritional Properties of Some Edible Wild Mushrooms in Sabah. *Journal of Applied Sciences*, 7, 2216-2221.
- **Kucak, A. y Blanusa, M. (1998).** Validation of Microwave Digestion Method for Determination of Trace Metals in Mushrooms. *Arh. hig rada toksikol*, 49, 335-342.
- **Leder, B., Silverberg, S. y Stewart, A. (2009).** Exceso de Calcio en la Sangre (Hipercalcemia). *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 94, 1-1.
- **Leterme, P., Buldgen, A., Estrada, F. y Londoño, A. (2006).** Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry*, 95, 644-652.
- **Lewis, A. (2005).** Desequilibrios Genéticos en la Homeostasis de Cobre. En: Cobre, Medio Ambiente y Salud, Aportes de la Ciencia. Centro de Investigación Minera y Metalúrgica. Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia. Comisión Chilena del Cobre. Chile. pp. 76-95.
- **Martínez, E., Fuentes, J. P., León, O., Carrasco, A. y Acevedo, E. (2005).** Calidad del Suelo en relación a Metales Pesados en Chile. Universidad de Chile. pp. 5.
- **Martínez, J. (2005).** Liberación y Transporte de Contaminantes. En: Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos – Fundamentos. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. pp. 25-30.
- **Martínez, R. (1999).** Determinación de metales pesados en harinas. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana. pp. 1-18.

- **Matos-Reyes, M., Cervera, M., Campos, R. y 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, 188-194.
- **Melgar, M., Alonso, J. y García, M. (2009).** Mercury in edible mushrooms and underlying soil: Bioconcentration factors and toxicological risk. *Science of the Total Environment*, 407, 5328-5334.
- **Mendil, D., Dogan, O., Hasdemir, E. y Caglar, A. (2004).** Determination of trace elements on some wild edible mushroom samples from Kastamonu, Turkey. *Food Chemistry*, 88, 281-285.
- **Mikkelsen, R. (2010).** Fuentes de Magnesio. Soil and Fertilizer Magnesium. *Better Crops*, 94, 26-28.
- **Morton, O. (2006).** Contenido de Metales Pesados en Suelos Superficiales de la Ciudad de México. *Tip. Revista Especializada en Ciencias Químico Biológicas*, 1, pp. 45-47.
- **Moura, P., Maihara, V., Castro, L. y Figueira, L. (2007).** Essential Trace Elements in Edible Mushrooms by Neutron Activation Analysis. International Nuclear Atlantic Conference, Santos, Brazil, pp. 1-6.
- **Neff, J. (2002).** Bioaccumulation in Marine Organisms: Effect of Contaminants from Oil Well Produced Water. Elsevier Ltd. U.S.A. pp. 452.
- **NIH. (2009).** Magnesio en la Dieta. Biblioteca Nacional de Medicina, E.E.U.U.
- **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. pp. 117.

- **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.
- **Qadier, G., Gul, T., Sahito, S., Ahmed, S. y Ali, L. (2005).** Determination of the concentration levels of various Trace and Toxic elements in some Maize (*Zea mays L.*) cultivars. *J. Saudi Chem. Soc.*, 9, 19-26.
- **Regula, J. y Gramza-Michalowska, A. (2010).** New Cereal Food Products with Dried Shiitake Mushroom (*Lentinula edodes*) added as a Source of Selected Nutrients. *Ital. J. Food Sci.*, 22, 292-297.
- **Regula, J. y Siwulski, M. (2007).** Dried Shiitake (*Lentinula edodes*) and Oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms as a good source of nutrient. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 6, 135-142.
- **Rimblas, M. E. (2004).** Los Compuestos Químicos en los Alimentos desde la Perspectiva de la Seguridad Alimentaria. Servicio de Seguridad Alimentaria y Zoonosis, Dirección General de Salud Pública, Consejería de Sanidad, Región de Murcia, España. pp. 74.
- **Rondón, H. (2006).** Hipomagnesemia. *Anales de la Facultad de Medicina*, 67, 38-48.
- **Rop, O., Kramarova, D., Juríková, T., Hoza, I., Mlcek, J. y Valásek, P. (2009).** Occurrence of Mercury in Wild Mushrooms. *Acta fytotechnica et zootechnica, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae*, pp. 580-586.

- **RSA. (2010).** Departamento de Asesoría Jurídica, Ministerio de Salud, República de Chile. DTO N° 977/76.
- **Rubinson, K. y Robinson, J. (2000).** Análisis Instrumental. 8ª Ed. Prentice Hall. pp. 876.
- **Rubio, C., Gutiérrez, A. J., Martín-Izquierdo, R., Revert, C., Lozano, G. y Hardisson, A. (2004).** El Plomo como Contaminante Alimentario. *Rev. Toxicol.*, 21, 72-80.
- **SAG. (2009).** Programa de Control de Residuos en Productos Pecuarios. Resultados 2008. Unidad de Verificación Analítica. Subdepartamento de Industria y Tecnología Pecuaria. *Boletín Veterinario Oficial*. pp. 4.
- **Sánchez, M. (2006).** Alteraciones Fisiológicas como Consecuencia de la Exposición a Plaguicidas en Sucesivas Generaciones de *Daphnia magna*. Tesis Doctoral, Departamento de Biología Funcional y Antropología Física. Universidad de Valencia, España. pp. 399.
- **Schmidt-Hebbel, H. (1992).** Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos. 8ª Ed., Biblioteca Digital de la Universidad de Chile.
- **Schroeder, K. (2010).** Magnesio. EBSCO Publishing. pp. 1-5.
- **Skoog, D., Holler, F. y Nieman, T. (2001).** Principios de Análisis Instrumental. 5ª Ed. McGraw-Hill, España. pp. 1028.
- **Soto, E. (2010).** Determinación de Elementos Traza (Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, Zn, Fe, As, Hg) en aguas y sedimento del Santuario de la Naturaleza Carlos Anwandter, Valdivia. Tesis, Escuela de Química y Farmacia. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile. pp. 130.

- **Tüzen, M. (2003).** Determination of Heavy metals in soil, mushroom and plant samples by atomic absorption spectrometry. *Microchemical Journal*, 74, 289-297.
- **Tüzen, M., Sesli, E. y Soylak, M. (2007).** Trace element levels of mushrooms species from East Black Sea región of Turkey. *Food Control*, 18, 806-810.
- **Valle, P. y Lucas, B. (2000).** Toxicología de Alimentos. Instituto Nacional de Salud Pública, Centro Nacional de Salud Ambiental, México. pp. 198.
- **Vélez, J. (2007).** Los biosólidos: ¿Una solución o un problema? Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 57-71.
- **Vetter, J. (1994).** Mineral elements in the important cultivated mushrooms *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*. *Food Chemistry*, 50, 277-279.
- **Vetter, J. y Berta, E. (2005).** Mercury content of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. *Food Control*, 16, 113-116.
- **Viñas, P., Campillo, N., López, I. y Hernández, M. (1993).** *Food Chemistry*, 46, 307-311.
- **Zeeuw, H. y Lock, K. (2000).** La Agricultura Urbana y Peri-Urbana, Salud y Medio Ambiente Urbano. Documento de Discusión para la Conferencia Electrónica de FAO-ETC/RUAF sobre la Agricultura Urbana y Peri-Urbana.
- **Zhu, F., Qu, L., Fan, W., Qiao, M., Hao, H. y Wang, X. (2010).** Assessment of heavy metals in some wild edible mushrooms collected from Yunnan Province, China. *Environ. Monit. Assess.*, pp. 1-9.

- **Zia-Ul-Haq, M., Iqbal, S., Ahmad, S., Imran, M., Niaz, A. y Bhangar, M. (2007).**
Nutritional and Compositional study of Desi chickpea (*Cicer arietinum L.*) cultivars
grown in Punjab, Pakistan. *Food Chemistry*, 105, 1357-1363.

ANEXO 1

(Metodología del tratamiento de las muestras)

Procedimiento analítico de digestión ácida en Horno Microondas:

En primera instancia, se procede a pesar 0,5000 g de cada muestra previamente secada de Maíz (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*), Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*) y Garbanzos (*Cicer arietinum*). Cada muestra se realizó por triplicado y se pesó 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 HNO₃ concentrado y 1 mL de H₂O₂ al 30%. Luego, se cierran los vasos y se colocan en el horno microondas, se digita el programa respectivo diseñado especialmente para el tipo de alimento a analizar y se comienza la digestión ácida.

Programa de digestión ácida en horno microondas:

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

Metodología de la Espectrofotometría de Absorción Atómica:

Consiste en atomizar una muestra líquida mediante el uso de una llama o un horno. Cuando los elementos se encuentran en estado atómico, se hace circular 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).

La radiación emitida desde la fuente (lámpara de cátodo hueco) con una longitud de onda específica para el elemento a determinar, pasa a través de la llama, en donde se encuentra la muestra atomizada. El monocromador selecciona la longitud de onda característica del elemento para que llegue al detector, el que finalmente capta la disminución de la intensidad emitida, la que es directamente proporcional al número de átomos presentes en la muestra (Soto, 2010).

La Espectrometría de Absorción Atómica de llama (FAAS) es la técnica más utilizada para el análisis de metales en alimentos, debido a su simplicidad, alto rendimiento de muestras y, el costo relativamente bajo de su instrumentación. Permite la determinación de la mayoría de los elementos traza presentes en los alimentos, en el rango de mg/Kg, con una precisión de 0,3-1% (a absorbancias $> 0,1-0,2$) y una exactitud de aproximadamente 0,5-5% (Kastenmayer, 1995).

Las longitudes de onda utilizadas para cada metal analizado en este estudio fueron:

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	228,8
Plomo (Pb)	217,0
Mercurio (Hg)	253,7
Arsénico (As)	193,7

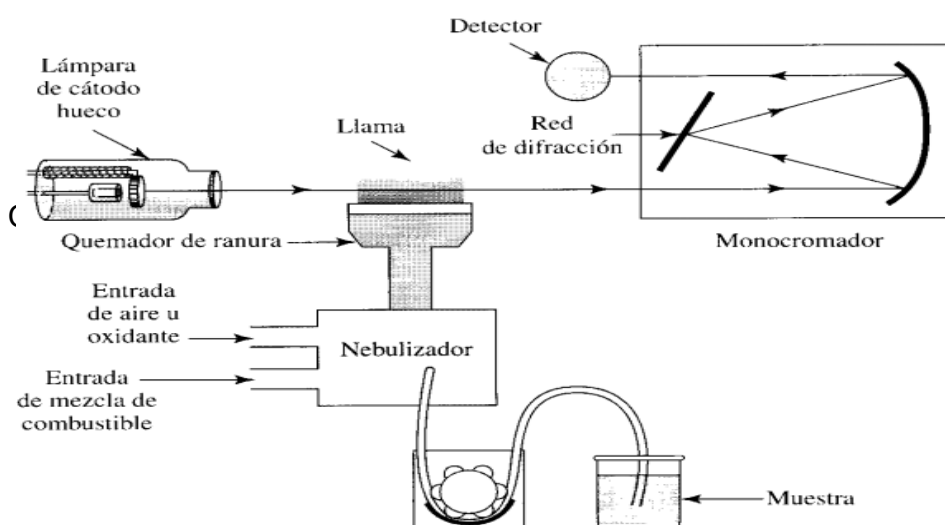


Figura 1: Esquema de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Extraído del libro “Análisis Instrumental” (Rubinson & Rubinson, 2000).

Análisis de Cu, Mn, Zn, Fe, Mg, Ca, Cd y Pb mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica, modalidad Llama:

El proceso de atomización de las muestras, para obtener los átomos en estado fundamental, se realiza mediante un atomizador de llama. La solución de la muestra se aspira vía un nebulizador dentro de la llama de aire/acetileno, donde se evapora el solvente y los sólidos remanentes se separan en átomos. De esta manera se pueden cuantificar los metales que se desean determinar.

Preparación de los Estándares de Cu, Mn, Zn, Fe, Mg, Ca, Cd y Pb:

Para cada elemento analizado se prepararon tres estándares, los cuales fueron preparados a partir de estándares certificados, de concentración 1000 ppm (Merck), con un rango de concentración de 0,05-0,5 mg/L.

Análisis de Arsénico (As) mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica acoplada a un Generador de Hidruros:

La técnica se basa en tres etapas fundamentales: La generación y volatilización del hidruro, la transferencia del hidruro y su posterior atomización en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA).

La generación del hidruro se consigue tratando la muestra con borohidruro de sodio (NaBH_4) en medio ácido (HCl), obteniendo así, el hidruro covalente volátil arsina (AsH_3).

En el caso del As^{5+} y las especies inorgánicas monometilarsénico (MMA) y dimetilarsénico (DMA) la reacción reductora es muy lenta, por lo que es necesario realizar una reducción previa, para lo cual se utiliza Ioduro de potasio (KI). En cambio, cuando se trata de la especie inorgánica As^{3+} , la reacción es completa y rápida, por lo cual sólo se utiliza borohidruro de sodio como agente reductor (NaBH_4).

Una vez que se ha formado el hidruro, es arrastrado por un gas inerte (argón) hasta la llama de aire/acetileno para ser descompuesto en vapor elemental de arsénico, el cual puede ser cuantificado mediante el uso de Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) (Chasteen, 2000).

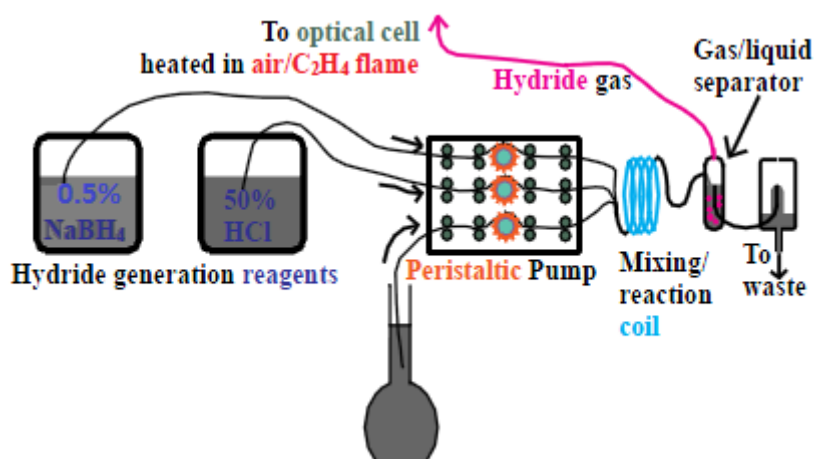


Figura 2: Representación esquemática del acoplamiento del Generador de Hidruros a la Espectrofotometría de Absorción Atómica (GH-EAA).

Análisis de Mercurio (Hg) utilizando Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) vapor frío acoplado a un Generador de Hidruros:

La técnica de vapor frío es un método de atomización aplicable sólo a la determinación de Mercurio, debido a que es el único elemento que tiene una presión de vapor apreciable a temperatura ambiente, por lo tanto, es suficientemente volátil. El Mercurio es arrastrado por el argón a una celda de cuarzo, por donde pasa la radiación de longitud de onda característica, necesaria para su cuantificación (Skoog *et al.* 2001).

Las muestras fueron tratadas previamente con Permanganato de potasio (KMnO_4) para mantener el estado de oxidación del Mercurio (Hg^{+2}). Luego, se acidificaron las muestras con HCl y se redujo a Mercurio elemental mediante el uso de Borohidruro de sodio (NaBH_4).

Preparación de los Estándares de As y Hg:

Se prepararon tres estándares para As y tres para Hg a partir de estándares certificados, de concentración 1000 ppm (Merck) y con un rango de concentración entre 5 y 40 $\mu\text{g/L}$.

ANEXO 2

(Resultados: Tablas y Gráficos)

Tabla N° 1: Identificación de las muestras.

N° Identificación	Alimento	Origen
1	Maíz (<i>Zea mays</i>) “Minuto Verde” (Cong.)	Chileno (San Fernando)
2	Maíz (<i>Zea mays</i>) “Sadia” (Cong.)	Chileno (Linares)
3	Maíz (<i>Zea mays</i>) “Frutos del Maipo” (Cong.)	Chileno (Linderos)
4	Maíz (<i>Zea mays</i>) “Líder” (Cong.)	Chileno (San Fernando)
5	Polenta (<i>Zea mays</i>) “La Fuente Natural”	Chileno (Santiago)
6	Polenta (<i>Zea mays</i>) “Líder”	Alemán
7	Champiñón (<i>Agaricus bisporus</i>) “Natures’s Farm” entero	Chileno (Quintero)
8	Champiñón (<i>Agaricus bisporus</i>) “Abrantes” Portobello	Chileno (Paine)
9	Champiñón (<i>Lentinula edodes</i>) “Setas del Huerto” Shiitake	Chileno (Paine)
10	Champiñón (<i>Pleurotus ostreatus</i>) “Setas del Huerto” Ostra	Chileno (Paine)
11	Champiñón (<i>Agaricus bisporus</i>) “Abrantes” Royal	Chileno (Paine)

12	Champiñón (<i>Agaricus bisporus</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> y <i>Lentinula edodes</i>) “Setas del Huerto” Selection	Chileno (Paine)
13	Garbanzos sin piel “Frutos del Maipo” (Cong.)	Chileno (Linderos)
14	Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i>) “Líder” con piel	Chileno (Santiago)
15	Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i>) “Campo Lindo” sin piel	Chileno (Santiago)
16	Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i>) “Martini” sin piel	Canadiense
17	Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i>) “Líder” sin piel	Chileno (Santiago)

(Cong.) Alimento Congelado.

Tabla N° 2: Resumen de Concentraciones de Elementos Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en los alimentos analizados.

Marca Comercial	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg (x10 ³)	Ca
Maíz "Minuto Verde" (<i>Zea mays</i>)	<1,6	4,16±0,01	17,37±0,02	24,36±0,02	0,84±0,01	48,59±0,003
Maíz "Sadia" (<i>Zea mays</i>)	<1,6	3,30±0,03	17,88±0,01	28,20±0,01	0,73±0,01	29,23±0,004
Maíz "Frutos del Maipo" (<i>Zea mays</i>)	1,6±0,1	5,34±0,01	16,99±0,02	28,12±0,02	0,84±0,003	2,19±0,01 (**)
Maíz "Líder" (<i>Zea mays</i>)	<1,6	4,16±0,01	17,60±0,01	23,49±0,02	0,84±0,01	37,09±0,01
Polenta "La Fuente Natural" (<i>Zea mays</i>)	<1,6	1,6±0,1	6,78±0,01	10,17±0,05	0,39±0,01	13,50±0,01
Polenta "Líder" (<i>Zea mays</i>)	<1,6	1,2±0,1	6,08±0,01	9,13±0,01	0,29±0,01	43,31±0,01
Champiñón Entero "Nature's Farm" (<i>Agaricus bisporus</i>)	43,87±0,01	7,71±0,03	94,17±0,01	97,34±0,01	1,63±0,01	1,02±0,01 (**)
Champiñón Portobello "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	46,86±0,01	7,14±0,01	73,45±0,01	1,03±0,002 (**)	1,74±0,01	1,14±0,01 (**)
Champiñón Shiitake "Setas del Huerto" (<i>Lentinula edodes</i>)	12,73±0,02	22,15±0,01	1,43±0,01 (**)	75,16±0,05	1,41±0,01	1,19±0,01 (**)
Champiñón Ostra "Setas del Huerto" (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	11,98±0,03	9,15±0,01	1,04±0,02 (**)	1,61±0,04 (**)	1,46±0,01	1,11±0,01 (**)
Champiñón Royal "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	25,18±0,01	6,39±0,002	65,85±0,01	52,89±0,01	1,43±0,004	57,74±0,01
Champiñón Selection "Setas del Huerto" (*)	22,35±0,02	7,92±0,01	75,38±0,02	53,67±0,03	1,54±0,01	1,56±0,01 (**)
Garbanzos "Frutos del Maipo" sin piel (Cong.) (<i>Cicer arietinum</i>)	7,42±0,04	19,16±0,01	29,85±0,01	96,55±0,01	0,86±0,01	7,60±0,003 (**)
Garbanzos "Líder" con piel (<i>Cicer arietinum</i>)	7,45±0,002	35,54±0,01	30,11±0,002	1,03±0,02 (**)	1,51±0,003	10,38±0,004 (**)
Garbanzos "Campo Lindo" sin piel (<i>Cicer arietinum</i>)	7,67±0,03	25,78±0,02	29,72±0,01	82,78±0,02	1,21±0,01	5,43±0,001 (**)
Garbanzos "Martini" sin piel (<i>Cicer arietinum</i>)	7,33±0,02	14,94±0,002	14,2	80,16±0,02	1,20±0,01	4,93±0,002 (**)
Garbanzos "Líder" sin piel (<i>Cicer arietinum</i>)	7,39±0,01	25,84±0,001	28,26±0,01	90,87±0,02	1,37±0,01	5,12±0,001 (**)
(*) <i>Agaricus bisporus</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Lentinula edodes</i> .						
(**) x10 ²						
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.						

Tabla N° 3: Resumen de Concentraciones de Elementos Traza no Esenciales (mg/kg peso seco) en los alimentos analizados.

Marca Comercial	Cd	Pb	As	Hg
Choclo "Minuto Verde" (<i>Zea mays</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Choclo "Sadia" (<i>Zea mays</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Choclo "Frutos del Maipo" (<i>Zea mays</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Choclo "Líder" (<i>Zea mays</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Polenta "La Fuente Natural" (<i>Zea mays</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Polenta "Líder" (<i>Zea mays</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Champiñón Entero "Nature's Farm" (<i>Agaricus bisporus</i>)	<0,16	2,60	<0,02	0,05
Champiñón Portobello "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	<0,16	2,77	0,10	0,06
Champiñón Shiitake Setas del Huerto" (<i>Lentinula edodes</i>)	1,37	<1,54	0,75	0,17
Champiñón Ostra "Setas del Huerto" (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	0,50	<1,54	0,69	0,08
Champiñón Royal "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	<0,16	<1,54	0,14	0,03
Champiñón Selection "Setas del Huerto" (*)	0,19	<1,54	0,17	0,06
Garbanzos "Frutos del Maipo" sin piel (Cong.) (<i>Cicer arietinum</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Garbanzos "Líder" con piel (<i>Cicer arietinum</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Garbanzos "Campo Lindo" sin piel (<i>Cicer arietinum</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Garbanzos "Martini" sin piel (<i>Cicer arietinum</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Garbanzos "Líder" sin piel (<i>Cicer arietinum</i>)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
(*) <i>Agaricus bisporus</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Lentinula edodes</i> .				
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				

Tabla y Gráfico N° 4: Rango de las Concentraciones de Elementos Traza Esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Maíz (*Zea mays*).

	Concentración Mínima	Concentración Máxima	Concentración Promedio
Cu	0	1,6	0,80
Mn	3,30	5,34	4,24
Zn	17,0	17,9	17,5
Fe	23,5	28,2	26,0
Mg	726	844	811
Ca	29,2	219	83,5

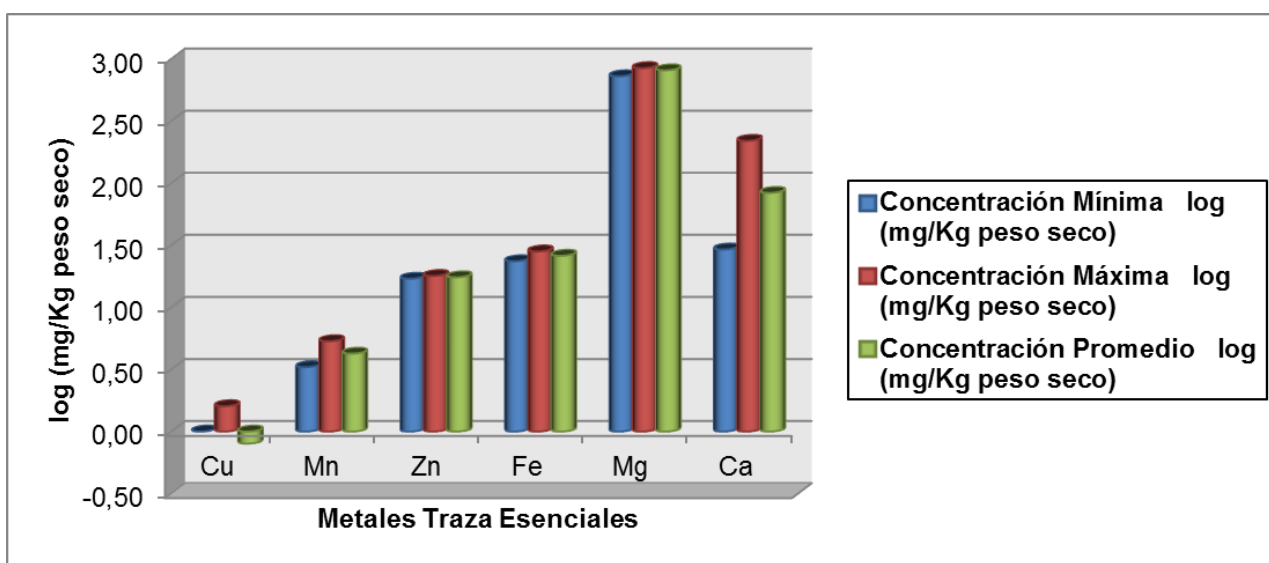


Tabla y Gráfico N° 5: Rango de las Concentraciones de Elementos Traza Esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Polenta (*Zea mays*).

	Concentración Mínima	Concentración Máxima	Concentración Promedio
Cu	0	0	0
Mn	1,15	1,62	1,38
Zn	6,08	6,78	6,43
Fe	9,13	10,2	9,65
Mg	291	388	340
Ca	13,5	43,3	28,4

(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.

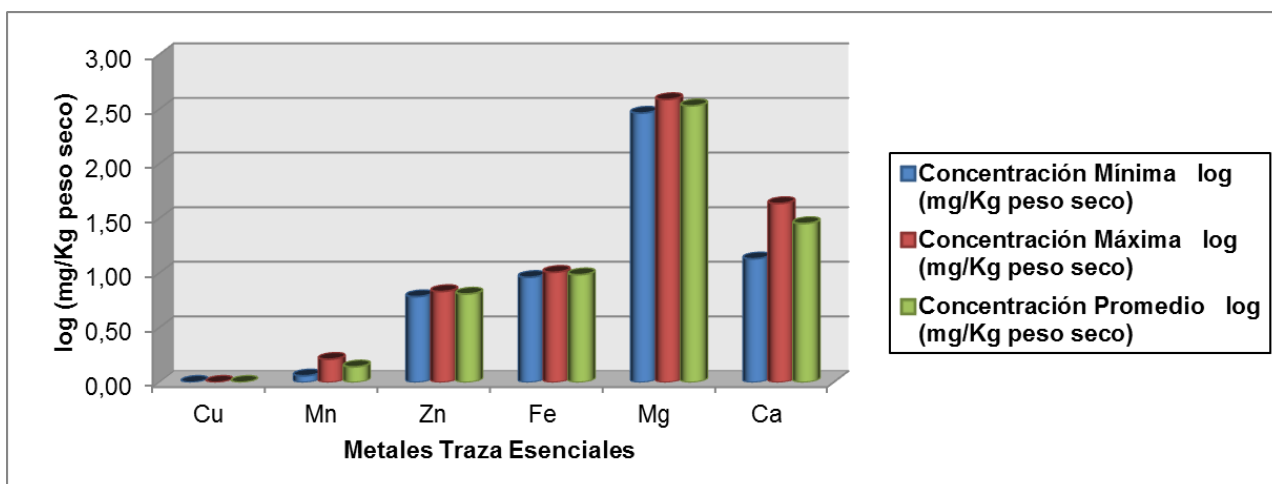


Tabla y Gráfico N° 6: Rango de las Concentraciones de Elementos Traza Esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

	Concentración Mínima	Concentración Máxima	Concentración Promedio
Cu	12,0	46,9	27,2
Mn	6,39	22,2	10,1
Zn	65,9	142	92,5
Fe	52,9	161	90,5
Mg	1,41E+03	1,74E+03	1,54E+03
Ca	57,7	156	110

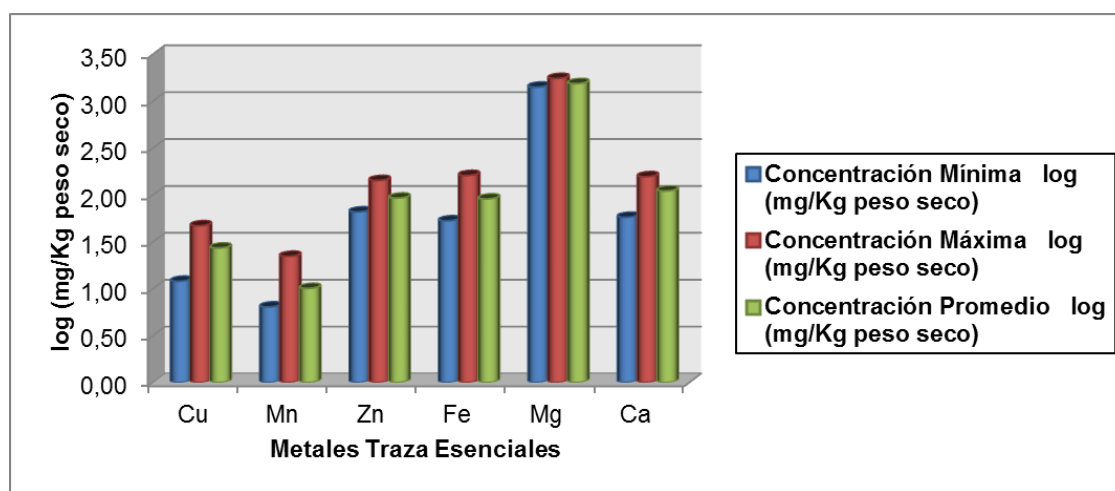
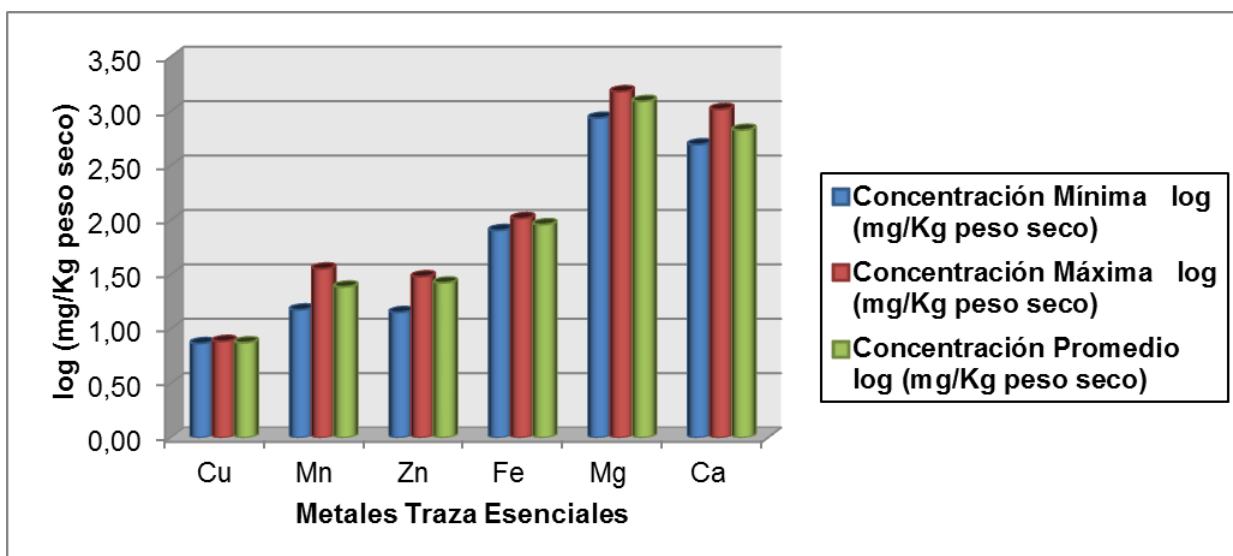


Tabla y Gráfico N° 7: Rango de las Concentraciones de Elementos Traza Esenciales (mg/kg peso seco) obtenidos en las muestras de Garbanzos (*Cicer arietinum*).

	Concentración Mínima	Concentración Máxima	Concentración Promedio
Cu	7,33	7,67	7,45
Mn	14,9	35,5	24,3
Zn	14,1	30,1	26,4
Fe	80,2	103	90,7
Mg	862	1,51E+03	1,23E+03
Ca	493	1,04E+03	669



ANEXO 3

(Discusión: Tablas y Gráficos)

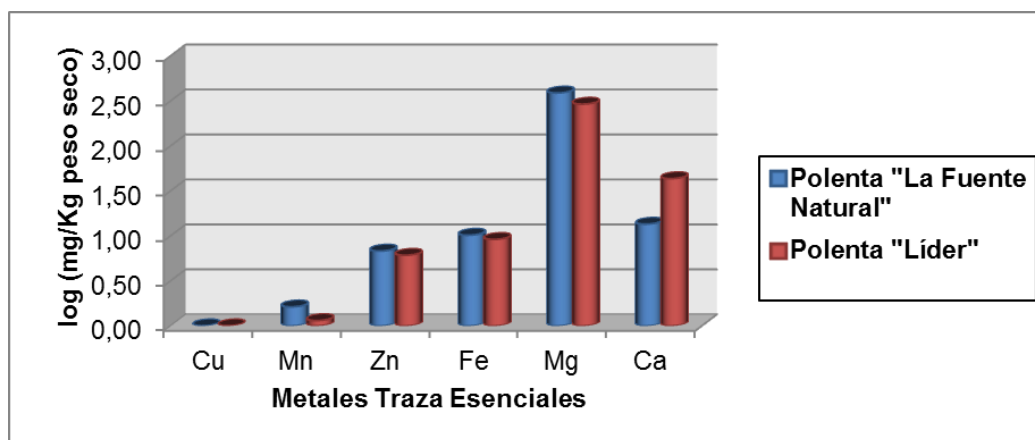


Tabla y Gráfico N° 3: Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Marca Comercial	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Champiñón Entero "Nature's Farm"	43,9	7,71	94,2	97,3	1,63E+03	102
Champiñón Portobello "Abrantes"	46,9	7,14	73,5	103	1,74E+03	114
Champiñón Shiitake "Setas del Huerto"	12,7	22,2	142	75,2	1,41E+03	119
Champiñón Ostra "Setas del Huerto"	12,0	9,15	104	161	1,46E+03	111
Champiñón Royal "Abrantes"	25,2	6,39	65,9	52,9	1,43E+03	57,7
Champiñón Selection "Setas del Huerto"	22,4	7,92	75,4	53,7	1,54E+03	156

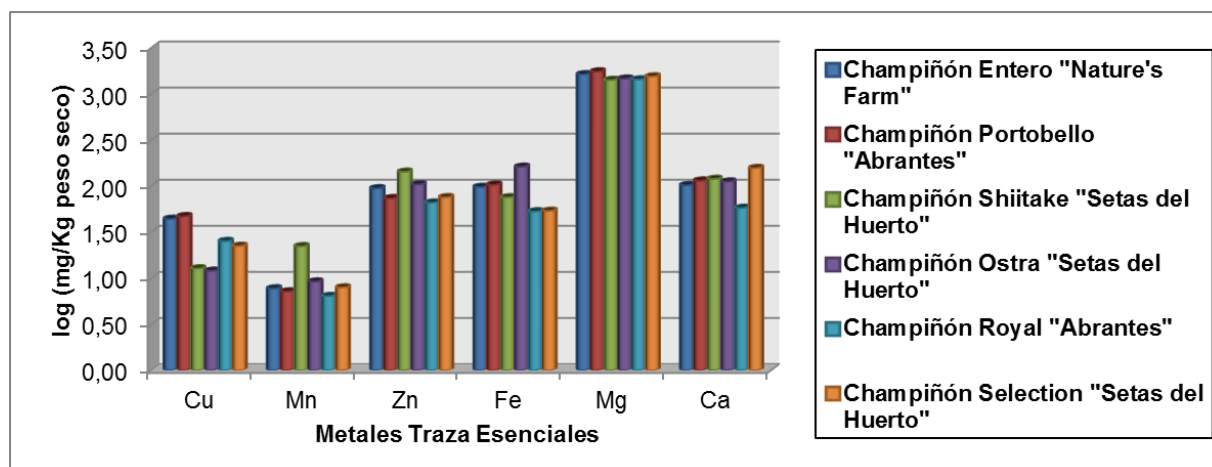


Tabla y Gráfico N° 4: Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de Garbanzos (*Cicer arietinum*).

Marca Comercial	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Garbanzos "Frutos del Maipo" sin piel (Cong.)	7,42	19,2	29,9	96,6	862	760
Garbanzos "Líder" con piel	7,45	35,5	30,1	103	1,51E+03	1,04E+03
Garbanzos "Campo Lindo" sin piel	7,67	25,8	29,7	82,8	1,21E+03	543
Garbanzos "Martini" sin piel	7,33	14,9	14,1	80,2	1,20E+03	493
Garbanzos "Líder" sin piel (Cong.) Congelado	7,39	25,8	28,3	90,9	1,37E+03	512

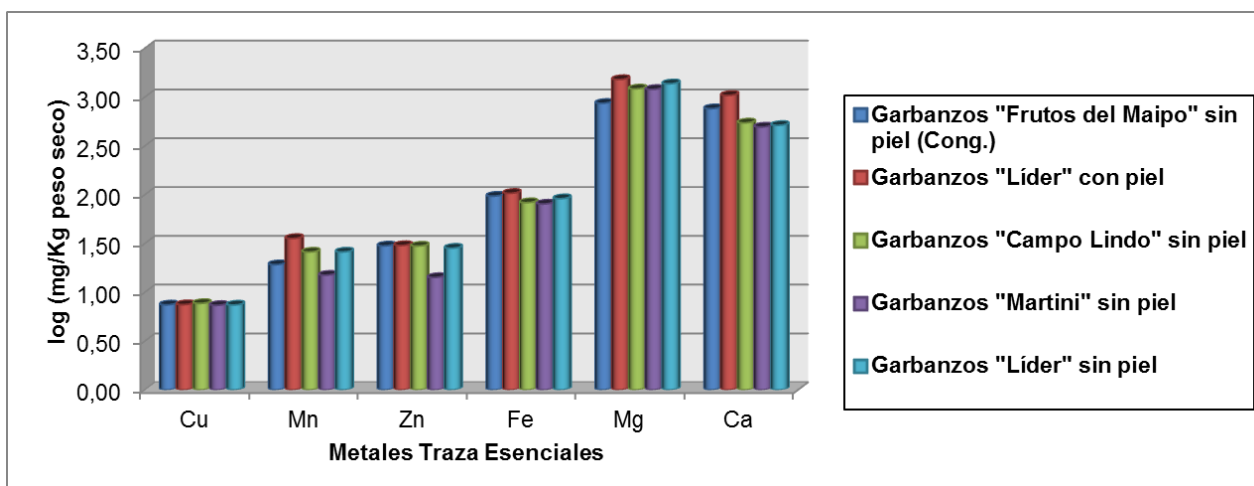


Tabla N° 5: Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de granos frescos (congelados) de Garbanzos (*Cicer arietinum*).

Marca Comercial	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Garbanzos "Frutos del Maipo" sin piel (Cong.) (Cong.) Congelado	7,42	19,2	29,9	96,6	862	760

Tabla y Gráfico N° 6: Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de granos secos de Garbanzos (*Cicer arietinum*).

Marca Comercial	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Garbanzos "Líder" con piel	7,45	35,5	30,1	103	1,51E+03	1,04E+03
Garbanzos "Campo Lindo" sin piel	7,67	25,8	29,7	82,8	1,21E+03	543
Garbanzos "Martini" sin piel	7,33	14,9	14,1	80,2	1,20E+03	493
Garbanzos "Líder" sin piel	7,39	25,8	28,3	90,9	1,37E+03	512

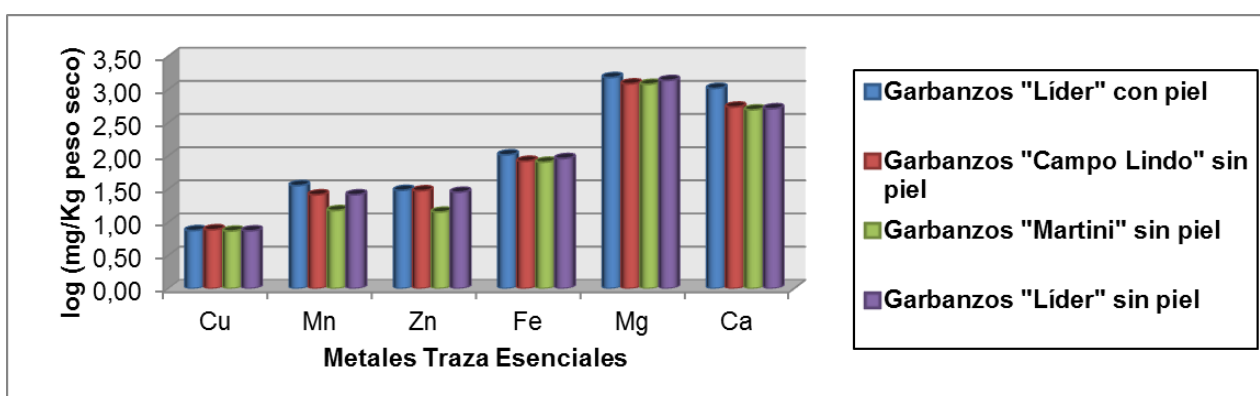


Tabla y Gráfico N° 7: Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de granos sin piel de Garbanzos (*Cicer arietinum*).

Marca Comercial	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Garbanzos "Frutos del Maipo" sin piel (Cong.)	7,42	19,2	29,9	96,6	862	760
Garbanzos "Campo Lindo" sin piel	7,67	25,8	29,7	82,8	1,21E+03	543
Garbanzos "Martini" sin piel	7,33	14,9	14,1	80,2	1,20E+03	493
Garbanzos "Líder" sin piel (Cong.) Congelado	7,39	25,8	28,3	90,9	1,37E+03	512

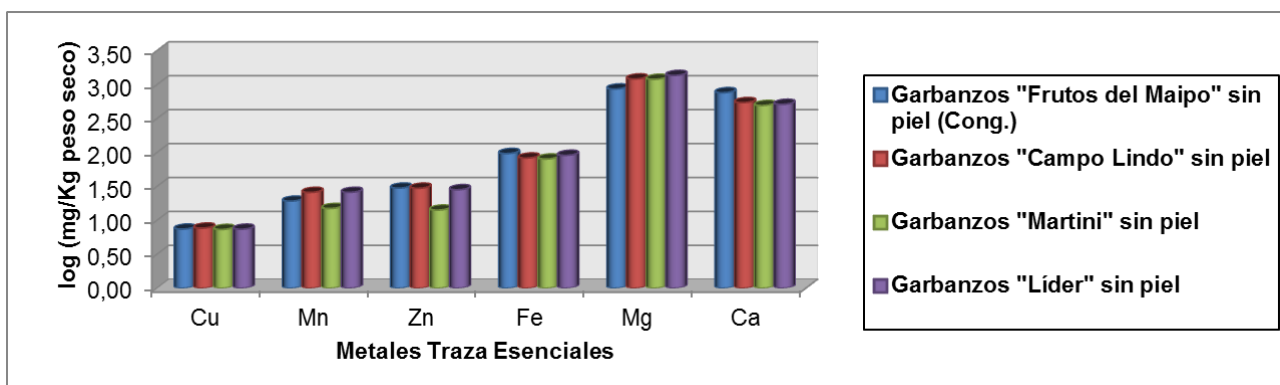


Tabla N° 8: Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de granos con piel de Garbanzos (*Cicer arietinum*).

Marca Comercial	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Garbanzos "Líder" con piel	7,45	35,5	30,1	103	1,51E+03	1,04E+03

Tabla N° 9: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg) en las diferentes marcas de Maíz congelado (*Zea mays*).

Marca Comercial	Cd	Pb	As	Hg
Maíz "Minuto Verde"	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Maíz "Sadia"	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Maíz "Frutos del Maipo"	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Maíz "Líder"	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				

Tabla N° 10: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg) en las diferentes marcas de Polenta (*Zea mays*).

Marca Comercial	Cd	Pb	As	Hg
Polenta "La Fuente Natural"	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Polenta "Líder"	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				

Tabla y Gráfico N° 11: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg) en las diferentes marcas de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Marca Comercial	Cd	Pb	As	Hg
Champiñón Entero "Nature's Farm"	<0,16	2,60	<0,02	0,05
Champiñón Portobello "Abrantes"	<0,16	2,77	0,10	0,06
Champiñón Shiitake "Setas del Huerto"	1,37	<1,54	0,75	0,17
Champiñón Ostra "Setas del Huerto"	0,5	<1,54	0,69	0,08
Champiñón Royal "Abrantes"	<0,16	<1,54	0,14	0,03
Champiñón Selection "Setas del Huerto"	0,19	<1,54	0,17	0,06
Promedio	0,34	0,90	0,31	0,08
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				

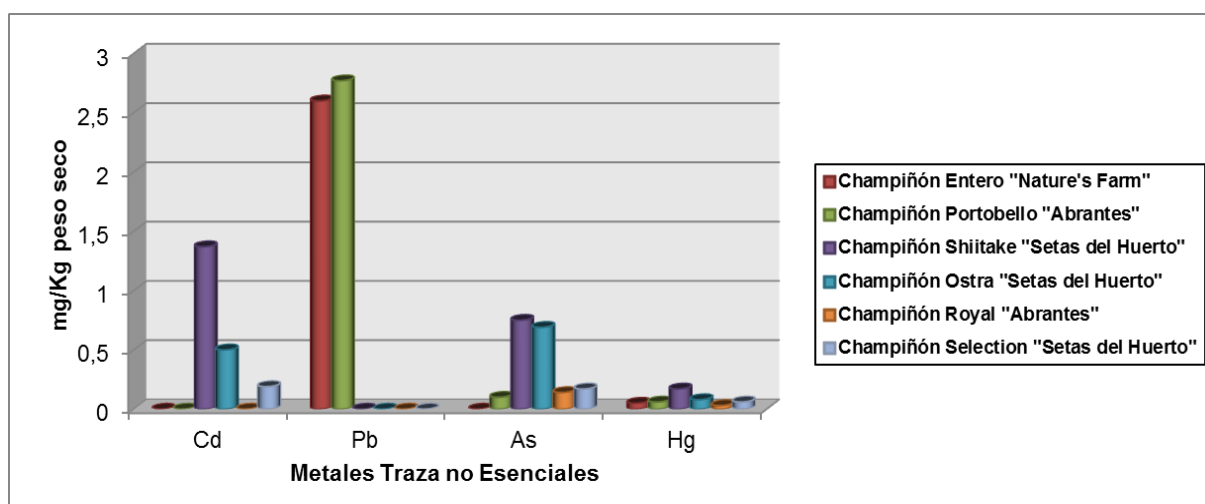


Tabla N° 12: Concentración de Metales Traza no Esenciales (mg/kg) en las diferentes marcas de Garbanzos (*Cicer arietinum*).

Marca Comercial	Cd	Pb	As	Hg
Garbanzos "Frutos del Maipo" sin piel (Cong.)	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Garbanzos "Líder" con piel	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Garbanzos "Campo Lindo" sin piel	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Garbanzos "Martini" sin piel	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Garbanzos "Líder" sin piel	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				
(Cong.) Congelado				

Tabla y Gráfico N° 13: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) de Maíz (*Zea mays*) y Polenta (*Zea mays*).

Alimento	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Maíz (<i>Zea mays</i>)	0,80	4,24	17,5	26,0	811	83,5
Polenta (<i>Zea mays</i>)	<1,6	1,39	6,43	9,65	340	28,4
Promedio	0,40	2,81	11,9	17,8	575	56,0
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.						

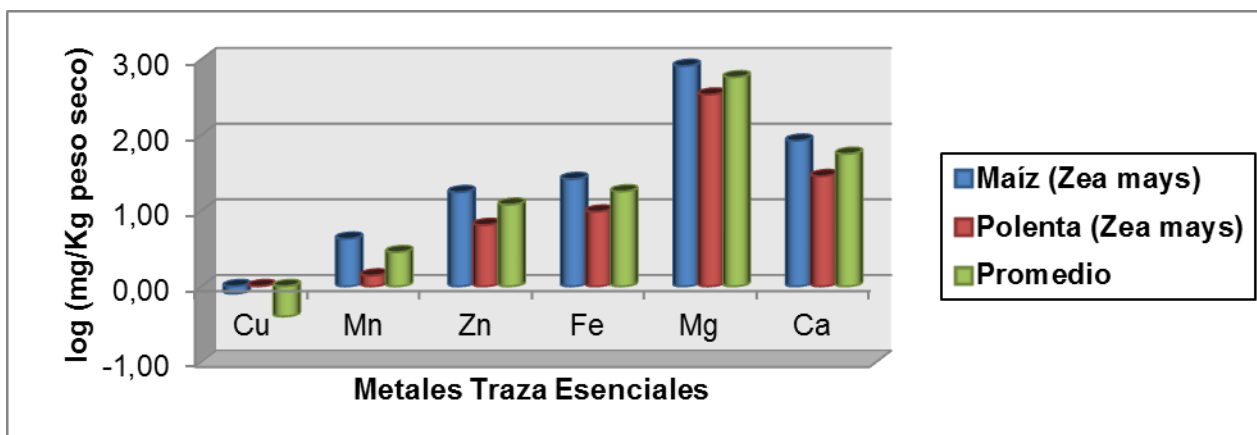


Tabla y Gráfico N° 14: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) de Garbanzos (*Cicer arietinum*) en sus diferentes tipos de grano (granos frescos y granos secos).

Grano	Metales Traza Esenciales mg/Kg peso seco					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Granos Frescos (Congelados)	7,42	19,2	29,9	96,6	862	760
Granos Secos	7,46	25,5	25,6	89,3	1,32E+03	646
Promedio	7,44	22,3	27,7	92,9	1,09E+03	703

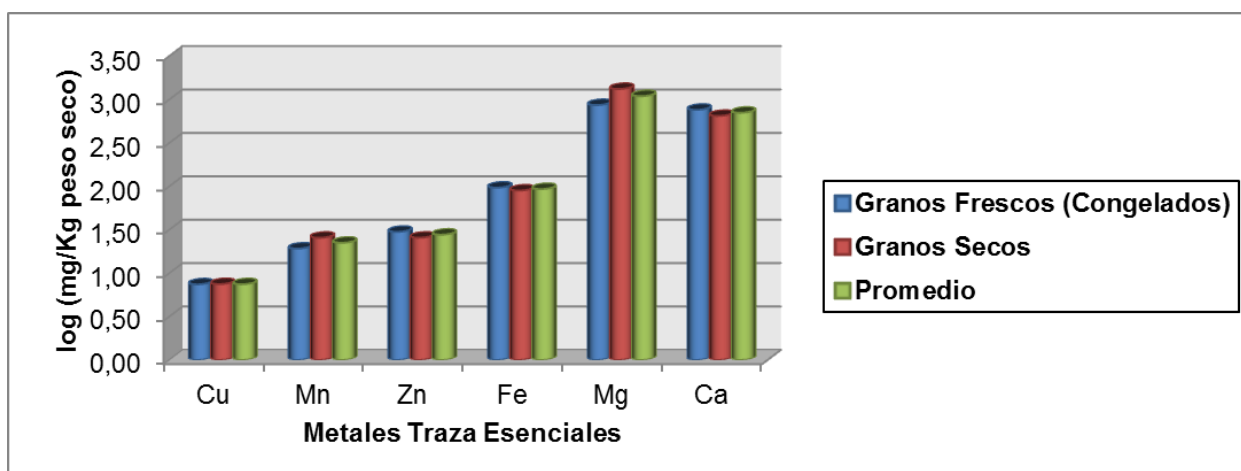


Tabla y Gráfico N° 15: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) de Garbanzos (*Cicer arietinum*) en granos con piel y sin piel.

Tipo	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Granos con piel	7,45	35,5	30,1	103	1,51E+03	1,04E+03
Granos sin piel	7,45	21,4	25,5	87,6	1,16E+03	577
Promedio	7,45	28,5	27,8	95,4	1,34E+03	808

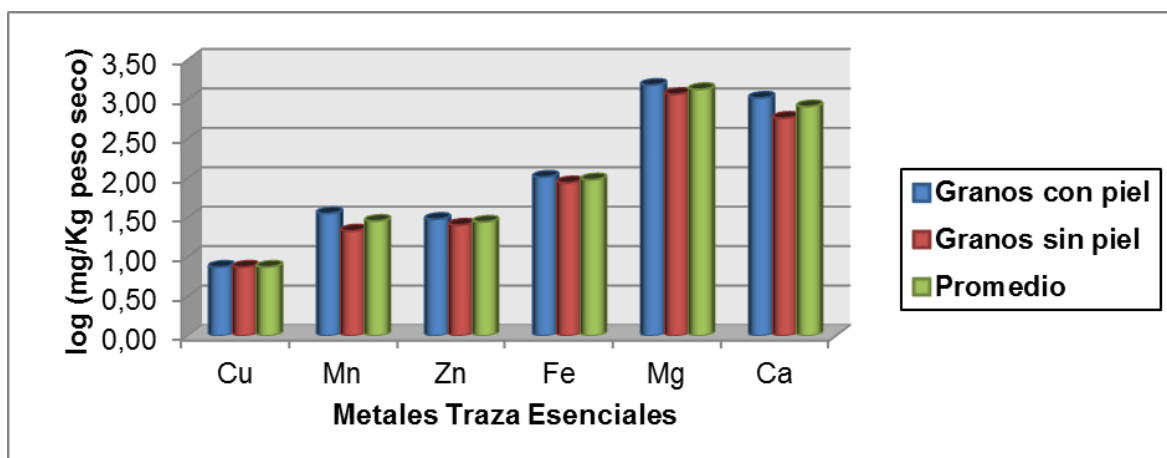


Tabla y Gráfico N° 16: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) de Champiñones en sus distintas variedades (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Variedad	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
<i>Agaricus bisporus</i> (Entero, Portobello, Royal, Selection)	34,6	7,29	77,2	76,7	1,59E+03	107
<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake, Selection)	17,5	15,0	109	64,4	1,48E+03	138
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Ostra, Selection)	17,2	8,53	89,7	107	1,50E+03	134
Promedio	23,1	10,3	91,9	82,8	1,52E+03	126

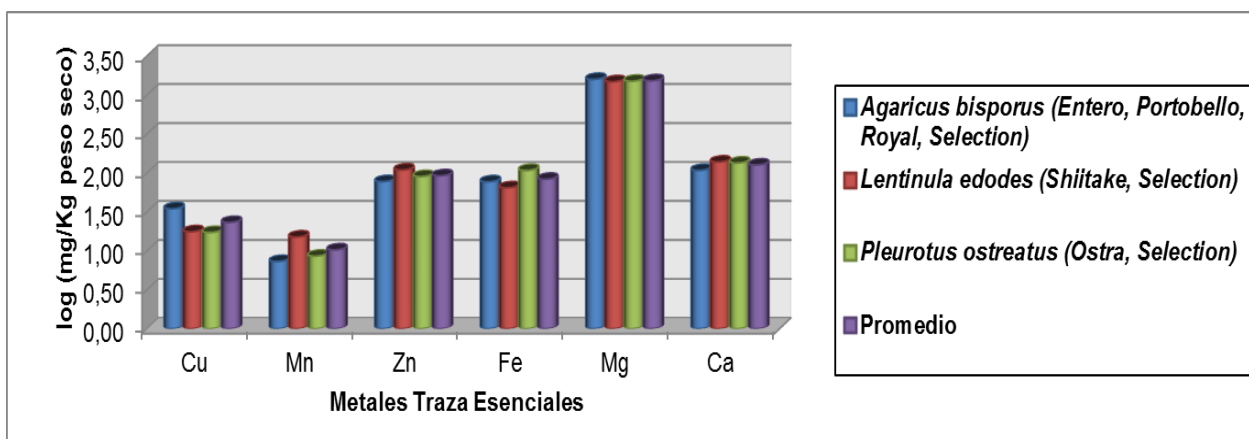


Tabla y Gráfico N° 17: Comparación de la Concentración de Cadmio (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Marca y Variedad	Cadmio (mg/Kg peso seco)
Entero "Nature's Farm" (<i>Agaricus bisporus</i>)	<0,16
Portobello "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	<0,16
Shiitake "Setas del Huerto" (<i>Lentinula edodes</i>)	1,37
Ostra "Setas del Huerto" (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	0,50
Royal "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	<0,16
Selection "Setas del Huerto" (*)	0,19
(*) <i>Agaricus bisporus</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Lentinula edodes</i> .	
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.	

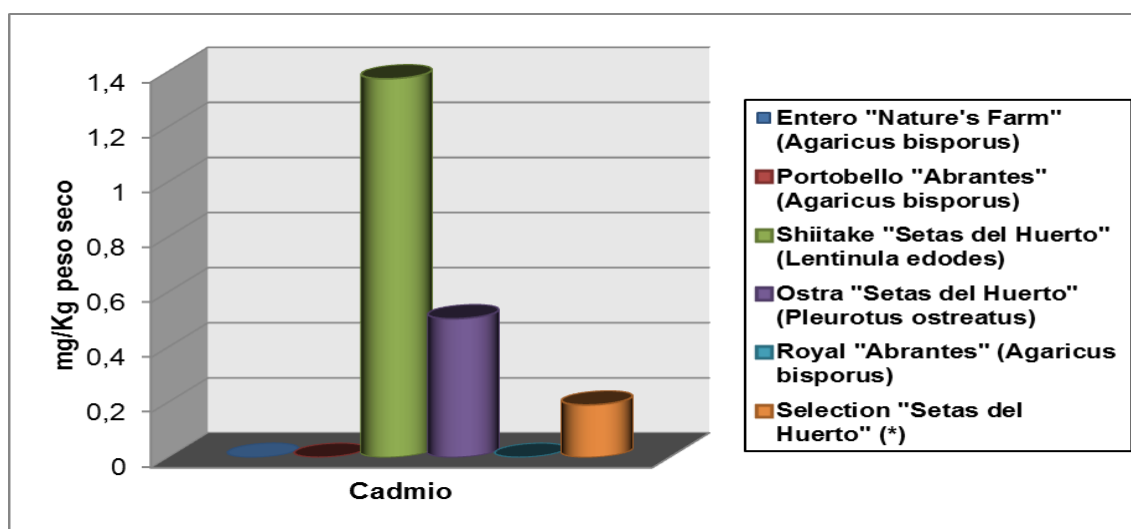


Tabla y Gráfico N° 18: Comparación de la Concentración de Plomo (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Marca y Variedad	Plomo (mg/Kg peso seco)
Entero "Nature's Farm" (<i>Agaricus bisporus</i>)	2,60
Portobello "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	2,77
Shiitake "Setas del Huerto" (<i>Lentinula edodes</i>)	<1,54
Ostra "Setas del Huerto" (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	<1,54
Royal "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	<1,54
Selection "Setas del Huerto" (*)	<1,54
(*) <i>Agaricus bisporus</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Lentinula edodes</i> .	
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.	

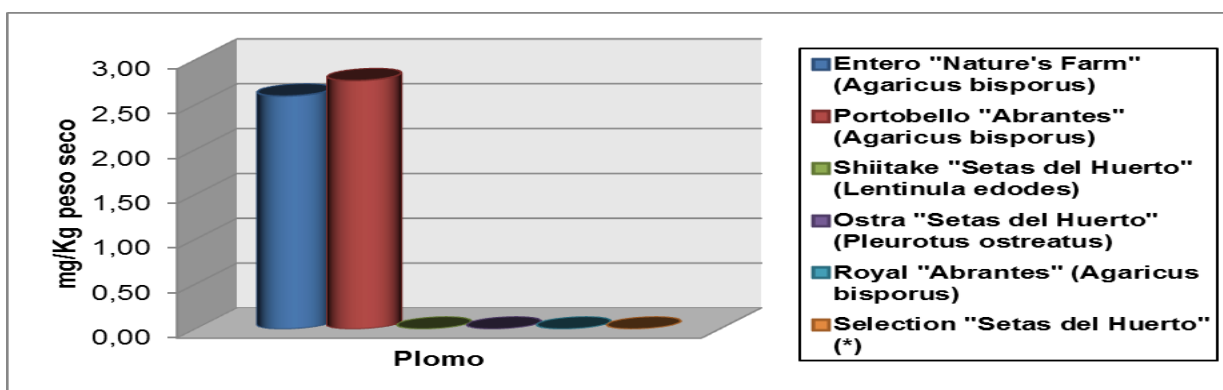


Tabla y Gráfico N° 19: Comparación de la Concentración de Arsénico (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Marca y Variedad	Arsénico (mg/Kg peso seco)
Entero "Nature's Farm" (<i>Agaricus bisporus</i>)	<0,02
Portobello "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	0,10
Shiitake "Setas del Huerto" (<i>Lentinula edodes</i>)	0,75
Ostra "Setas del Huerto" (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	0,69
Royal "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	0,14
Selection "Setas del Huerto" (*)	0,17
(*) <i>Agaricus bisporus</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Lentinula edodes</i> .	
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.	

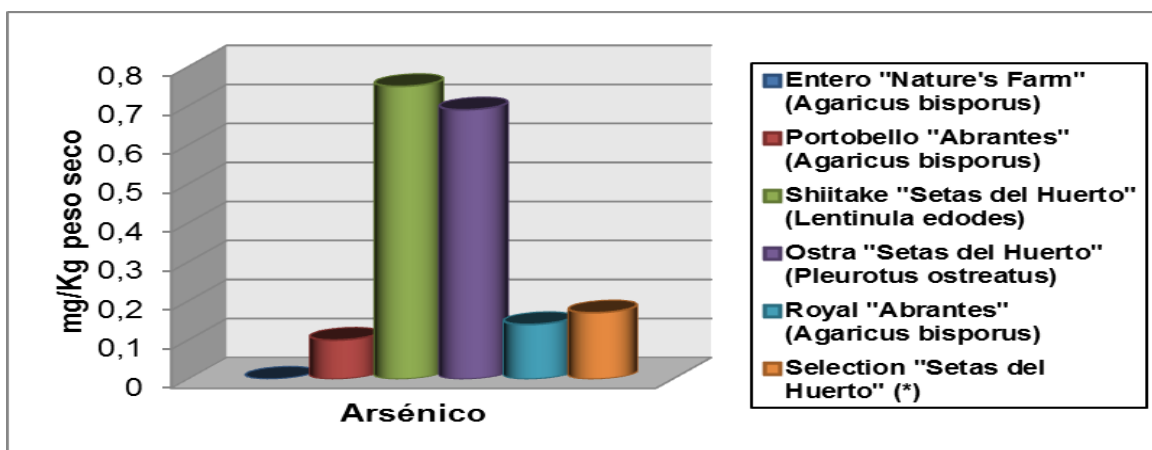


Tabla y Gráfico N° 20: Comparación de la Concentración de Mercurio (mg/kg peso seco) en las diferentes marcas de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Marca y Variedad	Mercurio (mg/Kg peso seco)
Entero "Nature's Farm" (<i>Agaricus bisporus</i>)	0,05
Portobello "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	0,06
Shiitake "Setas del Huerto" (<i>Lentinula edodes</i>)	0,17
Ostra "Setas del Huerto" (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	0,08
Royal "Abrantes" (<i>Agaricus bisporus</i>)	0,03
Selection "Setas del Huerto" (*)	0,06

(*) *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* .

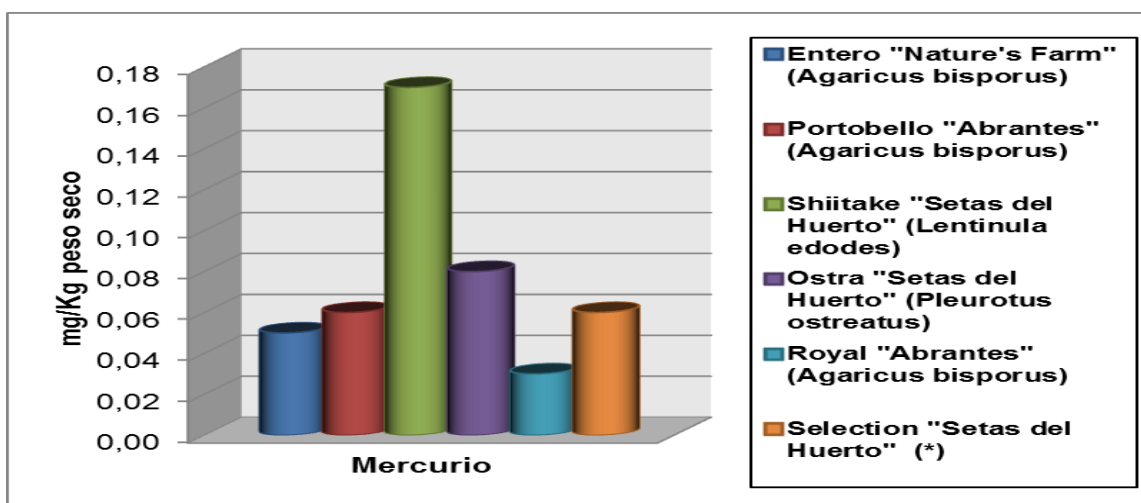


Tabla y Gráfico N° 21: Comparación de la Concentración de Cadmio (mg/kg peso seco) en las diferentes variedades de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Variedad	Cadmio (mg/Kg peso seco)
<i>Agaricus bisporus</i> (Entero, Portobello, Royal, Selection)	0,19
<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake, Selection)	0,78
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Ostra, Selection)	0,35
Promedio	0,44

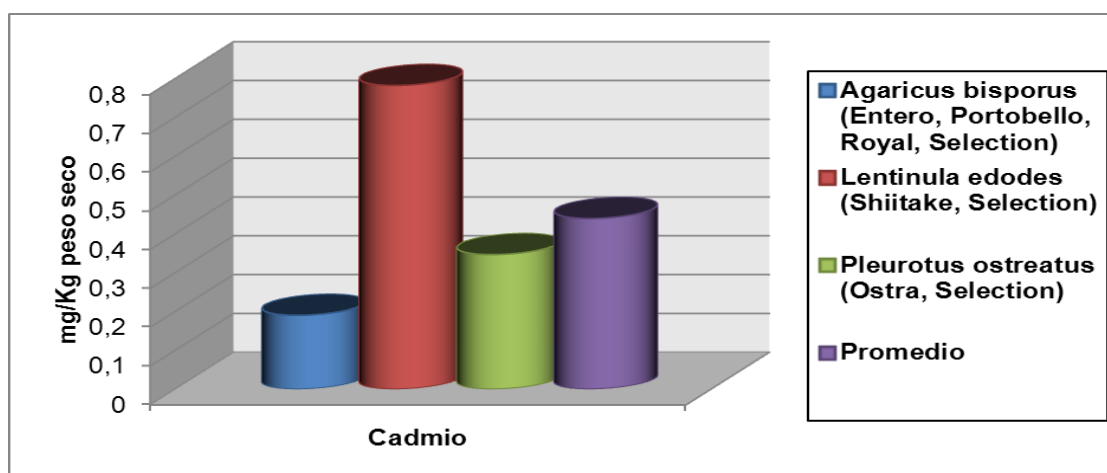


Tabla N° 22: Comparación de la Concentración de Plomo (mg/kg peso seco) en las diferentes variedades de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Variedad	Plomo (mg/Kg peso seco)
<i>Agaricus bisporus</i> (Entero, Portobello, Royal, Selection)	2,68
<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake, Selection)	<1,54
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Ostra, Selection)	<1,54
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.	

Tabla y Gráfico N° 23: Comparación de la Concentración de Arsénico (mg/kg peso seco) en las diferentes variedades de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Variedad	Arsénico (mg/Kg peso seco)
<i>Agaricus bisporus</i> (Entero, Portobello, Royal, Selection)	0,14
<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake, Selection)	0,46
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Ostra, Selection)	0,43
Promedio	0,34

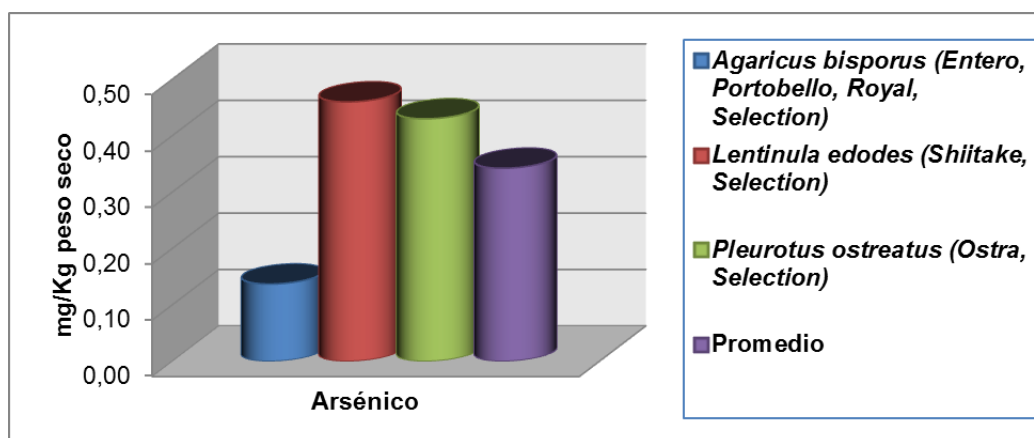


Tabla y Gráfico N° 24: Comparación de la Concentración de Mercurio (mg/kg peso seco) en las diferentes variedades de Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*).

Variedad	Mercurio (mg/Kg peso seco)
<i>Agaricus bisporus</i> (Entero, Portobello, Royal, Selection)	0,05
<i>Lentinula edodes</i> (Shiitake, Selection)	0,12
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Ostra, Selection)	0,07
Promedio	0,08

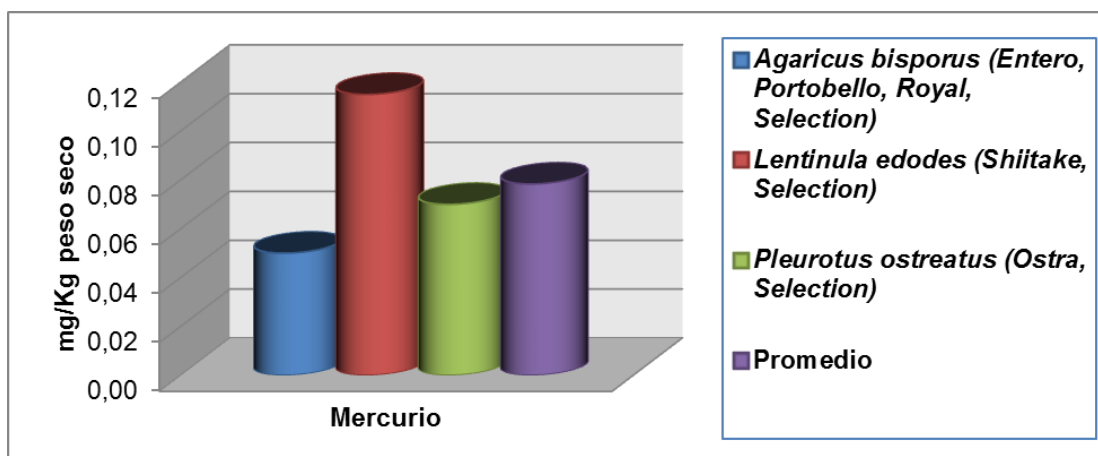


Tabla y Gráfico N° 25: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) de Champiñones en sus distintas marcas (Nature's Farm, Abrantes, Setas del Huerto).

Marca	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
"Nature's Farm"	43,9	7,71	94,2	97,3	1,63E+03	102
"Abrantes"	36,0	6,77	69,7	78,0	1,59E+03	85,9
"Setas del Huerto"	15,7	13,1	107	96,6	1,47E+03	129
Promedio	31,9	9,18	90,4	90,7	1,56E+03	106

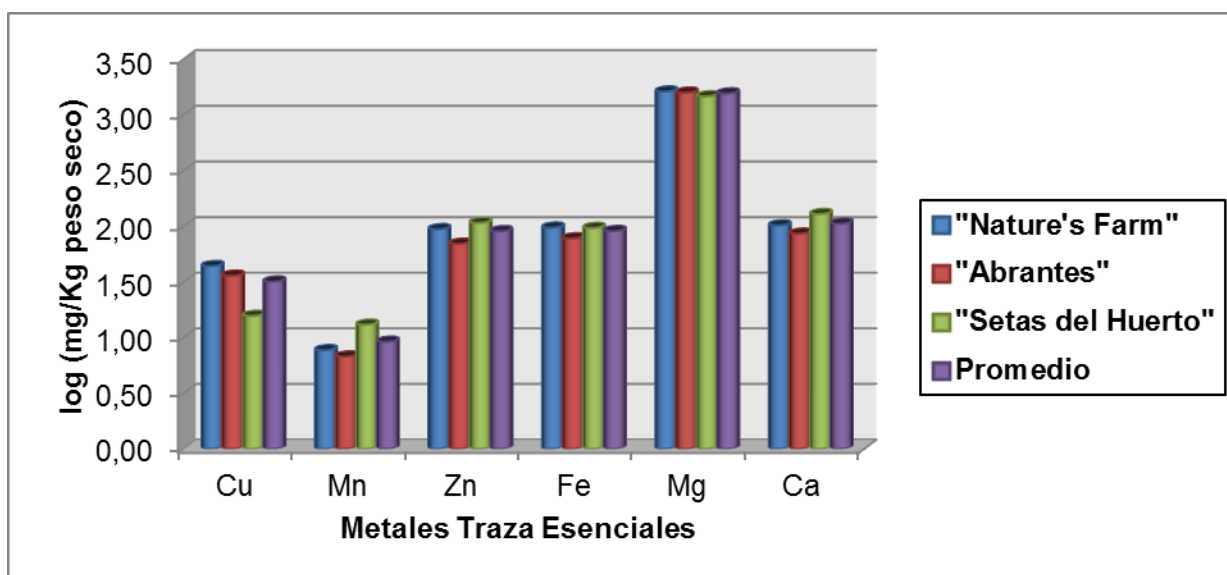


Tabla N° 26: Comparación de la Concentración de Cadmio (mg/kg peso seco) de Champiñones en sus distintas marcas (Nature's Farm, Abrantes, Setas del Huerto).

Marca	Cadmio (mg/Kg peso seco)
"Nature's Farm"	<0,16
"Abrantes"	<0,16
"Setas del Huerto"	0,69
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.	

Tabla y Gráfico N° 27: Comparación de la Concentración de Plomo (mg/kg peso seco) de Champiñones en sus distintas marcas (Nature's Farm, Abrantes, Setas del Huerto).

Marca	Plomo (mg/Kg peso seco)
"Nature's Farm"	2,60
"Abrantes"	2,77
"Setas del Huerto"	<1,54
Promedio	2,68
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.	

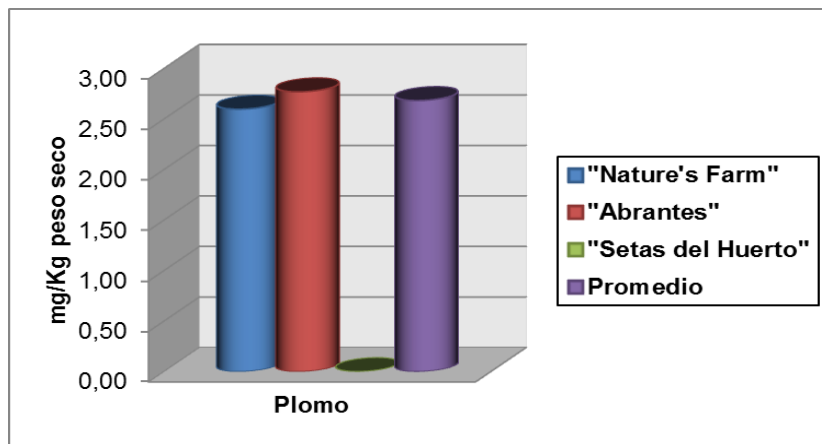


Tabla y Gráfico N° 28: Comparación de la Concentración de Arsénico (mg/kg peso seco) de Champiñones en sus distintas marcas (Nature's Farm, Abrantes, Setas del Huerto).

Marca	Arsénico (mg/Kg peso seco)
"Nature's Farm"	<0,02
"Abrantes"	0,12
"Setas del Huerto"	0,54
Promedio	0,33
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.	

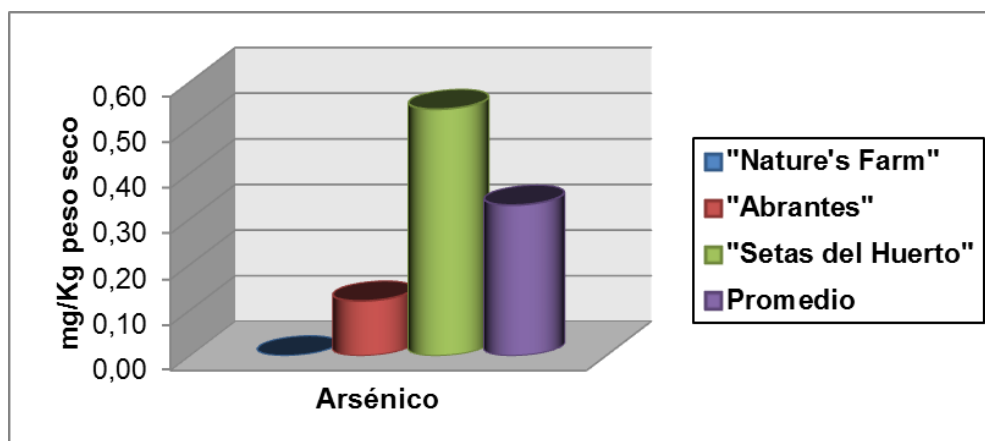


Tabla y Gráfico N° 29: Comparación de la Concentración de Mercurio (mg/kg peso seco) de Champiñones en sus distintas marcas (Nature's Farm, Abrantes, Setas del Huerto).

Marca	Mercurio (mg/Kg peso seco)
"Nature's Farm"	0,05
"Abrantes"	0,05
"Setas del Huerto"	0,10
Promedio	0,07

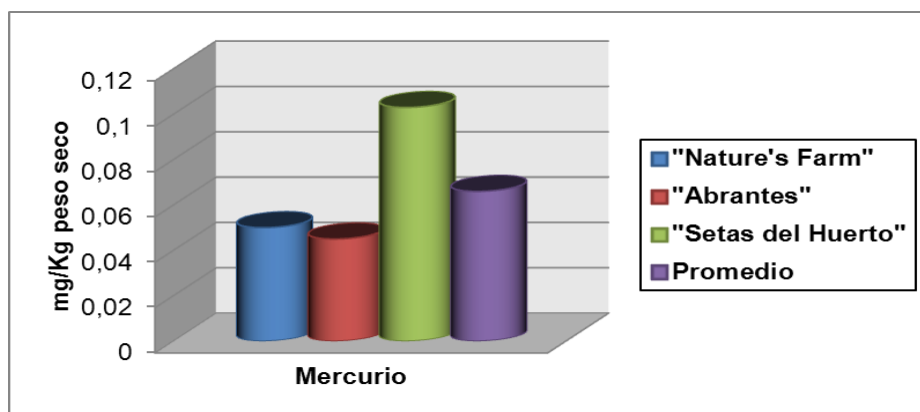


Tabla y Gráfico N° 30: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en Choclo (*Zea mays*), Polenta (*Zea mays*), Champiñones (*Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*) y Garbanzos (*Cicer arietinum*).

Alimento	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Maíz (<i>Zea mays</i>)	0,79	4,24	17,5	26,0	811	83,5
Polenta (<i>Zea mays</i>)	<1,6	1,38	6,43	9,65	340	28,4
Champiñones (*)	27,2	10,1	92,5	90,5	1,54E+03	110
Garbanzos (<i>Cicer arietinum</i>)	7,45	24,3	26,4	90,7	1,23E+03	669
(*) <i>Agaricus bisporus</i> , <i>Lentinula edodes</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> .						
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.						

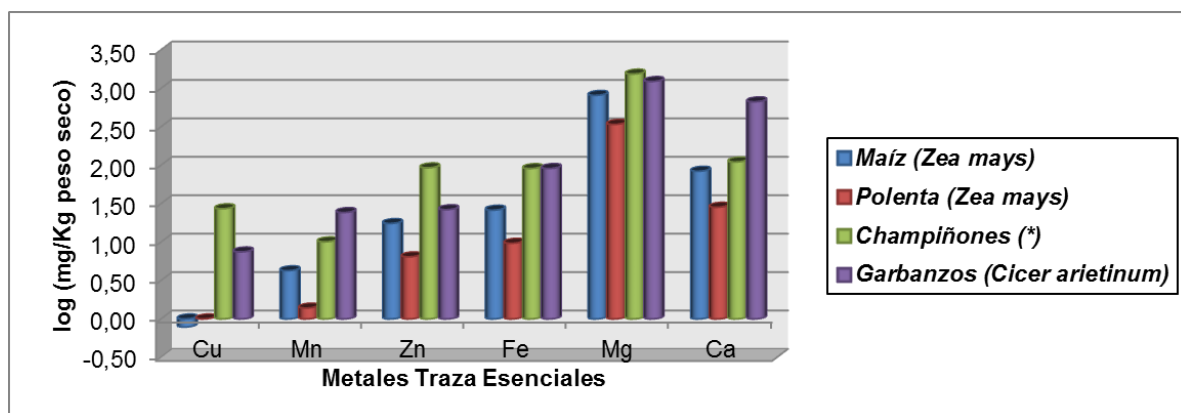


Tabla y Gráfico N° 31: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en muestras de Maíz (*Zea mays*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Este Estudio	0,79	4,24	17,5	26,0	811	83,6
Hemalatha <i>et al.</i> 2007	-	-	14,8	32,1	-	71,9
Adeyeye <i>et al.</i> 2000	-	-	14,0	-	-	492
Tuzen and Soylak 2007	3,52	7,89	8,50	51,2	-	-
Leterme <i>et al.</i> 2006	2,90	8,07	25,3	46,7	798	543
Qadier <i>et al.</i> 2005	1,33	-	-	-	-	-

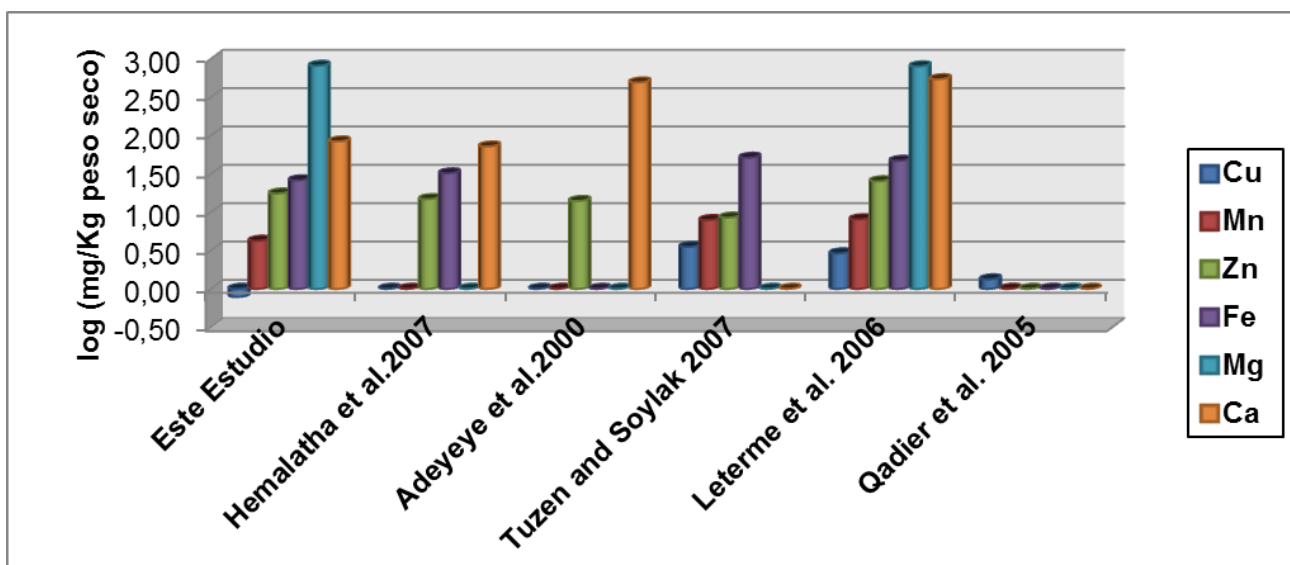


Tabla y Gráfico N° 32: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en muestras de Polenta (*Zea mays*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Este Estudio	<1,6	1,38	6,43	9,65	340	28,4
Adeyeye <i>et al.</i> 2000	-	-	14,0	-	-	451
Ferreira <i>et al.</i> 2005	1,00	-	-	-	-	-
García <i>et al.</i> 1974	0,51	2,96	11,0	-	-	-
Viñas <i>et al.</i> 1993	-	-	27,0	37,0	1,23E+03	125
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.						

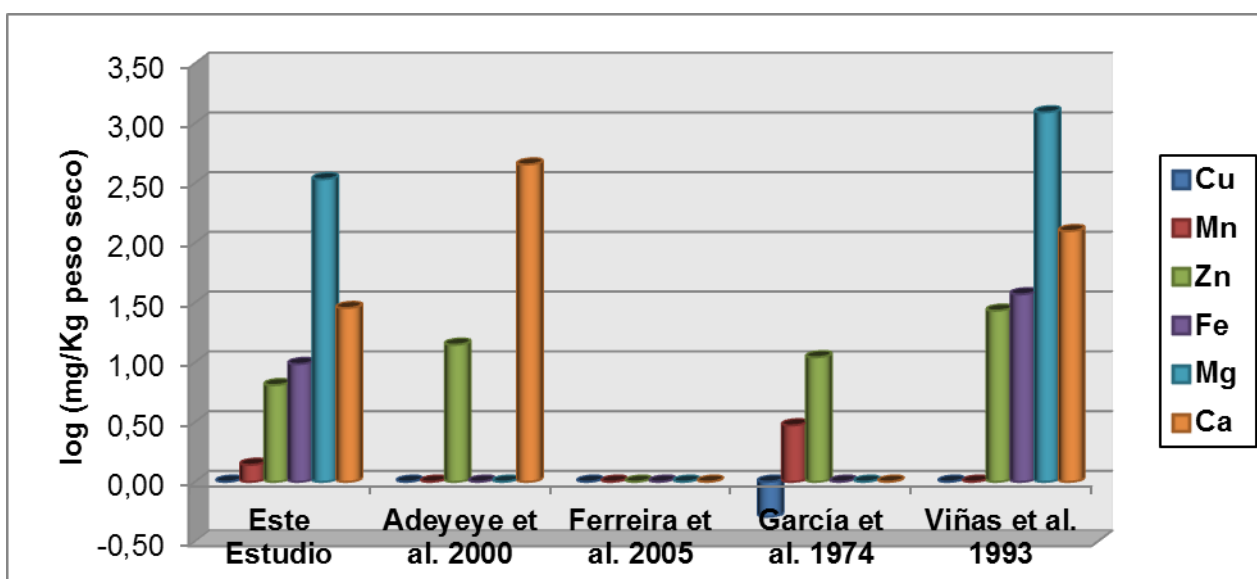


Tabla y Gráfico N° 33: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en muestras de Champiñones con otros estudios realizados.

	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)			
Estudios	Cu	Mn	Zn	Fe
Este Estudio	27,2	10,1	92,5	90,5
Demirel <i>et al.</i> 2008	27,8	9,43	5,06	310
Tüzen and Soylak 2007	4,80	18,6	21,9	79,6
Kucak and Blanusa 1998	184	11,2	132	206

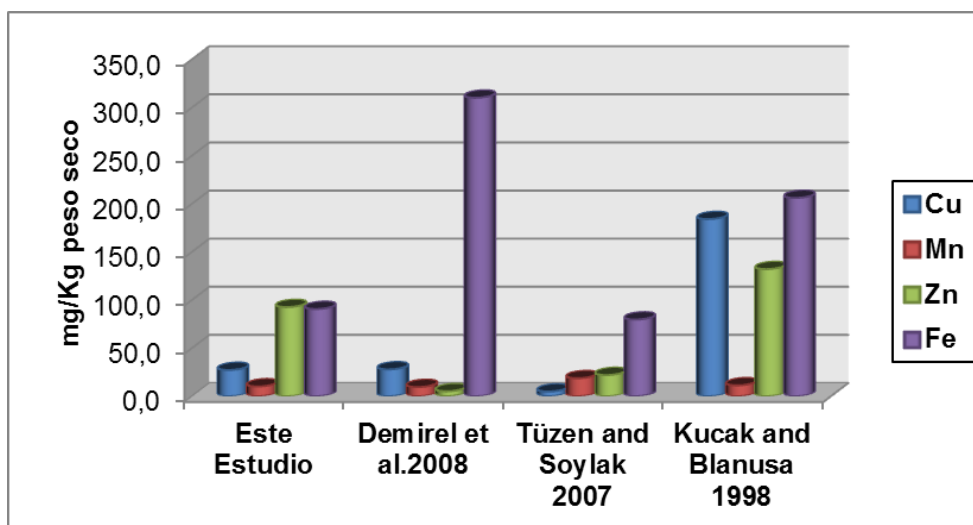


Tabla y Gráfico N° 34: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en muestras de Champiñones (*Agaricus bisporus*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Este Estudio	34,6	7,29	77,2	76,7	1,59E+03	107
Vetter 1994	51,0	7,00	87,0	76,5	1,07E+03	2,60E+03
Isildak <i>et al.</i> 2004	107	25,9	57,2	290	-	-
Mendil <i>et al.</i> 2004	11,9	20,9	51,8	332	-	-
Melgar <i>et al.</i> 2009	14,8	28,8	81,4	190	-	-
Akyüz and Kirbag 2010	21,5	4,80	38,0	177	400	200
Moura <i>et al.</i> 2007	-	-	61,0	101	-	-

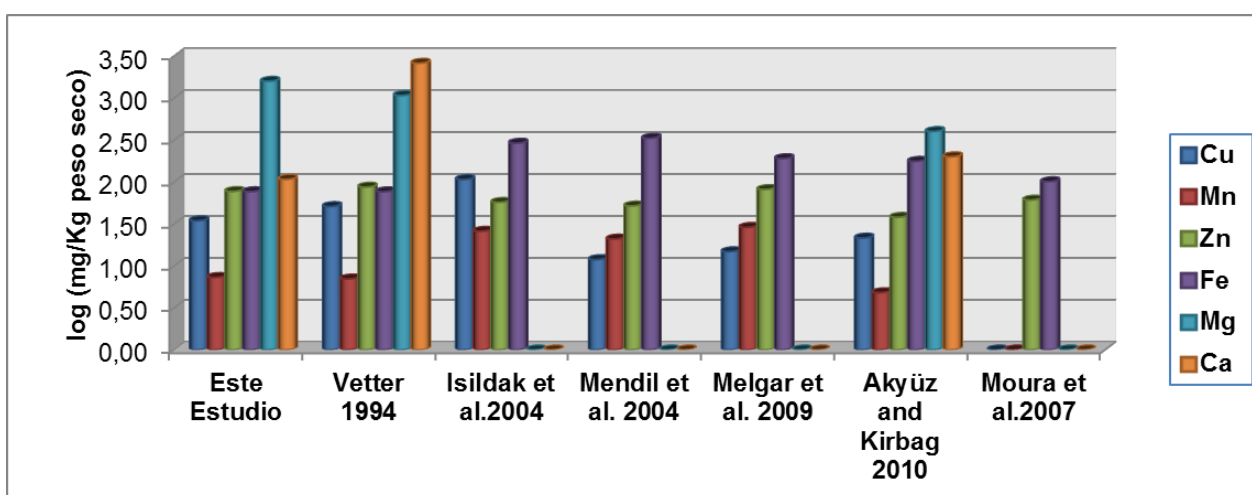


Tabla y Gráfico N° 35: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en muestras de Champiñones (*Lentinula edodes*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Este Estudio	17,5	15,0	109	64,4	1,48E+03	138
Regula and Siwulski 2007	13,7	-	126	39,5	1,62E+03	158
Caglarirmak 2007	-	-	10,2	5,69	192	64,6
Kian et al. 2007	51,7	11,8	76,6	17,2	-	-

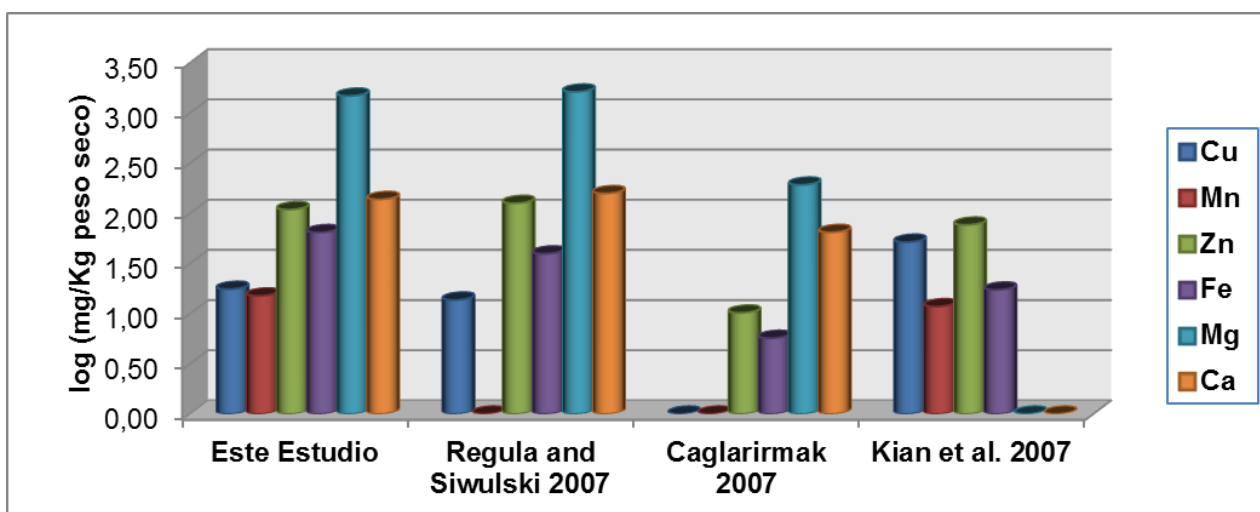


Tabla y Gráfico N° 36: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en muestras de Champiñones (*Pleurotus ostreatus*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Este Estudio	17,2	8,54	89,7	107	1,50E+03	134
Isildak <i>et al.</i> 2004	8,50	20,5	48,8	281	-	-
Vetter 1994	19,1	9,18	64,6	144	1,57E+03	973
Çağlarirmak 2007	-	-	11,2	14,8	222	81,2
İta <i>et al.</i> 2006	45,9	39,8	90,6	408	-	-
Genççelep <i>et al.</i> 2009	47,1	36,5	142	682	1,70E+03	1,26E+03
Akyüz and Kirbag 2010	6,50	5,40	38,0	647	900	200
Kian <i>et al.</i> 2007	12,5	12,7	42,6	151	861	1,69E+03

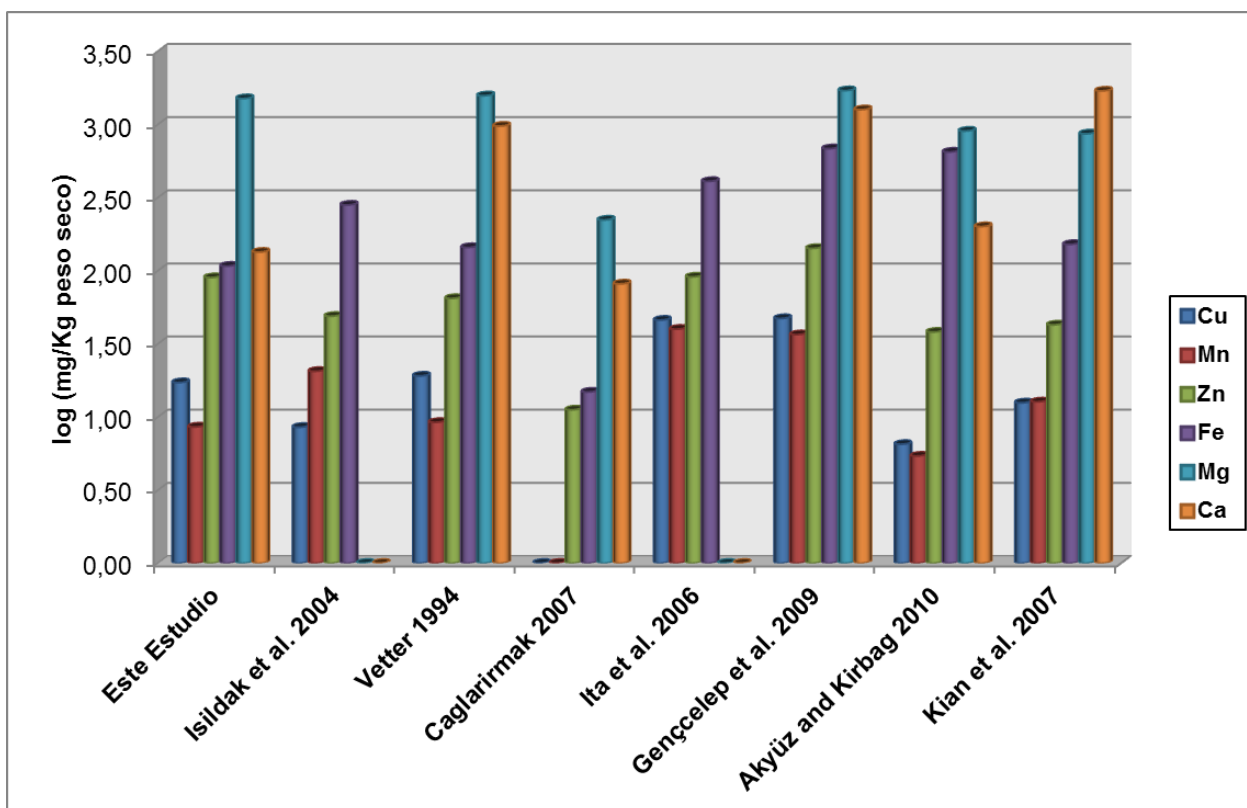


Tabla y Gráfico N° 37: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en muestras de Garbanzos (*Cicer arietinum*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Este Estudio	7,45	24,3	26,4	90,7	1,23E+03	669
Zia-UI-Haq <i>et al.</i> 2007	115	17,3	50,3	34,0	45,5	2,00E+03
Iqbal <i>et al.</i> 2006	116	19,0	68,0	30,0	46,0	1,97E+03
Hemalatha <i>et al.</i> 2007	-	-	23,6	50,0	-	-
Cabrera <i>et al.</i> 2003	3,50	-	39,2	68,8	-	-
Ibáñez <i>et al.</i> 1998	12,2	16,8	35,3	44,8	1,25E+03	1,78E+03

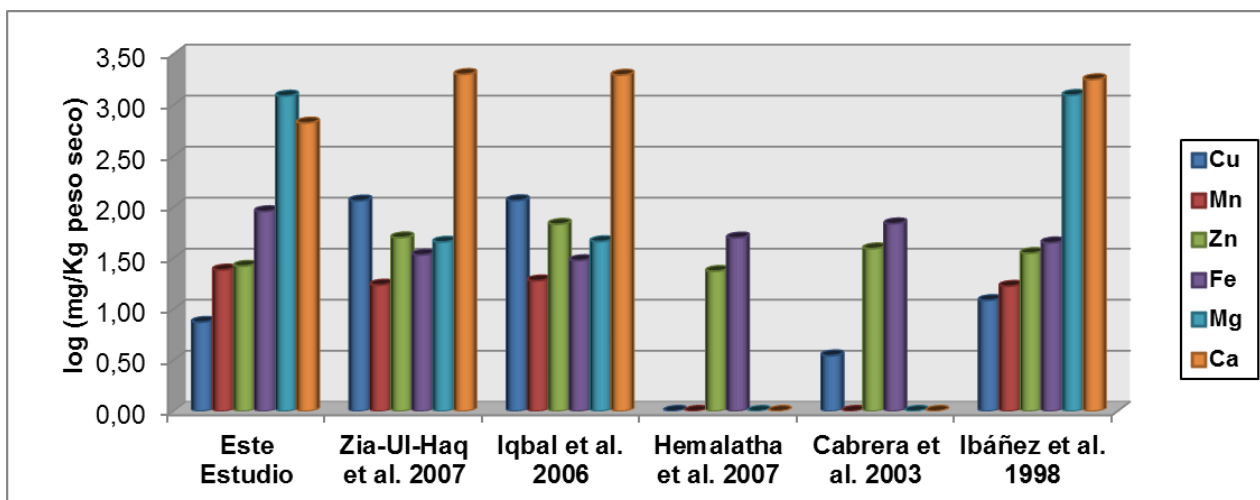


Tabla y Gráfico N° 38: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en granos de Garbanzos con piel (*Cicer arietinum*) con otros estudios realizados.

	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
Estudios	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Este Estudio	7,45	35,5	30,1	103	1,51E+03	1,04E+03
Hemalatha <i>et al.</i> 2007	-	-	20,3	49,5	-	-

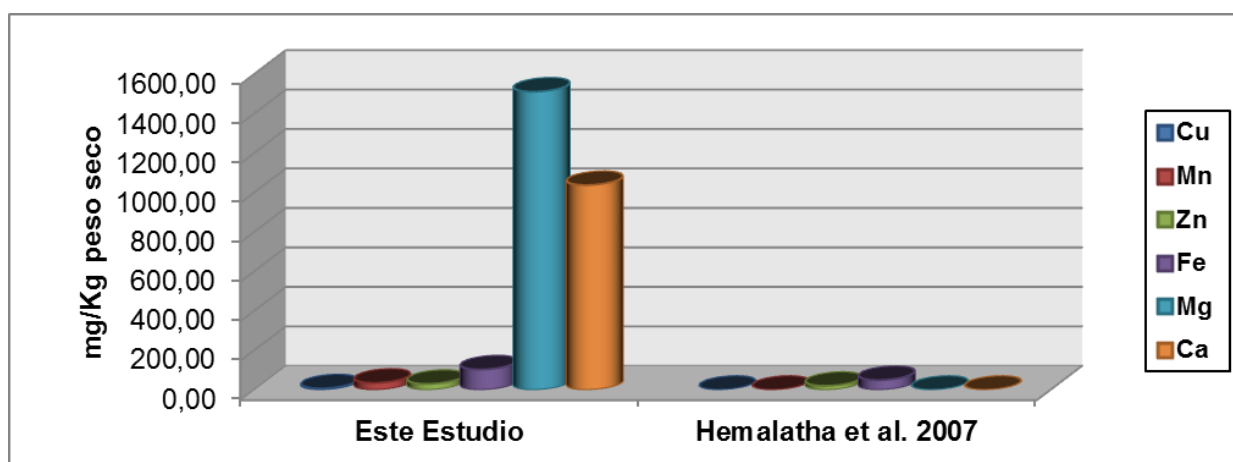


Tabla y Gráfico N° 39: Comparación de la Concentración de Metales Traza Esenciales (mg/kg peso seco) en granos de Garbanzos sin piel (*Cicer arietinum*) con otros estudios realizados.

	Metales Traza Esenciales (mg/Kg peso seco)					
Estudios	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg	Ca
Este Estudio	7,45	21,4	25,5	87,6	1,16E+03	577
Iqbal <i>et al.</i> 2006	116	19,0	68,0	30,0	46,0	1,97E+03
Hemalatha <i>et al.</i> 2007	-	-	26,8	50,5	-	-

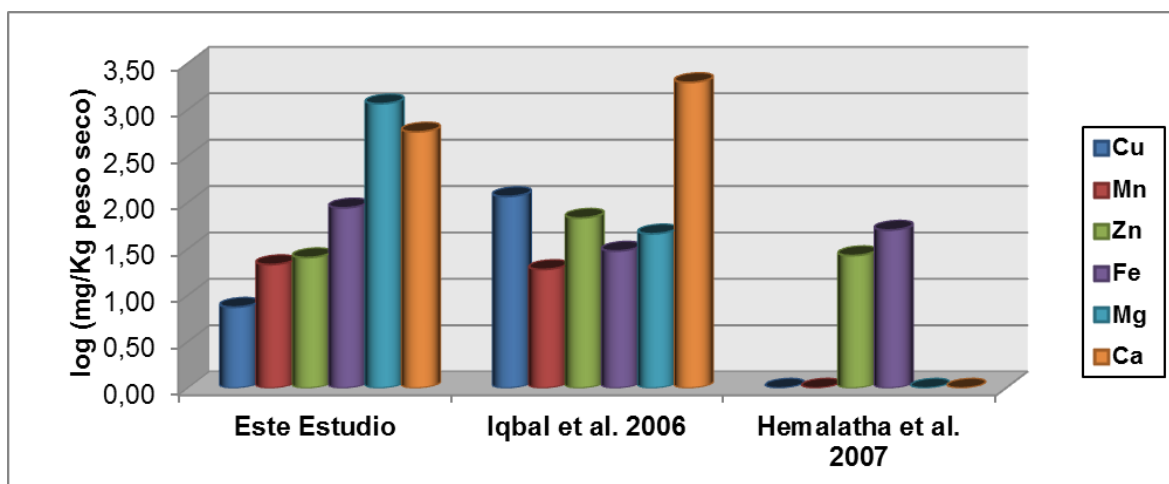


Tabla N° 40: Comparación de la Concentración de Metales Traza no Esenciales (Cd, Pb, As, Hg) (mg/kg peso seco) en muestras de Maíz (*Zea mays*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza no Esenciales (mg/Kg peso seco)			
	Cd	Pb	As	Hg
Este Estudio	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Tüzen 2003	0,03	0,06	-	-
García <i>et al.</i> 1974	0,06	0,27	-	0,002
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				

Tabla N° 41: Comparación de la Concentración de Metales Traza no Esenciales (Cd, Pb, As, Hg) (mg/kg peso seco) en muestras de Polenta (*Zea mays*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza no Esenciales (mg/Kg peso seco)			
	Cd	Pb	As	Hg
Este Estudio	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Matos-Reyes <i>et al.</i> 2010	-	-	B.L.D.	-
García <i>et al.</i> 1974	0,04	0,19	-	0,001
Martínez 1999	B.L.D.	B.L.D.	-	-
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				
(B.L.D.) Bajo el Límite de Detección.				

Tabla y Gráfico N° 42: Comparación de la Concentración de Metales Traza no Esenciales (Cd, Pb, As, Hg) (mg/kg peso seco) en muestras de Champiñones (*Agaricus bisporus*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza no Esenciales (mg/Kg peso seco)			
	Cd	Pb	As	Hg
Este Estudio	0,19	2,69	0,14	0,05
Vetter 1994	0,22	-	0	-
Cocchi <i>et al.</i> 2006	1,00	1,25	0,21	3,94
Isildak <i>et al.</i> 2004	1,70	2,10	-	-
Mendil <i>et al.</i> 2004	0,10	6,90	-	-
Vetter and Berta 2005	-	-	-	0,06

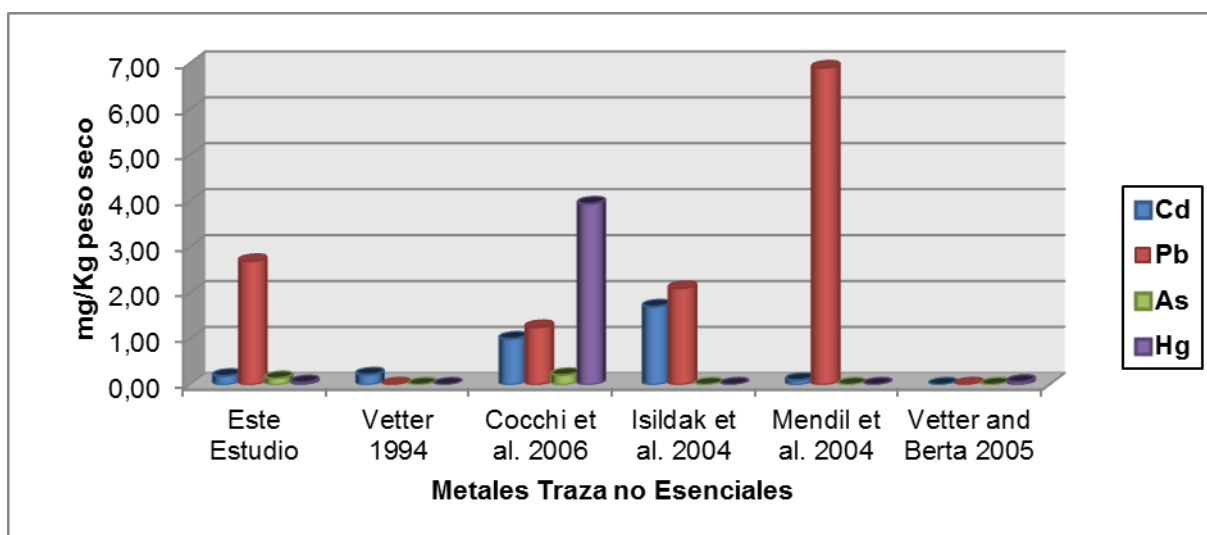


Tabla y Gráfico N° 43: Comparación de la Concentración de Metales Traza no Esenciales (Cd, Pb, As, Hg) (mg/kg peso seco) en muestras de Champiñones (*Lentinula edodes*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza no Esenciales (mg/Kg peso seco)			
	Cd	Pb	As	Hg
Este Estudio	0,78	<1,54	0,46	0,12
Regula and Siwulski 2007	2,40	0	-	0,05
Regula and Gramza-Michalowska 2010	0,23	N.D.	-	0,01
(N.D.) Not detected.				
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				

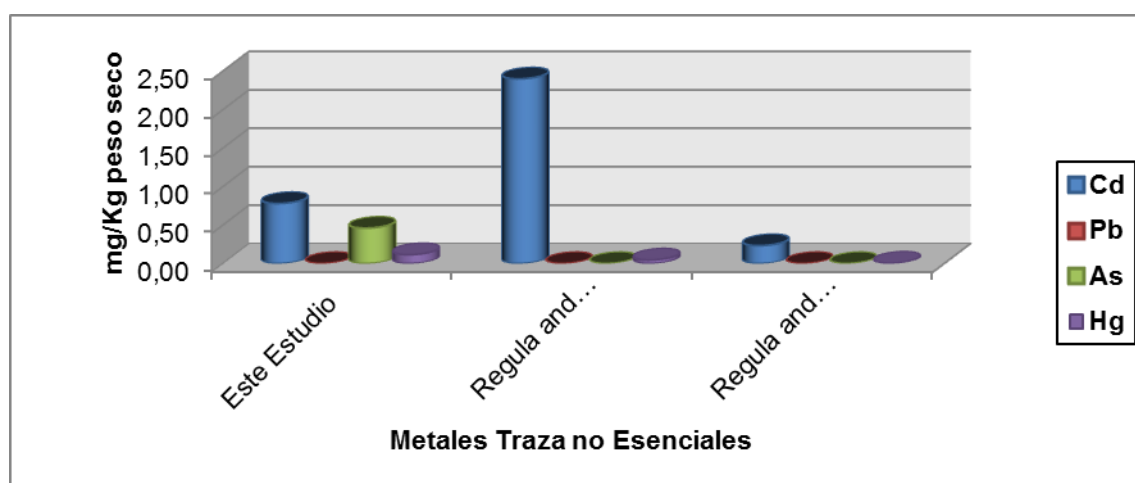


Tabla y Gráfico N° 44: Comparación de la Concentración de Metales Traza no Esenciales (Cd, Pb, As, Hg) (mg/kg peso seco) en muestras de Champiñones (*Pleurotus ostreatus*) con otros estudios realizados.

Estudios	Metales Traza no Esenciales (mg/Kg peso seco)			
	Cd	Pb	As	Hg
Este Estudio	0,35	<1,54	0,43	0,07
Ita <i>et al.</i> 2006	0,30	0,40	-	-
Zhu <i>et al.</i> 2010	0,28	0,67	-	-
Akyüz and Kirbag 2010	0,63	N.D.	-	-
Rop <i>et al.</i> 2009	-	-	-	0,08
Regula and Siwulski 2007	0,70	0	-	0,08
(N.D.) Not detected.				
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				

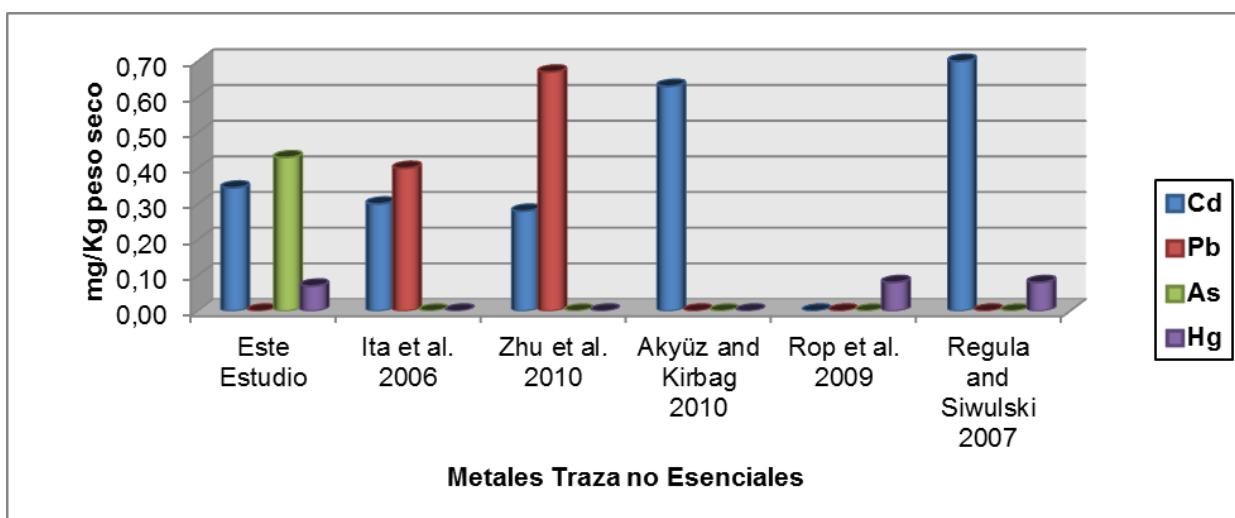


Tabla N° 45: Comparación de la Concentración de Metales Traza no Esenciales (Cd, Pb, As, Hg) (mg/kg peso seco) en muestras de Garbanzos (*Cicer arietinum*) con otros estudios realizados.

	Metales Traza no Esenciales (mg/Kg peso seco)			
Estudios	Cd	Pb	As	Hg
Este Estudio	<0,16	<1,54	<0,02	<0,01
Cabrera <i>et al.</i> 2003	0,01	0,48	-	-
(<) Valores bajo el Límite de Cuantificación del Equipo.				