



Universidad Austral de Chile

Escuela de Ingeniería en Alimentos

**Estudio de Dieta Total: Estimación de la
Ingesta de Mercurio en la Población
Valdiviana.**

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de Licenciado en
Ciencias de los Alimentos

Liliana Yarella Oyarzún Moncada

Valdivia – Chile
2008

PROFESOR PATROCINANTE:

Sr. Ociel Muñoz Fariña
Bioquímico, Dr. en Ciencias Químicas
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

.....

PROFESORES INFORMANTES:

Sr. Emilio Teixidó Molló
Químico, Diplomado en Tecnología en Alimentos
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos

.....

Sr. José Miguel Bastías Montes
Magíster en Tecnología de Alimentos, Dr.
(candidato) en Ciencias y Tecnología en Alimentos
Dpto. de Ingeniería en Alimentos, Universidad del BíoBío

.....

*A mi madre, a ella, gracias por
todo tu infinito esfuerzo y amor.*

*A ti, muchas gracias por todos estos
años que hoy día llegan a la gran meta.*

Agradecimientos

Hoy, que termina una etapa en mi vida, quiero dar mis agradecimientos a todas aquellas personas que estuvieron junto a mí.

Primeramente mis agradecimientos son para Dios, que sin duda supo darme la fuerza. A mi madre y hermana, que me apoyaron de forma constante.

A mi profesor patrocinante Sr. Ociel Muñoz, infinitas gracias, por toda su ayuda, disposición y colaboración, en fin, todo su apoyo en la realización de esta tesis.

A mis profesores informante Sr. Emilio Teixido y Sr. José Miguel Bastías, por su ayuda, disposición y colaboración.

Agradecer a mi familia, en especial a mis abuelitos por toda su ayuda y apoyo, a mi prima Marianela por haberme ayudado a iniciar este camino, a mi padre y tía Lili por su ayuda y preocupación.

Un agradecimiento especial, para Marcos que sin duda es muy importante en mi vida, gracias por estar a mi lado y toda tu ayuda brindada.

A mi gran amiga y compañera Carolina, mil gracias por estar a mi lado a lo largo de esta importante etapa. También agradecer a todos mis compañeros y amigos, con los cuales compartí muchas cosas inolvidables durante estos años.

Agradecer a todas las personas que pertenecen a la escuela de Ingeniería en Alimentos, por todos estos años que de alguna manera colaboraron en mi paso como estudiante.

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Estudio de Dieta total	3
2.1.1	Antecedentes sobre los estudios de dieta Total	4
2.1.2	Tipos de estudio de Dieta Total	4
2.2	Metales pesados	5
2.2.1	Características físicas y químicas del mercurio	7
2.2.2	Formas de presentación del mercurio	7
2.2.2.1	Mercurio metálico (Hg ⁰)	8
2.2.2.2	Compuestos orgánicos de mercurio	8
2.2.2.3	Compuestos inorgánicos o sales mercuriales	8
2.2.3	Fuentes naturales y antropogénicas	8
2.2.3.1	Fuentes naturales	9
2.2.3.2	Fuentes antropogénicas	9
2.2.4	Fuentes de contaminación ambiental y laboral	9
2.2.4.1	Contaminación del aire	9
2.2.4.2	Contaminación del agua	10
2.2.4.3	Contaminación de la agricultura	10

2.2.4.4	Contaminación por la minería	10
2.2.4.5	Contaminación de la industria	11
2.2.4.6	Contaminación de los alimentos	11
2.2.5	Toxicocinética del mercurio	12
2.2.5.1	Absorción	12
2.2.5.1.1	Vía respiratoria (absorción por inhalación)	13
2.2.5.1.2	Vía digestiva (absorción por ingestión)	13
2.2.5.1.3	Vía cutánea	13
2.2.5.2	Distribución	14
2.2.5.3	Excreción	15
2.2.6	Interacción con otras sustancias	15
2.2.7	Manifestaciones clínicas	16
2.2.8	Normas para los metales pesados	16
2.2.8.1	Reglamentación internacional	16
2.2.8.2	Reglamentación nacional	17
3	MATERIAL Y MÉTODO	19
3.1	Estudio de Dieta Total aplicada a la población de Valdivia	19
3.1.1	Obtención de los datos de consumo de alimentos	19
3.1.2	Agrupación de los alimentos	19
3.1.3	Preparación de la lista o canasta de compra de alimentos	20
3.1.4	Sistema de adquisición de los alimentos	23
3.1.5	Elaboración	25
3.1.5.1	Productos cocidos	25
3.1.5.2	Conservas	25

3.1.5.3	De consumo fresco	25
3.1.5.4	Contra muestras	25
3.1.6	Acondicionamiento y almacenamiento de las muestras	25
3.2	Análisis de las muestras	26
3.2.1	Cuantificación de mercurio en las muestras obtenidas de la encuesta recordatoria de 24 horas aplicada a la población de Valdivia XIV Región	26
3.2.1.1	Etapas de digestión muestras	26
3.2.1.2	Lavado de materiales	26
3.2.1.3	Preparación de reactivos y patrones de mercurio	26
3.2.1.4	Espectrofotometría de Absorción Atómica con generador de vapor frío.	27
3.3	Estimación de la Ingesta de mercurio	29
3.3.1	Análisis de datos experimentales	29
3.4	Validación de la metodología	29
3.4.1	Límite de detección del equipo	29
3.4.2	Análisis de precisión	30
3.4.3	Análisis de exactitud	30
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
4.1	Análisis de datos de consumo del Estudio de Dieta Total	32
4.2	Determinación de la ingesta y concentración de mercurio en Valdivia	36
4.3	Análisis estadísticos, mediante ANOVA (análisis de la varianza), de las concentraciones e ingestas de Mercurio, en el estudio de Dieta Total de la población valdiviana	38
4.3.1	Análisis estadístico de la concentración de mercurio en la Dieta Total de Valdivia	38

4.3.2	Análisis estadístico de la ingesta de mercurio en la Dieta Total de Valdivia	39
4.4	Análisis de concentración de mercurio en la Dieta Total de Valdivia	40
4.5	Análisis de ingesta diaria de mercurio en los distintos grupos de alimentos de la Dieta Total aplicada a la región de Valdivia	42
4.6	Comparación de la ingesta de mercurio en distintos países	44
4.7	Análisis comparativo de la concentración de mercurio en los grupos de alimentos constituyentes de las Dietas Totales realizadas en distintos países	45
4.8	Análisis comparativo de la ingesta diaria de mercurio en los grupos de alimentos constituyentes de las Dietas Totales realizadas en distintos países	49
5	CONCLUSIONES	52
6	RESUMEN-SUMMARY	53
7	BIBLIOGRAFÍA	55
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Límites de concentración para mercurio en alimentos, recomendados por Codex Alimentarius	16
2	Límites de concentración para metilmercurio en alimentos, recomendados por Codex Alimentarius	17
3	Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP) de mercurio según Comisión FAO/OMS	17
4	Límites máximos de contenido de mercurio para distintos productos según Reglamento Sanitario de los Alimentos	18
5	Clasificación de los Alimentos consumidos por los habitantes de Valdivia	21
6	Guía de Compra de los Alimentos Constituyentes de la Dieta Total (Canasta de la Compra), de la Población de Valdivia (los alimentos que se muestran descritos en color verde representan aquellos que su consumo es inferior a 2%)	24
7	Datos para realizar la curva de calibración de mercurio	27
8	Parámetros instrumentales y experimentales para la determinación de mercurio por CV-AAS	27
9	Resultados de la validación del método para el análisis de mercurio	31
10	Concentración de mercurio por grupo de alimentos y la Ingesta. La concentración esta en unidades de ug/g y la ingesta µg/persona/día	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Esquema de Estudio de Dieta Total, aplicado a la población de Valdivia, Región de los Ríos	20
2	Esquema de canasta de compras	23
3	Equipo Espectrómetro de Absorción Atómica. Marca Varian, modelo SPECTRA A-55	28
4	Esquema de determinación de mercurio por HG-AAS	28
5	Alimentos consumidos, por grupo, por los habitantes de Valdivia	32
6	Consumo de Alimentos a través de Estudios Dieta Total en Chile	33
7	Consumo de Alimentos a través de Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial	35
8	Grafica de Tukey. Presenta la media de las Concentraciones de mercurio en los grupos de alimentos de Dieta Total. La abscisa representa los grupos de alimentos constituyentes de la Dieta Total de Valdivia y la ordenada, logaritmo de la concentración de mercurio en ug/Kg	39
9	Grafica de Tukey. Presenta la media de las Ingestas de mercurio en los grupos de alimentos de Dieta Total. La abscisa representa los grupos de alimentos constituyentes de la Dieta Total de Valdivia y la ordenada, logaritmo de la ingesta de mercurio en ug/día	40
10	Concentración de Mercurio (ug/Kg) por grupos de Alimentos	41
11	Ingesta de Mercurio en los distintos grupos de la Dieta total de Valdivia	43
12	Ingesta de Mercurio de Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial	46

13	Concentración de Mercurio presente en los distintos grupos de alimentos que conforman los Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial	47
14	Concentración de Mercurio en pescados y mariscos en distintos Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial	49
15	Ingesta de Mercurio a través de los distintos grupos pertenecientes a Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial	50
16	Ingesta de Mercurio en pescados y mariscos en distintos Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS		Página
1	Consentimiento informado: Estudio Dieta Total	63
2	Encuesta nutricional recordatoria de 24 horas	65
3	Alimentos consumidos por la población (gramos), los cuales representan un valor bajo del 2% del consumo total promedio	71
4	Sistema de adquisición de los alimentos. Marcas de alimentos adquiridos en cada muestreo	73
5	Aporte (gramos/persona/día) de cada alimento en la Dieta Total y el % de cada uno para el posterior análisis	77
6	Curva patrón usada para el límite de detección de mercurio	79
7	Curva de calibración para la determinación de Mercurio	79
8	Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial	80
9	Análisis de Varianza (ANOVA), mediante Test de Fisher, para concentración de Hg (ug/g), por grupos de alimentos	81
10	Análisis de Varianza (ANOVA), mediante Test de Fisher, para Ingesta de Hg (ug/día), por grupos de alimentos	81
11	Test de Rango Múltiples para la Concentración de Mercurio (ug/g) por grupos de alimentos	82
12	Test de Rango Múltiples para la Ingesta de Mercurio (ug/día) por grupos de alimentos	83

1. INTRODUCCIÓN

A través de los alimentos pueden ser ingeridos compuestos químicos tóxicos, entre los cuales se encuentra el mercurio. La presencia de este metal pesado en los alimentos tiene su origen en las distintas fases de la cadena alimentaria, desde el cultivo (vegetales) o pesca hasta el procesamiento y la distribución.

El mercurio está presente naturalmente en el ambiente y existe en varias formas, una de ellas es como mercurio orgánico, siendo el más importante el metilmercurio. Algunos microorganismos como bacterias y hongos transforman al mercurio en esta forma metilada, que resulta particularmente problemática, porque puede acumularse en peces y productos pesqueros. Es así como los peces constituyen la fuente más importante de mercurio.

Dentro de los metales pesados prioritarios enumerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Registro Internacional de Sustancias Potencialmente Tóxicas (IRPTC), se encuentra el arsénico, cadmio, plomo y mercurio, a causa de sus posibles efectos carcinogénicos para los seres humanos.

Por consiguiente, es esencial disponer de información exacta sobre la exposición real de la población a los compuestos químicos tóxicos ingeridos mediante los alimentos. Una forma de obtener esta información, son los estudios de Dieta Total, que pueden utilizarse como una herramienta en la determinación de contaminantes químicos.

Sobre la base de un Estudio de Dieta Total, el presente trabajo pretende estimar los niveles de mercurio en los alimentos de mayor consumo a la que se ve sometida la población valdiviana.

Hipótesis:

- La ingesta de mercurio a través de los alimentos en los habitantes de Valdivia representa un riesgo para la salud de la población.

Objetivo general:

- Estimar la ingesta de mercurio en la dieta total de los habitantes de Valdivia, y establecer si existe riesgo toxicológico asociados a este metal.

Objetivos específicos:

- Determinar el contenido de mercurio en los alimentos que componen la dieta total de la ciudad de Valdivia.
- Determinar el cumplimiento de la normativa chilena que regula los contenidos máximos permitidos de mercurio en los alimentos.
- Estimar la ingesta diaria de mercurio en los habitantes de Valdivia, y determinar el cumplimiento de los datos de ingesta con el valor de referencia (ISTP) propuesto por FAO/OMS.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estudio de Dieta Total

Según lo planteado por DIAZ y GARCIA (2002), los contaminantes químicos afectan a muchos aspectos del metabolismo de los seres humanos. Sin embargo, actualmente se sabe, o se sospecha, que la exposición de los seres humanos a los productos químicos tóxicos presentes en los alimentos, y los desequilibrios nutricionales, son responsables de una serie de problemas de salud en el individuo, incluso de propiciar o causar el cáncer. Estos contaminantes pueden llegar al hombre a través del aire por inhalación, a través de la piel por contacto directo con la sustancia o ingeridas a través del consumo de alimentos contaminados, por ende los alimentos en algunos casos podrían constituir una fuente de contaminantes químicos, por lo cual se ha hecho imprescindible la aplicación de estudios tendientes a determinar los contenidos de metales y sustancias químicas ingeridas durante el consumo de alimentos.

Para mantener un control de los denominados contaminantes químicos, existe el Departamento de Vigilancia de la Seguridad de los Alimentos (perteneciente a la Organización Mundial de la Salud), área encargada del análisis y evaluación de los riesgos para la salud, derivados de la presencia en los alimentos de sustancias potencialmente peligrosas (por ejemplo metales pesados), para posteriormente dar pautas y protocolos de acción en este sentido (FAO/OMS, 1985).

Este monitoreo se lleva a cabo mediante la realización de **“Estudios de Dieta Total”**, método definido como: Plan diseñado específicamente para establecer completa y detalladamente, mediante análisis químico, la ingesta de contaminantes en los alimentos de una persona que consume la dieta típica y, así, poder tomar las medidas necesarias para llevar estos niveles a rangos seguros de ingesta. Por otra parte y, como consecuencia de la información que aporta una Dieta Total, ésta puede informar de la ingesta de nutrientes, con el fin de poder mantener un consumo de nutrientes dentro de los niveles recomendados.

Es por esto, que la Organización Mundial de la Salud (OMS), reconociendo la necesidad de disponer de este tipo de datos, en 1985, editó una publicación titulada **“Orientaciones para el estudio de las ingestas alimentarias de contaminantes químicos”**, la cual pretende promover la realización de estos estudios a nivel mundial, estableciendo criterios homogéneos para permitir la comparación de los resultados obtenidos en cada nación (FAO/OMS, 1985).

Para evaluar los potenciales riesgos para la salud asociados a la ingesta de contaminantes químicos que se encuentran en niveles trazas en los alimentos, es necesario determinar la ingesta promedio de los contaminantes y relacionarlos con los niveles toxicológicamente aceptables (Ingesta Semanal Tolerable Provisional -ISTP-) propuesto por la FAO/OMS. Para estimar el riesgo para la salud humana, la FAO/OMS recomienda el uso del enfoque “Dieta Total”, como una de las medidas más eficaces para asegurar que la población no quede expuesta, a través de los alimentos, a niveles

tóxicos de productos químicos (MUÑOZ *et al.*, 2000; MUÑOZ *et al.*, 2005 y URIETA *et al.*, 1991).

2.1.1 Antecedentes sobre los estudios de dieta Total. Los estudios de Dieta Total, han sido una parte fundamental del monitoreo de contaminantes químicos en muchas partes del mundo por varios años, siendo estudiadas especialmente, la ingesta de pesticidas, químicos industriales, elementos tóxicos, elementos radioactivos y minerales esenciales, sustancias que, finalmente, son comparadas con los niveles de ingesta dietaria recomendadas por los organismos de sanidad alimentaria pertinentes, como por ejemplo OMS. Estas entidades han convenido en utilizar una serie de términos toxicológicos en común para evaluar todo compuesto relacionado con los alimentos, los cuales se aplican específicamente según la sustancia a analizar, entre éstos están: IDA (Ingesta Diaria Admisible), ISTP (Ingesta Semanal Tolerable Provisional), IDT (Ingesta Diaria Tolerable), RDR (Ración Dietaria Recomendada), e IDDESA (Ingesta Dietaria Diaria Estimada Sana y Adecuada).

Los estudios de Dieta Total se vienen realizando desde hace bastante tiempo, ya que han demostrado ser una muy buena herramienta que permite trabajar con datos de una forma más objetiva, es así, como por ejemplo ha sido usada para realizar estudios de otros compuestos tóxicos como arsénico, cadmio, plomo y también mercurio en diversos países. Entre los estudios están los desarrollados desde los años 1960 (el MAFF en el Reino Unido y el FDA en Estados Unidos) y desde 1990 en España (por el Departamento de Salud del Gobierno Español) y China (por el Instituto de Nutrición e Higiene de Alimentos), países donde se ha tomado real conciencia del peligro que implican estos contaminantes para el ser humano y la naturaleza. Ejemplos de estos estudios son: en España JALÓN *et al.*, 1997; FALCO *et al.*, 2005; en Reino Unido YSART *et al.*, 1999 y en China LI *et al.*, 2006.

En el plano nacional, a pesar de haber un desconocimiento del tema, estos estudios también están tomando fuerza, ya que en el año 2005 se realizó uno aplicado a la Región Metropolitana (MUÑOZ *et al.*, 2005), si bien el valor de la ingesta obtenida en aquel estudio no sobrepasó el límite máximo de la ISTP (Ingesta Semanal Tolerable Provisional), lo cual es muy positivo para el país, demostró que los productos con una mayor concentración de mercurio son los pescados y mariscos.

2.1.2 Tipos de estudio de Dieta Total. Existen tres variantes a las que puede aplicarse el término de estudios de dieta total, las cuales son:

- Alimentos individuales
- Canasta de compra
- Duplicación de raciones

Para la primera forma de estudio “Alimentos individuales”, se necesitan dos tipos de datos: datos sobre consumo de alimentos y datos analíticos sobre los niveles de cada contaminante en los mismos. Se seleccionan los alimentos mayoritarios de la dieta, que son adquiridos, preparados para su consumo y analizados. Los alimentos se analizan uno por uno, por lo que se hace evidente que se obtiene un volumen considerable de información ya que se identifica directamente el alimento o alimentos

que más contribuyen a las ingestas de un contaminante o nutriente dado. Además permite la estimación no sólo de las ingestas de la media de la población en general sino de las ingestas por estratos de población definidos (por edad, distribución geográfica, etc.) e incluso permite hacer estimaciones precisas de los valores de las ingestas de los consumidores extremos. El principal inconveniente es el elevado costo que supone su realización, EEUU, es un ejemplo del uso de este sistema (JALON *et al.*, 1997).

El método canasta de compra, permite obtener a través de una encuesta alimentaria los datos de consumo a determinar en una dieta promedio, en la cual se determinan los alimentos más consumidos. Los alimentos se reúnen en grupos afines (carne, verduras, etc.) para su análisis. Con este método sólo se obtienen las ingestas medias de la población, pero la relación costo/información obtenida es muy ventajosa al reducirse considerablemente el número de análisis necesarios. Permite evaluar tendencias en las ingestas e identificar los grupos de alimentos que más contribuyen a la ingesta de cada contaminante.

Los estudios de duplicación de raciones consisten en el análisis de una réplica de la ración (diaria) ingerida por los participantes y tienen la ventaja de que no se necesita conocer los patrones de consumo alimentario y el número de análisis es reducido. No obstante, se necesita un gran esfuerzo de los participantes, no siempre fácil de conseguir y no se puede realizar durante periodos de tiempo prolongados. Además parece probado que los patrones alimentarios se modifican durante la prueba. Más que para estudios de consumo "medio", son especialmente útiles cuando se trata de estudiar las ingestas de contaminantes muy concretos en grupos especiales de población (cuya representación en un estudio que haya de englobar a toda la población sería muy escasa).

2.2 Metales pesados

De acuerdo a DOMENECH y PERAL (2006), los metales pesados son aquellos elementos químicos con una densidad superior a 6 g/cm^3 , a su vez son metales que causan un impacto ambiental debido a su toxicidad. Otros autores tales como NEBEL (1999), dan la definición basándose en el alto número atómico que estos metales poseen, entre ellos está el cadmio, plomo y mercurio. Estos metales contaminan el agua y el suelo, etc., son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a su bioacumulación.

Los metales pueden jugar un papel importante en el metabolismo normal, por ejemplo: calcio, potasio, sodio, magnesio, hierro, zinc, selenio, manganeso, cobre, molibdeno, cobalto, cromo, sílice, níquel, estaño y vanadio (pendiente de ser evaluado) o bien tóxicos: cadmio, plomo, mercurio, berilio, arsénico y bario (REILLY, 2002).

Los metales pesados tóxicos son capaces de causar efectos indeseables en el metabolismo, originando enfermedades que en ocasiones son graves y que pueden causar incluso la muerte. La presencia de estos metales pesados en los alimentos tiene su origen en las distintas fases de la cadena alimentaria, desde el cultivo hasta el procesamiento y la distribución. La toxicidad de un metal depende de la dosis en que sea ingerido así como de la capacidad de excreción del mismo (REPETTO, 2005).

Estos contaminantes pueden llegar al hombre a través del aire por inhalación, a través de la piel por contacto directo con la sustancia o ingeridas a través de los alimentos contaminados, es entonces que los alimentos en algunos casos podrían constituir una fuente de contaminantes químicos para el hombre, siendo en general uno de los principales vectores por los cuales éstos pueden llegar a él, por lo cual se ha hecho necesario la aplicación de estudios tendientes a determinar los contenidos de metales y especies químicas ingeridas durante el consumo de alimentos (PNUMA, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, 2002).

Otra característica que hace que los metales pesados sean tan peligrosos es su tendencia a acumularse en los organismos. Por esta causa, cantidades reducidas y en apariencia inofensivas, absorbidas durante un largo periodo de tiempo llegan a alcanzar niveles tóxicos, este fenómeno recibe el nombre de Bioacumulación (NEBEL, 1999). La bioacumulación que ocurre en el individuo se agrava conforme avanza la cadena alimentaria. Cada organismo acumula el contenido de sus alimentos, de modo que la concentración en su cuerpo es muchas veces mayor que en éstos. El siguiente organismo de la cadena trófica tiene ahora un alimento más contaminado y acumula el agente a un grado aún mayor. Este efecto multiplicador de la bioacumulación a lo largo de la cadena alimenticia se llama biomagnificación (BETHUNE *et al.*, 2006).

Entre los animales que son considerados bioacumuladores de metales, destacan las especies filtradoras y organismos planctónicos, los que están expuestos a los metales pesados disueltos en el agua, y/o asociados al material particulado (GARCÍA *et al.*, 2007). Dentro de este contexto, según WANG y YU, 2002, el zooplancton juega un rol importante en todos los ciclos biogeoquímicos de elementos metálicos en ambientes marinos.

La acumulación de metales pesados en los organismos es dependiente de factores abióticos como biológicos. Dentro de los factores biológicos tenemos la edad, estado de desarrollo, sexo, especie, tamaño, adaptación fisiológica o genética a altos niveles de substratos metálicos, especificidad del tejido. Los factores abióticos son la temperatura del agua, salinidad y estacionalidad, especie química del metal y la concentración de iones en el medio, pH y proximidad a los orígenes antropogénicos de metales. Sin embargo, los más determinantes son la edad, estado de desarrollo, salinidad, temperatura, estacionalidad, y concentración de iones en el medio (PAREDES, 1998).

Cabe destacar, que ciertos metales pesados entre ellos el mercurio, poseen afinidad por una pequeña proteína llamada *metalotioneína*, la que cumple el rol de *agente desintoxicante*, papel relativamente eficaz debido a que cada organismo posee un límite en su capacidad de generar esta proteína, nivel que en algunas ocasiones es sobrepasado por la cantidad de metal que el organismo ha absorbido, manifestándose en estas ocasiones los cuadros de toxicidad (GARCIA *et al.*, 1999).

Por otra parte, se hace indispensable el conocer el margen entre toxicidad y deficiencia, debido a que en algunas ocasiones éste es muy pequeño, como sucede en el caso del selenio, por lo que no siempre es posible delimitar claramente qué metales son esenciales y cuáles tóxicos. En el caso del mercurio, éste se incluye entre los metales tóxicos más generalizados, habiendo sido responsable, en más de una ocasión, de episodios de grandes intoxicaciones a través de la historia.

De acuerdo a lo señalado por SINELL (1981), a través de la historia, se han producido intoxicaciones masivas por mercurio ocasionadas por el consumo de alimentos. Entre ellas se pueden mencionar las ocurridas en Japón, debido a los vertidos de desecho de mercurio en la bahía de Minamata en 1953 – 1960 y el río Agano, en Nigata en el año 1965, lo que provocó que una gran cantidad de este metal se acumulara en los peces, los que posteriormente eran consumidos por la población. Otro episodio fue el ocurrido en Irak en los años 1971 – 1972, en donde la intoxicación provenía del pan que contenía niveles de mercurio, esto se debía a que el cereal fue fumigado con funguicida que contenía compuestos de mercurio. Para estos tres casos de intoxicaciones, que son eventualmente los más recordados, los niveles de mercurio encontrados en los alimentos superan las 7 ppm ya sea en pescados y pan. En ambos sucesos hubieron víctimas fatales, con porcentajes importantes de muertes.

Es de destacar que la población entera está expuesta a la contaminación por mercurio, ya sea en forma natural o antropogénica, lo cual se explica debido a que el mercurio inicia su ciclo geoquímico pasando a la corteza terrestre y de ésta al aire, al agua y suelos, para migrar posteriormente a las plantas, animales y, finalmente, al hombre.

2.2.1 Características físicas y químicas del mercurio. El mercurio es un metal pesado, blanco plateado que, junto al cadmio y zinc, se ubica en el grupo IIB de la tabla periódica. Este metal posee características fisicoquímicas muy especiales como: estado líquido a temperatura ambiente y ser el único conocido en estado líquido a 0°C, densidad elevada, calor específico poco elevado, líquido muy poco compresible, tensión superficial muy alta, capacidad calorífica muy débil y capacidad de amalgamación con otros metales (ESPAÑOL, 2001).

2.2.2 Formas de presentación del mercurio. El mercurio se genera de manera natural en el medio ambiente y se da en una gran variedad de formas. Al igual que el plomo y el cadmio, el mercurio es un elemento constitutivo de la tierra, un metal pesado. En su forma pura se le conoce como mercurio “elemental” o “metálico” (representado también como Hg (0). El mercurio puede enlazarse con otros compuestos como mercurio monovalente o divalente (representado como Hg (I) y Hg (II), respectivamente). A partir del Hg (II) se pueden formar muchos compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio (ALBERT, 2001 y ESPAÑOL, 2001).

Las formas naturales de mercurio más comunes en el medio ambiente son el mercurio metálico, sulfuro de mercurio, cloruro de mercurio y metilmercurio. Ciertos microorganismos y procesos naturales pueden hacer que el mercurio en el medio ambiente pase de una forma a otra.

El mercurio elemental en la atmósfera puede transformarse en formas inorgánicas de mercurio, lo que abre una vía significativa para la sedimentación de mercurio elemental. El compuesto orgánico de mercurio más común que generan los microorganismos y procesos naturales a partir de otras formas es el metilmercurio.

El metilmercurio es particularmente inquietante porque puede acumularse, procesos denominados bioacumulación y biomagnificación que ocurre en muchos peces de agua dulce y salada, así como en mamíferos marinos comestibles, en concentraciones miles de veces mayores que las encontradas en las aguas circundantes. El metilmercurio

puede formarse en el medio ambiente por metabolismo microbiano (procesos bióticos), por ejemplo, por efecto de ciertas bacterias, así como por procesos químicos que no implican a organismos vivos (procesos abióticos). Sin embargo, se suele considerar que su formación en la naturaleza se debe sobre todo a procesos bióticos (SPIRO y STIGLIANI, 2004).

2.2.2.1 Mercurio metálico (Hg^0). El mercurio elemental a temperatura ambiente, evapora parcialmente, formando vapores de mercurio. Los vapores de mercurio son incoloros e inodoros. Cuanto más alta sea la temperatura, más vapores emanarán del mercurio metálico líquido. Algunas personas que han inhalado vapores de mercurio indican haber percibido un sabor metálico en la boca. El mercurio se extrae como sulfuro de mercurio (mineral de cinabrio). A lo largo de la historia, los yacimientos de cinabrio han sido la fuente mineral para la extracción comercial de mercurio metálico. La forma metálica se refina a partir del mineral de sulfuro de mercurio calentando el mineral a temperaturas superiores a los $540^{\circ}C$. De esta manera se vaporiza el mercurio contenido en el mineral, y luego se captan y enfrían los vapores para formar el mercurio metálico líquido (MUÑOZ *et al.*, 2007).

2.2.2.2 Compuestos orgánicos de mercurio. Cuando el mercurio se combina con carbono se forman compuestos conocidos como compuestos “orgánicos” de mercurio u organomercuriales. Existe una gran cantidad de compuestos orgánicos de mercurio (como el dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio), pero el más conocido de todos es el metilmercurio. Al igual que los compuestos inorgánicos de mercurio, el metilmercurio y el fenilmercurio existen como “sales” (por ejemplo, cloruro de metilmercurio o acetato de fenilmercurio). Cuando son puros, casi todos los tipos de metilmercurio y fenilmercurio son sólidos blancos y cristalinos. En cambio, el dimetilmercurio es un líquido incoloro (LAUWERYS, 1994).

2.2.2.3 Compuestos inorgánicos o sales mercuriales. Algunos de los compuestos inorgánicos de mercurio son: sulfuro de mercurio (HgS), óxido de mercurio (HgO) y cloruro de mercurio ($HgCl_2$). A estos compuestos también se les conoce como sales de mercurio. La mayoría de los compuestos inorgánicos de mercurio son polvos o cristales blancos, excepto el sulfuro de mercurio, que es rojo y se vuelve negro con la exposición a la luz. Algunas sales de mercurio (como el $HgCl_2$) son lo bastante volátiles para existir como gas atmosférico. Sin embargo, la solubilidad en agua y reactividad química de estos gases inorgánicos de mercurio hacen que su deposición de la atmósfera sea mucho más rápida que la del mercurio elemental. Esto significa que la vida atmosférica de los gases de mercurio divalentes es mucho más corta que la del gas de mercurio elemental (ESPAÑOL, 2001).

2.2.3 Fuentes naturales y antropogénicas. Según USA, AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR), (1999), el ambiente recibe aportes de metales de origen tanto natural como antropogénico. Aproximadamente el 80% del mercurio que es liberado por actividades humanas es mercurio elemental liberado al aire, principalmente como consecuencia del uso de

combustibles fósiles, la minería, fundiciones y de la incineración de desechos sólidos. Cerca del 15% del total se libera al suelo y proviene de abonos, fungicidas y desechos sólidos municipales (por ejemplo, de basura que contiene baterías, interruptores eléctricos o termómetros). Un 5% adicional es liberado al agua ambiental desde aguas residuales de industrias.

2.2.3.1 Fuentes naturales. El mercurio no es un elemento esencial para la vida; sin embargo, ha estado presente siempre en la naturaleza en concentraciones a las que los seres vivos están adaptados. Sus fuentes naturales son el vulcanismo, la desgaseificación de la corteza terrestre, la erosión y la disolución de los minerales de las rocas debido a la penetración del agua a través de éstas por tiempos muy prolongados. (ALBERT, 2001).

Según CHILE, CORPORACIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA), (2007), el mercurio se concentra principalmente en el país en la IV Región (Coquimbo posee alrededor de 17 depósitos naturales). Asimismo, las III y IV regiones aparecen como zonas con alto contenido de mercurio en sus costas, mientras que la V y VIII regiones lo hacen por el contenido de mercurio en sus sedimentos marinos.

Las emisiones naturales de mercurio están fuera de todo control y deben considerarse como parte del entorno vital a escala local y mundial. Con todo esto, es necesario no perder de vista estas fuentes, pues contribuyen a los niveles ambientales de mercurio. En algunos lugares del mundo las concentraciones de mercurio en la corteza terrestre se elevan de manera natural, y contribuyen a elevar las concentraciones locales y regionales de mercurio en esas áreas.

2.2.3.2 Fuentes antropogénicas. Se distinguen la minería, el uso industrial y agrícola. Las principales fuentes de contaminación de éste metal se deben a las actividades de extracción y refinamiento, en su utilización industrial (escapes industriales, empleo de combustibles) y agrícola (aplicación de fungicidas) y otras menores (tales como laboratorios químicos, y en odontología) (ALBERT, 2001).

2.2.4 Fuentes de contaminación ambiental y laboral. El mayor efecto negativo de la contaminación ambiental por mercurio se produce a nivel acuático, debido a que el metilmercurio (toxina muy potente para el pescado) se acumula en la vida acuática. Al ir remontando la cadena alimentaria, las dosis medidas en los depredadores van por consiguiente en aumento. El mercurio que ha alcanzado las aguas superficiales o suelos, los microorganismos pueden convertirlo en metilmercurio, sustancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos. Los peces absorben gran cantidad de metilmercurio de agua superficial cada día. Como consecuencia, el metilmercurio se acumula en peces y en las cadenas alimentarias de las que forman parte (SHIM, 2004 y BOCIO *et al.*, 2005).

2.2.4.1 Contaminación del Aire. La concentración de mercurio varía mucho de unas zonas a otras según sean rurales o urbanas, estén en las proximidades de puntos de

emisión concentrada y que éstas sean naturales o antropogénicas (CAUSSY *et al.*, 2003).

La concentración media de mercurio en el aire es de 20 ng/m³, con variaciones entre 0,5 y 50 ng/m³, mientras que en áreas cercanas a minas se han encontrado 0,8 mg/m³ y 0,018 mg/m³ en zonas vecinas a carreteras (GALVAO, 1987).

Se ha demostrado que la carga total de mercurio atmosférico, se ha multiplicado por un factor entre 2 y 5 desde el comienzo de la era industrial, siendo el aumento de la actividad humana la responsable del incremento de la cantidad de mercurio que circula globalmente. Aproximadamente un tercio de las emisiones totales del mercurio global actual, circulan en un ciclo cerrado entre los océanos y la atmósfera, pero se cree que mucho menos del 50% de las emisiones oceánicas proceden del mercurio originalmente movilizado por fuentes naturales. La recirculación de mercurio a la superficie de la tierra, especialmente desde los océanos, extiende la influencia y el tiempo de actividad de las emisiones antropogénicas de mercurio (ESPAÑOL, 2001). Una importante contaminación es la presencia de partículas de metilmercurio o de mercurio metálico, sea su procedencia de procesos naturales o ambientales.

2.2.4.2 Contaminación del agua. El contenido de mercurio en el agua, se debe principalmente a desechos vertidos de industrias donde se usa este metal en sus procesos tecnológicos (POWER *et al.*, 2002). El mercurio inorgánico o el metal libre, se transforma a mercurio orgánico gracias a la acción de bacterias anaeróbicas productoras de metano, y presentes en el fango depositado en ríos y lagos. (COULTATE, 1998; YAMASHITA *et al.*, 2005 y GIL *et al.*, 2006).

2.2.4.3 Contaminación de la agricultura. En la agricultura, la utilización de plaguicidas mercuriales es primordial para el control de hongos en las plantaciones, especialmente los derivados orgánicos de mercurio que se utilizan como insecticida, fungicida y bactericida. Es por esto, que a pesar de ser una alternativa beneficiosa por una parte, el uso de plaguicidas que contiene este tipo de metal en proporciones descontroladas, puede llegar a provocar intoxicaciones masivas y acumulación de éste en suelos y posteriormente en vegetales (COULTATE, 1998).

2.2.4.4 Contaminación por la minería. Las minas tienen una gran importancia como fuente de contaminación ambiental, debido a que el metal pasa a éste ya sea en forma de vapores o a través de los desechos mineros, los cuales pueden llegar a las aguas o al suelo (CONAMA, 2007). Las actividades mineras con mercurio arrojan constantemente desechos por el uso, almacenamiento y transporte de los productos, los cuales de alguna u otra forma interactúan con el medio generando riesgo para la salud de la población. Así, se debe destacar que los peligros para las personas en los lugares de trabajo en el interior de la mina, no sólo son para los mineros que extraen tal metal, sino también para los trabajadores que participan en las actividades posteriores, como la purificación y concentración de mercurio (SMOCOVICH, 2000).

2.2.4.5 Contaminación de la industria. El uso del mercurio por parte de las industrias se debe a las propiedades propias del metal, con respecto a otros que no las tienen. Entre éstas se cuentan el aprovechamiento de sus características físicas como la expansión y contracción sufrida al aplicarle temperatura, la capacidad de sufrir compresión, la opacidad y el brillo que posee, además de sus características de interacción en determinados procesos biológicos para la fabricación de productos farmacéuticos o de plaguicidas. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, (2005), con respecto a la ruptura de un termómetro, si este se derrama puede contaminar el aire de espacios cerrados por encima de los recomendados, lo cual es el más simple ejemplo, ya que este instrumento se fabrica desde tiempos antiguos y en forma masiva.

Las principales áreas industriales en donde se utiliza el mercurio son las siguientes:

- Aparatos científicos de precisión (termómetros, manómetros, etc.).
- Fabricación de herramientas para la graduación de cristales: matraces aforados, pipetas, etc.
- Preparación y tratamientos de plata, oro, bronce y platino.
- Producción de fungicidas mercuriales.
- Plantas de hidrólisis de compuestos alcalinos de cloro (plantas de cloro y sosa), estas fábricas utilizan una célula de mercurio constituyendo una fuente importante de exposición profesional y (a veces de contaminación de los cursos de agua).
- Industria Eléctrica: fabricación de lámparas de vapor de mercurio, conectadores y desconectadores de fluido eléctrico, instrumentos de control industrial, baterías, etc.).

Otro tipo de contaminación a la que se ven expuestas las personas, es por medio de la liberación de mercurio de las amalgamas dentales. El mayor riesgo provocado en el área de odontología es para los profesionales, debido que el mercurio está presente como uno de los componentes básicos de la amalgama, con la consecuencia a la exposición de los vapores de mercurio (SRRIIRILIER, 1996 y LANGWORTH y STRORNBERG, 1996).

2.2.4.6 Contaminación de los alimentos. El mayor problema de los contaminantes metálicos existentes en los alimentos, radica en que estos no cambian el aspecto de los alimentos u otras de sus características, por lo que la contaminación no se reconoce a simple vista y pasa inadvertida.

Es así, como los alimentos son sin duda una de las principales fuentes de exposición de mercurio y cabe destacar, que como principal alimento están los pescados, por ende las personas que presentan mayor riesgo son las que basan su dieta principalmente en este tipo de alimento.

Hay que resaltar que los alimentos son los principales contribuyentes a la exposición de mercurio en poblaciones no expuestas, tanto desde un punto de vista ocupacional como ambiental. Los niveles del elemento fluctúan en concentraciones bajas, que están entre 0,005 y 0,075 mg/kg, en una gran variedad de alimentos no habitualmente expuestos al elemento (DIAZ Y GARCIA, 2002).

De acuerdo a lo planteado por la Comisión Europea, 2003 citado en BUREAU OF CHEMICAL SAFETY FOOD DIRECTORATE HEALTH PRODUCTS AND FOOD BRANCH (2007), las concentraciones en frutas y verduras son muy bajas, porque la absorción de mercurio por las plantas del suelo también es mínima, pero este puede entrar en el cuerpo humano a través de estos alimentos, cuando sprays que contienen mercurio son aplicados en la agricultura. En cambio, los niveles son más altos en ciertos tipos de peces, aunque los niveles traza se puede encontrar en casi todos los tipos de pescado, que absorben el mercurio de las aguas y de los organismos que consumen.

En otros tipos de alimentos tales como la carne, huevos y productos lácteos, se pueden detectar concentraciones de mercurio total, debido posiblemente a residuos de compuestos organomercuriales presentes en piensos, elaborados a partir de harina de pescado o cereales, reportándose concentraciones que varían entre 0,003 a 0,060 mg/kg para la carne 0,003 a 0,043 mg/kg para los huevos y de 0,003 a 0,022 mg/kg para la leche y derivados (DIAZ y GARCIA, 2002).

Los compuestos alquilméricos alcanzan los alimentos por dos vías. En ocasiones, se han dado brotes graves de intoxicación por mercurio causados por granos de cereales, destinados a la siembra y que habrían sido sometidos a tratamientos antifúngicos, con derivados del mercurio. La otra fuente y la más importante de compuestos alquilméricos es la población industrial cercana a las aguas costeras y, en consecuencia del pescado y los alimentos de origen marino (COULTATE, 1998).

La contaminación no es siempre la responsable de los elevados niveles de mercurio en los animales marinos. Algunos pescados de aguas profundas, como el atún, parecen acumular mercurio en forma de CH_3Hg^+ , hasta tasas del orden de 0,5 mg/Kg. Se suele admitir que los síntomas del envenenamiento por mercurio se presentan en los adultos cuando la ingesta de compuestos orgánicos del mercurio se eleva a 300 $\mu\text{g}/\text{día}$ y, por lo tanto, se admite un límite seguro para ellos de aproximadamente una décima parte de esta cifra (COULTATE, 1998).

Por lo tanto y según lo señalado por diversos autores entre ellos DASGUPTA *et al.*, (2004) y YAMASHITA *et al.*, (2005), la presencia de mercurio se restringe casi exclusivamente a los pescados donde la mayor parte se encuentra como metilmercurio. Los contenidos de metilmercurio en los peces dependen muchas veces del nivel de contaminación medioambiental, pero su capacidad de bioacumulación hace que los mayores contenidos se presenten en las especies depredadoras que viven más tiempo y alcanzan mayores tamaños como el pez espada o el tiburón. Aproximadamente el metilmercurio constituye un 75% del mercurio total de los pescados (JALÓN *et al.*, 1997).

2.2.5 Toxicocinética del mercurio. El mercurio se encuentra en diversas formas (metálico, compuesto inorgánico u orgánico), como anteriormente se ha mencionado, no obstante bajo cualquiera de sus formas es tóxico para el hombre y los seres vivos, sin embargo, el grado de toxicidad y proceso cinético depende de la forma química en que se presenta (OROZCO, 2003 y BERNTSEN *et al.*, 2004).

2.2.5.1 Absorción. Las vías de ingreso del mercurio al organismo humano son:

2.2.5.1.1 Vía respiratoria (absorción por inhalación). No es frecuente la absorción de los metales en estado de gas o vapor excepto para el caso del mercurio. Los gases altamente solubles en agua se disuelven en la mucosa de la membrana o en el fluido del tracto respiratorio superior, mientras que los gases y vapores menos solubles en agua, penetran profundamente en el árbol bronquial alcanzando el alveolo.

Por lo tanto, se tiene que del 75% al 85% del mercurio elemental entra por vía inhalación a través del pulmón obteniéndose aproximadamente un 80% de retención y un 100% de absorción. Un 7% del mercurio retenido se pierde de nuevo con el aire expirado. El mercurio elemental absorbido abandona rápidamente los pulmones a través del sistema circulatorio. Sin embargo, en los pulmones de los trabajadores expuestos se han encontrados niveles de mercurio elevados (BARR *et al.*, 1973).

Respecto a los compuestos orgánicos de mercurio no dissociables en el organismo, tales como el metil y etilmercurio, los datos disponibles indican que estos compuestos pueden absorberse por inhalación, penetrando los vapores de sus sales fácilmente en las membranas del pulmón con una eficiencia del 80%. Teniendo una presión de vapor elevada se va a favorecer la absorción y su solubilidad en lípidos va a permitir el paso a través de las membranas biológicas (OPS/OMS, 1978).

2.2.5.1.2 Vía digestiva (absorción por ingestión). El Hg^0 se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal, probablemente en cantidades inferiores al 0,01%.

La absorción por esta vía de los compuestos inorgánicos de mercurio (insolubles) es del 7% con valores comprendidos entre el 2% y el 15% dependiendo de la solubilidad del compuesto ingerido (ESPAÑOL, 2001).

Para el Hg^{+2} la vía gastrointestinal si es muy importante, de forma que la intoxicación accidental o intencional por Cl_2Hg (corrosivo) no ha sido rara a través de la historia. Tras una ingestión elevada se presenta una acción cáustica e irritante que genera una alteración en la permeabilidad del tracto gastrointestinal que favorece la absorción y por tanto la toxicidad (ESPAÑOL, 2001 y ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA, 2006).

En el campo de Salud Pública, esta vía de absorción es la que tiene mayor importancia, ya que el aporte de mercurio (metilmercurio) a la población no expuesta ocupacionalmente procede fundamentalmente de los alimentos y más concretamente del pescado. La absorción del metilmercurio por esta vía es del orden del 95% de la dosis administrada, independientemente de si el radical metilmercurio está unido a proteínas o es administrado como sal en solución acuosa (VALLE y LUCAS, 2000).

2.2.5.1.3 Vía cutánea. Es muy probable que el Hg^0 pueda atravesar la piel, pero no se dispone en la actualidad de cifras cuantitativas.

El metilmercurio es también muy probable que penetre por la piel, se han descrito casos de intoxicación debida a la aplicación local de pomadas conteniendo metilmercurio. Hasta que punto hay absorción, no se puede estimar con los trabajos actuales (BATALLER y BALAGUER, 2004).

2.2.5.2 Distribución. En estudios realizados en ratas, se observó que el mercurio administrado por vía oral se acumula en el tracto gastrointestinal, presentando un máximo a las 12 horas, siendo la mucosa el lugar donde inicialmente se adhiere. Luego, a partir de las 24 horas, la proporción de mercurio entre la mucosa y la pared intestinal se equilibra, pasando incluso a ser superior en la pared intestinal. Esto indica que la unión del mercurio a la mucosa intestinal no ejerce una función de barrera y que el metal pasa fácilmente a la circulación (PIOTROSKI y COLEMAN, 1980).

Después de su penetración en el organismo, el mercurio metálico persiste de manera transitoria en forma metálica, siendo transportado a los diferentes órganos en forma oxidada como ión mercurio Hg^{2+} , el que puede unirse con las proteínas sanguíneas e hísticas. Una parte del ión mercurio, a su vez, puede sufrir una reducción a mercurio metálico, debido a un ciclo de oxidorreducción del mercurio. Ambos procesos son catalizados por distintos compuestos proteicos, siendo la oxidación (Hg^0 a Hg^{2+}) catalizada por la enzima catalasa, localizada en los peroxisomas, y la reducción (Hg^{2+} a Hg^0), por un sistema enzimático presente en el citoplasma celular (BERLIN, 1977).

En el caso de la inhalación, una vez concentrado el mercurio metálico en los pulmones, éste se distribuye por la sangre y se acumula en altos niveles en el cerebro y en los riñones, aunque la piel, el pelo, el hígado, las glándulas salivales, los testículos y los intestinos, muestran también presencia de mercurio metálico, pero en menor cantidad. (ATDSR, 1999).

El mercurio orgánico, una vez absorbido, se une a otras sustancias orgánicas por medio de los grupos sulfhidrilos de la hemoglobina, tales como aminoácidos y peptinas, inhibiendo de esta forma numerosos sistemas enzimáticos (por ejemplo, síntesis del grupo hemo), sin embargo no se ha observado una reducción de la actividad de esta enzima en los glóbulos rojos (CLARKSON, 1971). Este tipo de inhibición sólo ocurre cuando la concentración del mercurio circulante es muy elevada, acumulándose un 90% en los eritrocitos de la sangre, pasando posteriormente al cerebro y a los demás órganos del cuerpo, manteniéndose aún así, en altas concentraciones en la sangre. Por otra parte, a muy baja concentración, el ión mercurio podría estimular la actividad de la enzima proteinasa C membranosa, proteína que participa en reacciones celulares especialmente en la activación de los Linfocitos T de las neuronas del cerebelo (LAUWERYS, 1994). Por otra parte, la síntesis de proteínas sería inhibida por el metilmercurio, afectando principalmente la síntesis de DNA y el ciclo de Krebs. Además, este derivado orgánico (metilmercurio), puede catalizar la hidrólisis de un fosfolípido, componente importante de las membranas celulares, inhibiendo la polimerización de los microtúbulos e interfiriendo en la formación del huso mitótico (CLARKSON, *et al.*, 1972).

El hígado y el cerebro acumulan un 50% y 10% respectivamente, del contenido corporal total de este compuesto orgánico (metilmercurio). En el cerebro se localiza en las células nerviosas de la materia gris, especialmente en las purkinje (ESPAÑOL, 2001). Desafortunadamente, estos derivados orgánicos de mercurio, debido a su liposolubilidad, atraviesan fácilmente las membranas biológicas, como la barrera hematoencefálica y la placenta, causando intoxicaciones, donde lamentablemente las consecuencias en los fetos y niños lactantes son, generalmente, malformaciones en los primeros y, retraso en el desarrollo cerebral en ambos casos.

Por su parte, los compuestos inorgánicos de mercurio, después de la absorción, pasan a la sangre y se distribuyen por igual en el plasma y los eritrocitos, uniéndose a proteínas plasmáticas y a grupos sulfhidrilos. No ocurre lo mismo para el cerebro, donde prácticamente las sales mercuriales no atraviesan la barrera cerebral.

Según la dosis y el tiempo de exposición al mercurio inorgánico, la distribución se hace en forma variable, aunque la mayor cantidad queda depositada en los riñones. El resto se acumula en órganos como hígado, tracto intestinal, piel, bazo y testículos. En las células se acumula en los lisosomas, las mitocondrias y las membranas epiteliales (ORTEGA *et al.*, 2003).

Es importante señalar que la afinidad del mercurio metálico y de las sales mercuriales inorgánicas por el riñón, al igual que en el cadmio, se debe a la presencia en él de una proteína de bajo peso molecular, la **metalotioneína**, la que tiende a unirse muy activamente con estos tipos de mercurio (GARCIA *et al.*, 1999). Esta proteína parece desempeñar un papel de protector, ya que sólo cuando se sobrepasa su capacidad de fijación de Hg, se inicia la acción tóxica directa del mercurio sobre el riñón. Como el cadmio, el mercurio induce la síntesis de esta proteína. Una gran cantidad de mercurio absorbido en forma orgánica sufre un proceso de desmetilación, el que da origen a una alta concentración de mercurio inorgánico en los riñones y en el hígado. Especialmente los aril y los alcoxilquilados liberan mercurio inorgánico fácilmente; no obstante, los organomercuriales de cadena corta (metilmercurio), son muy estables y resistentes a la biotransformación.

2.2.5.3 Excreción. Una pequeña cantidad del mercurio metálico se elimina a través de la exhalación en forma de vapores por las vías respiratorias. La mayor proporción se desecha a través de las heces y la orina y, en menor cantidad a través del sudor y la saliva (ATDSR, 1999).

Para el caso del metilmercurio, señalan GISBERT y VILLANUEVA (2005), que en las personas, el 90% de éste compuesto absorbido se excreta en forma iónica con la bilis a través de las heces fundamentalmente. La excreción urinaria es menor. También se elimina a través de la leche materna (OPS, 1980). El MeHg unido a la cisteína es excretado en la bilis. La absorción subsecuente gastrointestinal conduce a una circulación enterohepática. Sin embargo, una fracción de MeHg puede conseguir desmetilarse por la flora intestinal y eliminarse por las heces. Los lactantes carecen de estas bacterias y tienen disminuida esta capacidad de eliminación. La vida media del metilmercurio en el hombre oscila entre 32 a 70 días, con un promedio de aproximadamente de 49 días (ORTEGA *et al.*, 2003).

2.2.6 Interacción con otras sustancias. El selenio y las proteínas interactúan con el mercurio, formando complejos que al final proporcionan una protección al organismo de los efectos tóxicos de este metal sobre el riñón e intestinos. La vitamina E, también disminuye el efecto tóxico, especialmente del metilmercurio (REPETTO, 2005).

Se ha comprobado que la adición de selenio a la dieta no modifica la proporción de mercurio absorbida a nivel intestinal, aunque sí favorece su excreción del organismo a largo plazo. El ácido ascórbico, por su parte, que es capaz de incrementar la absorción de elementos como el plomo y el cadmio, no influye en el caso del mercurio. Tampoco

la presencia de algunos elementos como el zinc y el manganeso interfieren en la absorción del mercurio. Sin embargo, la presencia de cadmio es capaz de incrementar su absorción (BATES *et al.*, 2006).

2.2.7 Manifestaciones clínicas. Según OROZCO (2003), este metal es considerado como tóxico agudo y crónico; causando daños al sistema nervioso y riñón.

El mercurio posee una gran variedad de estados físicos y químicos (elemental, inorgánico, orgánico). Con propiedades tóxicas intrínsecas a cada uno de ellos. Toxicológicamente, el mercurio orgánico y fundamentalmente el metilmercurio poseen una toxicidad muchísimo más elevada que el mercurio elemental y los compuestos inorgánicos (BERNTSSEN *et al.*, 2004 y REPETTO *et al.*, 1999).

El metilmercurio la forma más tóxica puede llegar a causar daños irreversibles, especialmente cuando se trata de niños recién nacidos y mujeres embarazadas, ya que el feto es más susceptible a la exposición al mercurio, debido a que puede penetrar fácilmente la placenta; lo que se traduce en un daño al sistema nervioso central (FLAHERTY *et al.*, 2003; HSU *et al.*, 2006; RONCHETTI *et al.*, 2006; SHIM *et al.* 2004; USA. FOOD DRUG AND ADMINISTRATION, FDA, 2002 y WALDBOTT, 1973).

2.2.8 Normas para los metales pesados. Resulta conveniente establecer los límites máximos para contaminantes químicos entre ellos los metales pesados, cuyo objetivo es prevenir daños causados por la ingestas de estos compuestos.

2.2.8.1 Reglamentación internacional: la situación de los contaminantes y la presencia de muchas sustancias en los alimentos, así como su importancia para la salud humana es o ha sido objeto de investigación científica y debate, es por esto que la FAO/OMS ha fijado valores para algunos alimentos como se puede observar en el CUADRO 1 para mercurio total y en el CUADRO 2 para metilmercurio.

CUADRO 1 Límites de concentración para mercurio en alimentos, recomendados por Codex Alimentarius.

Hg total	Límites máximos de mercurio (mg/kg)
Sal de calidad alimentaria	0,1
Aguas minerales naturales	0,001

FUENTE: FAO/OMS (2008).

CUADRO 2 Límites de concentración para metilmercurio en alimentos, recomendados por Codex Alimentarius.

Metilmercurio	Concentración de mercurio (mg/kg)
Pescado	0,5
Peces depredadores	1

FUENTE: FAO/OMS (2008).

La FAO/OMS, ha establecido límites de ingesta para mercurio. Dando así un valor límite para mercurio total y su compuesto más tóxico el metilmercurio, este valor es la Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP) (JALON *et al.*, 1997).

El término ISTP representa la exposición semanal tolerable para aquellos contaminantes inevitablemente asociados al consumo de alimentos. El término provisional se refiere a que la evaluación no es definitiva, debido a la escasez de datos fiables sobre las consecuencias de la exposición en el hombre. Los valores de observan en el CUADRO 3.

CUADRO 3 Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP) de mercurio según Comisión FAO/OMS.

Elemento	ISTP ug/kg peso/semana
Hg total	5,0
Metilmercurio	1,6

FUENTE: FAO/OMS (2008).

La Ingesta Semanal Tolerable Provisional (ISTP) para mercurio es de 5 ug/Kg peso/semana, este valor transformado a días es de 49 ug/día, considerando un peso corporal de 68 kg, que es el peso medio de los participantes en la Encuesta Nutricional (JALON *et al.*, 1997).

2.2.8.2 Reglamentación nacional. Debido a la toxicidad del mercurio que conlleva un efecto nocivo para salud de lo seres humanos, se ha hecho imprescindible establecer límites en el contenido de los alimentos para este metal.

En el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile se hace referencia a los metales pesados y se establece los límites máximos de mercurio (mg/kg) permitidos en el producto final (CHILE, MINISTERIO DE SALUD, 2004). Un ejemplo de estos niveles en algunos alimentos se indica en el CUADRO 4:

CUADRO 4 Límites máximos de contenido de mercurio para distintos productos según Reglamento Sanitario de los Alimentos.

Alimentos	Límites máximos de mercurio (mg/kg)
Cereales, legumbres y leguminosa	0,05
Conservas de pescados y mariscos	1,0
Pescado fresco, enfriado y congelado talla pequeña	0,5
Pescado fresco, enfriado y congelado talla grande como tiburón y albacora	1,5
Mariscos frescos	0,5
Sal comestible	0,1
Agua mineral de mesa	0,001

FUENTE: CHILE. MINISTERIO DE SALUD (2004).

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Estudio de Dieta Total aplicada a la población de Valdivia

La metodología utilizada para la estimación de las Ingestas de contaminantes a través de la dieta en la ciudad de Valdivia fue la variante “canasta de compras”. Es de mencionar que todo el procedimiento, análisis y evaluación de este proyecto, son protocolos internacionales impartidos por OMS.

En la FIGURA 1, la cual representa el esquema de estudio de Dieta Total se detallan los pasos a seguir para realización de esta investigación, la que parte con la obtención de los datos de consumo por medio de la encuesta alimentaria y finaliza con la obtención de la ingesta de mercurio, para posteriormente comparar los resultados con la normativa internacional ISTP.

3.1.1 Obtención de los datos de consumo de alimentos. El método utilizado para la recopilación de información fue la encuesta recordatoria de 24 horas. En ANEXO 1 y 2 se presenta una carta de consentimiento informado, así como la encuesta recordatoria de 24 horas respectivamente.

La encuesta recordatoria fue aplicada a una muestra de la población de Valdivia durante los meses de abril a septiembre del 2007. La muestra poblacional (o tamaño muestral obtenido por inferencia estadística) fue de 382 individuos, sin discriminación por sexo, edad, estado nutricional, o clase social. El número de encuestados corresponde a aproximadamente a 0,27% de la población total de Valdivia que corresponde a 140,559 personas, de acuerdo al CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS (INE), 2002.

La encuesta fue aplicada a la población o diversos sectores de la ciudad de Valdivia, es así como se encuestaron por ejemplo a personas que circulaban por el centro, a funcionarios y estudiantes de la Universidad Austral, afín de obtener una muestra representativa para la investigación (FLORES, 2008).

3.1.2 Agrupación de los alimentos. Por medio de la encuesta recordatoria de 24 horas se identificaron y se determinó en qué proporción se encontraban los ingredientes o alimentos que componían la dieta promedio de la Región de Los Ríos, de ella se desprende un total de 274 alimentos agrupados de acuerdo a su similitud química en 17 grupos.

Cabe destacar que del total de los 17 grupos de alimentos conformados, hay dos grupos como lo son las papas y los huevos que fueron analizados como grupos independiente, esto con la finalidad de no enmascarar los residuos aportados por los componentes minoritarios pertenecientes a un mismo grupo. Esta información se encuentra recopilada en el CUADRO 5.

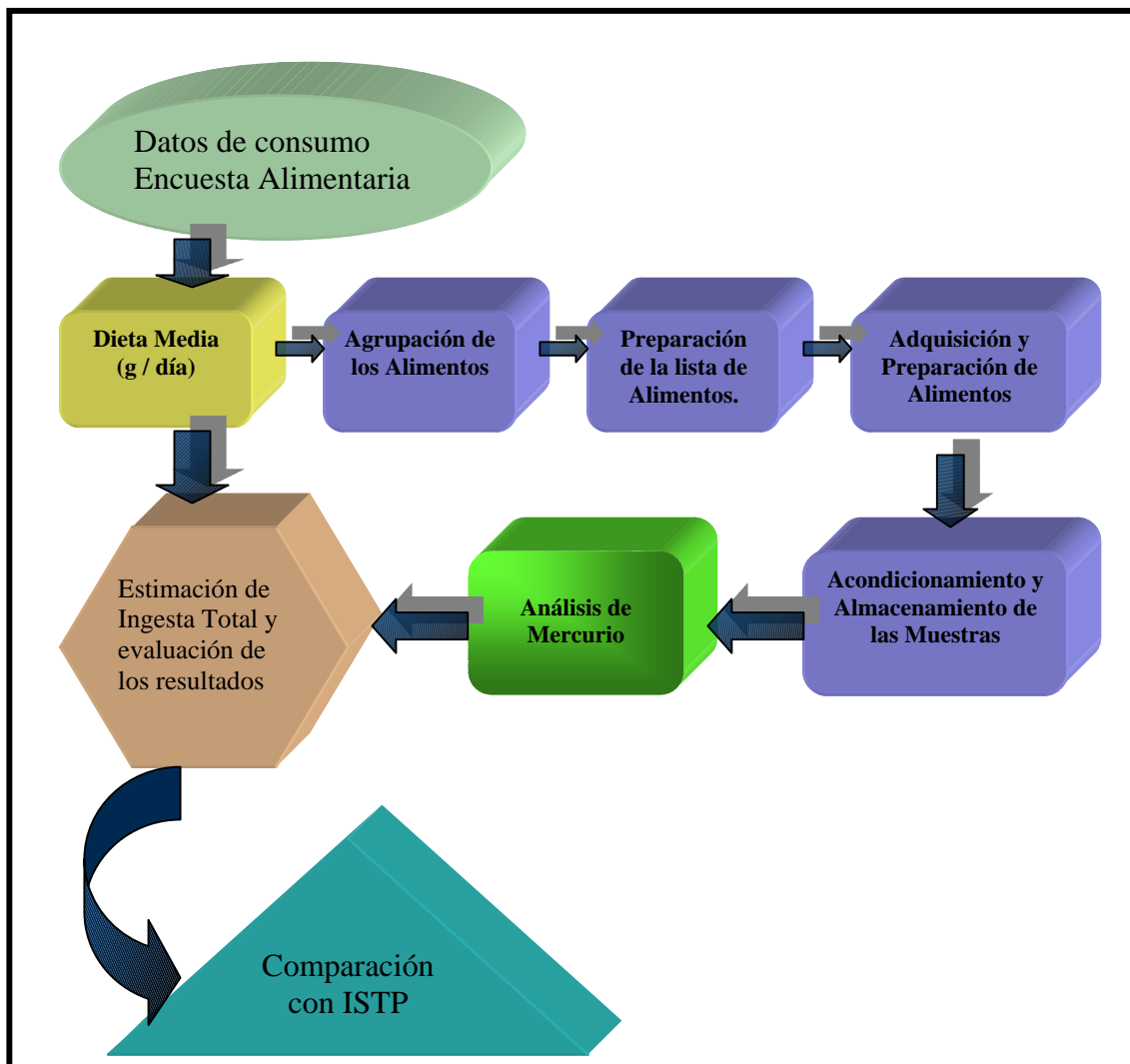


FIGURA 1 Esquema de Estudio de Dieta Total, aplicado a la población de Valdivia, Región de los Ríos.

FUENTE: JALÓN *et al.*, (1997)

3.1.3 Preparación de la lista o canasta de compra de alimentos. De todos los alimentos (o ingredientes) obtenidos que son 274 se llegó a un listado final llamado "Canasta de Compra", el cual se redujo a 132 alimentos, a partir del cual se llevó a cabo las compras para el muestreo. La reducción se basa en lo siguientes: aquellos alimentos que aporten menos del 2% en peso con respecto al peso total del grupo, son eliminados de la lista, sin embargo, su peso es adicionado a otro alimento del grupo que tenga semejanza en composición, lo mismo ocurre con aquellos alimentos que, si bien aportan más del 2% al grupo en peso, son muy similares a otro alimento del grupo.

CUADRO 5 Clasificación de los Alimentos consumidos por los habitantes de Valdivia.

CEREALES	LECHE	VEGETALES	CARNES	AZÚCARES	PESCADOS
Cereales	Entera líquida	Tomate	Vacuno	Edulcorantes	Atún
Mote trigo	Semidescremada	Lechuga	Cerdo	Azúcar	Jurel
Arroz	Descremada	Palta	Pollo	Edulcorante Artificial	Salmón
Fideos	Saborizadas	Arvejas verdes	Pavo	Miel De Abeja	Congrio
harina de trigo	Condensada	Zapallo	Cordero	Mermeladas	Pejerrey
harina tostada	Cultivada	Cebolla	DERIVADOS CÁRNICOS	Membrillo	Sierra
Cabritas	En polvo	Porotos verdes	Jamón	Ciruela	Chorito
Otros Cereal.	DERIVADOS LÁCTEOS	Zanahoria	Jamón acara.	Frambuesa	Macha
Avena Quacker	Lácteos Procesados	Betarraga	Jamón de pavo	Frutilla	Piure
Barra Cereal	Manjar	Pepino	Jamón ahumado	Mosqueta	Camarones
Multi chirrios	Yogurt sabores	Coliflor	Paté	Mora	Jaiba
Linaza	Yogurt natural	Apio Repollo	Paté ternera	Mermelada Light	Hamb. Pesca
Chocapic	Yogurt c/trozos	Pickle	Paté jamón	Jugo Polvo	GRASAS
Cereal integral	Flan	Cilantro	Salame	saborizados	Aceites
C. Proces.	Sémola con eche	Aceitunas	Salchichón Cerveza	Dulces	De Maravilla
Frack	Leche asada	Puerros	Mortadela	Alfaj. Nutrabie	De Oliva
Nick	Sémola/mermelada	Pimentón	Mortadela jamonada	Alfajores Chocolate	Balsámico
Crakelet	Arroz/leche	Palmitos	Pasta de pollo	Negrita	Vegetal
Selz	Gozzo	Acelgas	Hamb. Pollo	kit kat	Grasas
Dulces	Macedonia	Alcachofa	Hamb. Vacuno	morocha	Mayonesa
Chocochips	Quesos	Carne soya	Hamb. pavo	super 8	Mantequilla
Agua	Q. Chanco	Brócoli	Longaniza	bon o bon	Margarina
Soda	Queso Gauda	Pepinillos	Vienesas	Golazo	Mantequilla vegetal
Vitalife	Queso rallado	Ají verde	LEGUMINOSAS	pie de manzana	BEBIDAS NO ALC.
Quaker	Cremas	Espárragos	Choclos	pie de limón	Bebidas Gaseosas
Din-Don	Crema Espesa	Digueños	Porotos	caram/caluga	Coca-Cola
Mantequilla	Mantequilla	Diente de dra.	Arvejas	torta	Tai Cola
Kuky	Helados	FRUTAS	Lentejas	Jaleas	Coca Light

Obleas	Helado	Manzana	Nueces	Jalea	Fanta
Milcao	Queso Fresco	Champiñón	Maní	Jalea Light	Orange cruch
Calzones rotos	Queso crema	Cochayuyo	PAN	torta de chocolate	Sprite
Alfajor	Quesillo	Perejil	Hallulla	galleta chocolate	Limón soda
Integrales	ALIÑOS Y OTROS	Durazno	Molde	Trufa	Mineral
Sopaipillas	Aliños	Naranja	Amasado	Berlín	Canadá dry
Picarones	Sal	Limón	Integral	queque	Jugos Caja
BEBIDAS ALCOHOLICAS	Conc. (caluga)	Plátano	Marraqueta	kuchen	Durazno
Cerveza	Orégano	Uva	Pollito	Turrón	Naranja
Vino Tinto	Ají	pera	Pita	brazo reina	Manzana
Vino Blanco	Pimienta	Castaña	Centeno	Chancaca	Ciruela
Pisco	Comino	Piña	Baguette	papas fritas	Kivi/Naranja
Ron	Ajo	Ciruela	HUEVOS	twistos	Kiwi/plátano
Chicha	Aliños Procesados	Membrillo	Huevo	doritos	Pomelo
Licor manzana	Salsa de tomate	Mandarina		ramitas queso	Piña
Menta frape	Sopa conc.	Frutilla		ramitas	Papaya
Bailys	Mostaza	Nalca		cheetos	
Malta	Salsa Boloñesa	Murta		Chocolates	Frambuesa
Amareto Sour	Salsa americana	kiwi		Chocolate almendra	Soya
Güisqui	Ketchup	Piñones		chocolates	Otras Aguas
Licor de anís	Salsa carne	Pasas		Chocolate al coñac	Té
	Vinagreta	frambuesas		Chocolate capri	Café
	Chucrut			chocolates	Hierbas
	PAPAS			Milo	Mate
	Papas			Chocolate polvo	Manzanilla
					Amareto
					Agua
					Té verde
					Herbalife

En este estudio y, como una forma de minimizar el sesgo de los resultados, se eligieron los primeros 3 alimentos de cada grupo que aportan menos del 2% en peso de ellos, siendo cada uno de ellos utilizado en uno de los tres muestreos a realizar, su peso representará a todos estos alimentos minoritarios, vale decir, su peso será igual a la suma de éstos (FIGURA 2). Luego de realizado este procedimiento, se procede a confeccionar la llamada guía de compras, lista que contiene los alimentos que finalmente serán adquiridos en el mercado. Así de esta forma se obtiene la Canasta de compra la cual permite obtener 3 muestras (S_1 , S_2 y S_3) por cada grupo de alimentos.

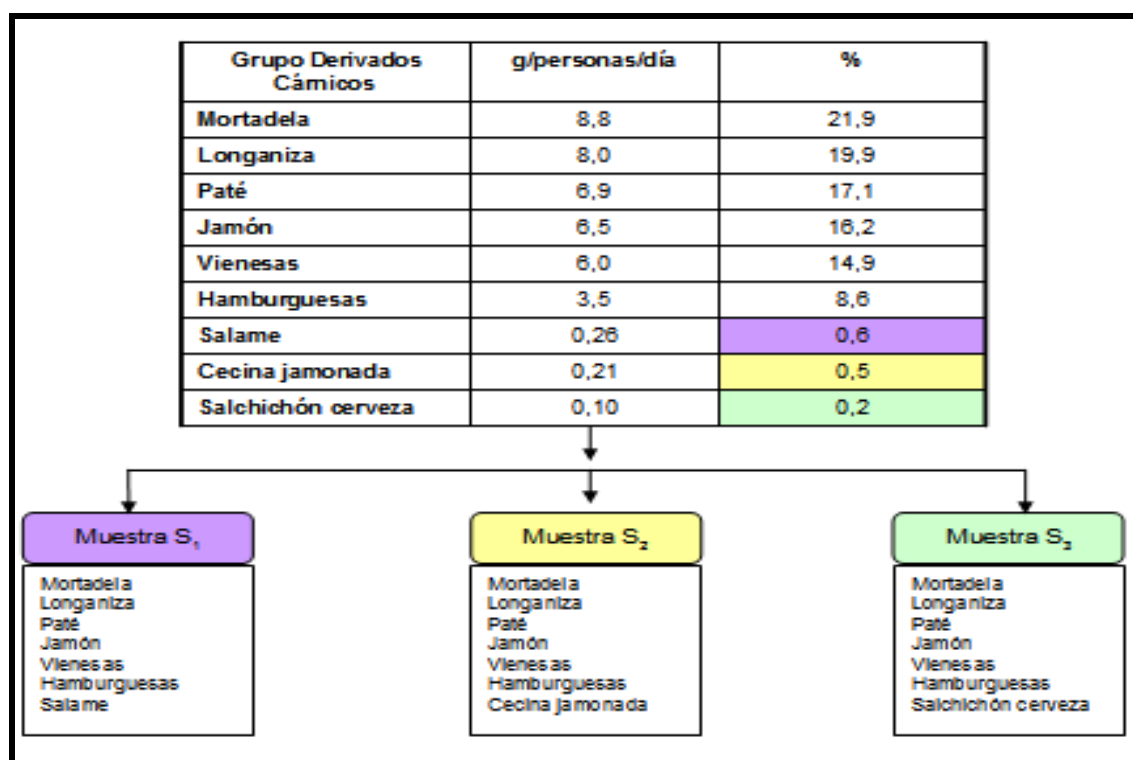


FIGURA 2 Esquema de canasta de compras.

En el ANEXO 3 se aprecian los alimentos consumidos por la población (gramos), los cuales representan un valor bajo del 2% del consumo total promedio, los cuales son excluidos de la canasta de compras exceptuando los tres primeros alimentos. Y en el siguiente CUADRO 6 se aprecia la Guía de Compra de los Alimentos Constituyentes de la Dieta Total (Canasta de Compra), de la Población de Valdivia.

3.1.4 Sistema de adquisición de los alimentos. El muestreo se realizó en establecimientos comerciales de venta directa al público en diferentes supermercados de la Región de los Ríos. Durante el muestreo, los lugares de compra fueron seleccionados al azar, para que se refleje tanto como fuesen posibles los hábitos alimenticios de la población. En el ANEXO 4 se detalla el sistema de adquisición y las marcas de los alimentos.

CUADRO 6 Guía de Compra de los Alimentos Constituyentes de la Dieta Total (Canasta de la Compra), de la Población de Valdivia (los alimentos que se muestran descritos en color azul representan aquellos que su consumo es inferior a 2%).

Nº	Alimento	Nº	Alimento	Nº	Alimento	Nº	Alimento	Nº	Alimento	Nº	Alimento	Nº	Alimento	Nº	Alimento
	Pan		Azúcar		Carnes	50	Gaseosas	67	Mantequilla		Leguminosas		Vegetales	119	Castaña
1	Hallulla	19	Pasteles	34	Vacuno	51	Jugos env.	68	Margarina	84	Lenteja	101	Tomate	120	Piña
2	Amasado	20	Azúcar	35	Pollo	52	Mineral	69	Ac. Oliva	85	Choclo	102	Lechuga	121	Ciruelas
3	Integral	21	Chocolate	36	Cerdo	53	Te	70	Manteca	86	Porotos	103	Palta	122	Membri
4	Marraqueta	22	Mermelada	37	Pavo	54	Café	71	Maravilla	87	Arvejas	104	Arvejas	123	Mandar.
5	Molde	23	Alfajor ch.	38	Guatita	55	Mate			88	Maní	105	Zapallo		
6	Pita	24	Papa frita	39	Pana				Pescados	89	Nueces	106	Cebolla		Aliños
7	Baguette	25	Turrón				B. Alcoh.	72	Merluza			107	Port.verdes	124	Sal.Tomate
					D. Cárnicos	56	Cerv. rubia	73	Atún		D. Lácteos	108	Zanahorias	125	Sopa fid.
	Cereales		Leche	40	Mortadela	57	Cerv.negra	74	Salmón	90	Yogurt	109	Betarraga	126	Sopa esp.
8	Arroz	26	Entera	41	Longaniza	58	Vino tinto	75	Róbalo	91	Q. Chanco	110	Pepino	127	Sopa ver.
9	Pastas	27	Saborizada	42	Paté	59	Vino Blan.	76	Tacas	92	Q. Gauda	111	Coliflor	128	Sal
10	G. Choco.	28	Polvo	43	Jamón	60	Malta	77	Jurel	93	Quesillo	112	Apio	129	Mostaza
11	G. Soda	29	Descrema	44	Vienesas	51	Chicha	78	Mix mariscos	94	Helado			130	Sal. boloñ
12	G. Obleas	30	Cultivada	45	Hamburg.	62	Ron	79	Pejerrey	95	Sémola/leche		Frutas	131	Orégano
13	Sopaipillas	31	Semidesc.	46	Salame	63	Pisco	80	Choritos	96	Arroz/leche	113	Manzana		
14	H. De trigo	32	Condens.	47	Mort. Jam.	64	Ponche	81	Piures	97	Flan	114	Durazno		Huevos
15	G. Salvado			48	Salchichón			82	Hamb Pes.	98	Crema	115	Naranja	132	Huevo
16	H. tostada		Papas				Grasas	83	Jaivas	99	Manjar	116	Limón		
17	Cal. rotos	33	Papas		Beb. No alc	65	Mayonesa			100	Queso crema	117	Plátano		
18	Picarones			49	Agua	66	A. Vegetal					118	Pera		

3.1.5 Elaboración. Adquiridos los alimentos, éstos fueron trasladados a las dependencias del laboratorio Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL), perteneciente a la Escuela de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Austral de Chile, donde se habilitó una cocina especialmente acondicionada para este fin. Aquí, se llevaron a cabo los procesos que se realizaron en los alimentos desde su recepción hasta que las muestras estuvieron listas para ser analizadas.

3.1.5.1 Productos cocidos. En cuanto a la elaboración de las muestras éstas deben reflejar su consumo habitual de la población, es por esto que para los alimentos que se consumen cocidos, fueron cocinados al vapor/agua, a la plancha o por horno convencional, el agua utilizada en estas preparaciones fue de grado reactivo ($18 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$).

Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que para poder identificar los contaminantes aportados por cada grupo de alimentos, es preciso no realizar mezclas de estos grupos. Por ello, aunque se procuró reflejar los métodos tradicionales de preparación de cada alimento, éstos nunca se frieron en aceite, ni cocinaron junto con otros ingredientes, y sólo se les añadió agua destilada cuando fue necesario. Es decir, el cocinado se tradujo en la práctica en una operación térmica, que puede ir acompañada de adición de agua destilada, y separación posterior de las porciones comestibles.

3.1.5.2 Conservas. A este grupo de muestras se les drenó el líquido de cobertura. En el caso de las muestras cuyo líquido de cobertura fue aceite (atún, bivalvos, y otros productos), las muestras fueron drenadas y luego puestas sobre dos trozas de papel filtro y prensadas con los mismo de manera de extraer la mayor cantidad de aceite posible con el fin de evitar que el aceite o líquido de cobertura pueda interferir en los resultados.

3.1.5.3 De consumo fresco. Mayoritariamente las muestras que se consumen sin ningún tratamiento son las de consumo directo o vale decir de consumo fresco, entre ellos se encuentran los vegetales. Para este efecto estas fueron lavadas a fin de quitar cualquier materia extrañas lavándolas con agua destilada, posteriormente enjuagadas con agua grado reactivo ($18 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$). Finalmente se seleccionan las partes comestibles que son las utilizadas para los análisis.

3.1.5.4 Contra muestras. Se hizo acopio de una cantidad apropiada de todas las muestras individuales de alimento, tanto crudo como cocinado.

3.1.6 Acondicionamiento y almacenamiento de las muestras. Una vez que los alimentos de cada grupo hayan sido preparados de acuerdo a su consumo habitual, se procedió a pesar la cantidad correspondiente de cada alimento. Para formar el composite perteneciente a cada grupo se pesó la proporción correspondiente de cada grupo y luego se homogenizó con una trituradora de alimentos (Minipimer, Moulinex). Finalmente, las diferentes muestras de cada grupo de alimentos fueron congeladas en

envases de plástico, previamente descontaminados, en cantidades suficientes para todos los análisis posteriores en laboratorio.

3.2 Análisis de las muestras

Los análisis de la investigación se llevaron a cabo en el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICYTAL) y se continuaron en los laboratorios del edificio de Producción Animal, ambos pertenecientes a la Universidad Austral de Chile sede Isla Teja Región de los Ríos. La determinación analítica de mercurio se realizó en el laboratorio de Instrumentación Escuela de Ingeniería de Alimentos Universidad del Bío-Bío.

3.2.1 Cuantificación de mercurio en las muestras obtenidas de la encuesta recordatoria de 24 horas aplicada a la población de Valdivia XIV Región. Se realizó de la siguiente manera.

3.2.1.1 Etapa de digestión muestras. Se pesaron dos gramos de muestras homogenizada y se depositaron en un vaso precipitado. A continuación se le agregaron 20 mL de HNO₃ al 65% v/v. El ácido nítrico fue seleccionado como agente oxidante por su efectividad para disolver la materia orgánica y minimizar así las posibles interferencias producidas por la presencia de residuos orgánicos. Posteriormente se procedió al calentamiento en placa calefactora, por un periodo de tiempo de alrededor de 4 a 6 horas. En caso que el contenido disminuyera mucho se le adicionó 10 mL del mismo ácido. Una vez que el contenido se vuelva a un color translucido, se enfriaron los vasos. Se dejaron reposar toda la noche con el fin de eliminar los vapores nitrosos; posteriormente se filtraron a través de papel Whatman N°1 sobre matraces de aforo de 25 mL y llevándose a volumen con HCl 5% v/v. Las muestras se analizaron en duplicado. Los blancos se prepararon siguiendo el mismo procedimiento indicado para las muestras. Toda ésta etapa se realizó bajo campana de extracción por los vapores de ácido nítrico concentrado.

3.2.1.2 Lavado de materiales. Rol fundamental es el lavado de materiales, el objetivo es eliminar cualquier partícula indeseada. El material de vidrio a utilizar y a la vez el material de plástico se lavarán con agua corriente y detergente alcalino, posteriormente es enjuagado con agua destilada. Inmediatamente el material es sumergido con agua ultrapura a fin eliminar cualquier interferente, así después el material se dejó secar al aire.

3.2.1.3 Preparación de reactivos y patrones de mercurio. En la preparación de los reactivos y los patrones se utilizó agua ultra pura (water system, Millipore Inc.) con una resistividad de 18 MΩ cm⁻¹. Todos los reactivos fueron de calidad para análisis.

El patrón de mercurio se preparó a partir de una solución estándar comercial 1000 mg/L marca Merck, de la cuál se prepararon soluciones de 1000 ug/L y 100 ug/L aforados con HCL 5% v/v. A partir de la solución patrón (100 ug/L) se prepararon diferentes

concentraciones en HCL 5%, con la finalidad de construir la respectiva curva de calibración como se observa en el CUADRO 7.

CUADRO 7 Datos para realizar la curva de calibración de mercurio.

Volúmenes de solución patrón 100 ppb (mL) aforados en 25 mL	Mercurio (ug/L)
0	0
1,25	5
2,5	10
3,75	15
5	20
6,25	25

En los ANEXOS 6 y 7 se muestran las *Curvas estándar* usada para el límite de detección de mercurio y la *Curva de calibración*.

La cuantificación del mercurio total se realizó por generación de vapor frío en flujo continuo acoplado a espectrometrías de absorción atómica (CV-AAS). La FIGURA 4 muestra un esquema del sistema CV-AAS utilizado. Los parámetros instrumentales utilizados se detallan en el CUADRO 8.

CUADRO 8 Parámetros instrumentales y experimentales para la determinación de mercurio por CV-AAS.

Disolución reductora	SnCl ₂ 2% (p/v) en HCl al 15% (v/v) Flujo 4,5 ml min ⁻¹
Blanco de reactivos	HCl al 5% (v/v) Flujo 9 ml min ⁻¹
Gas portador	Nitrógeno Flujo 0,3 L min ⁻¹
Lámpara de mercurio Cátodo hueco	Longitud de onda 253,7 nm

3.2.1.4 Espectrofotometría de Absorción Atómica con generador de vapor frío.

Para la cuantificación de mercurio se empleó un espectrómetro de absorción atómica marca Varian modelo SPECTRA A-55 con generador de vapor frío flujo continuo (FIGURA 3). Este sistema consta de una bomba peristáltica multi-canal de velocidad variable para distribuir las disoluciones de reactivos y muestra, la cual se controla manualmente alternando entre el blanco y la solución de muestra. El mercurio gaseoso generado desde el separador gas-liquido fue llevado al detector de AAS (FIGURA 4).

El monocromador de espectrómetro de absorción atómica se ajustó a 253,7 nm se utilizó una lámpara de cátodo hueco de mercurio ajustando la celda de cuarzo tal que la trayectoria de la luz del instrumento pase a través de ella.



FIGURA 3 Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Marca Varian, modelo SPECTRA A-55.

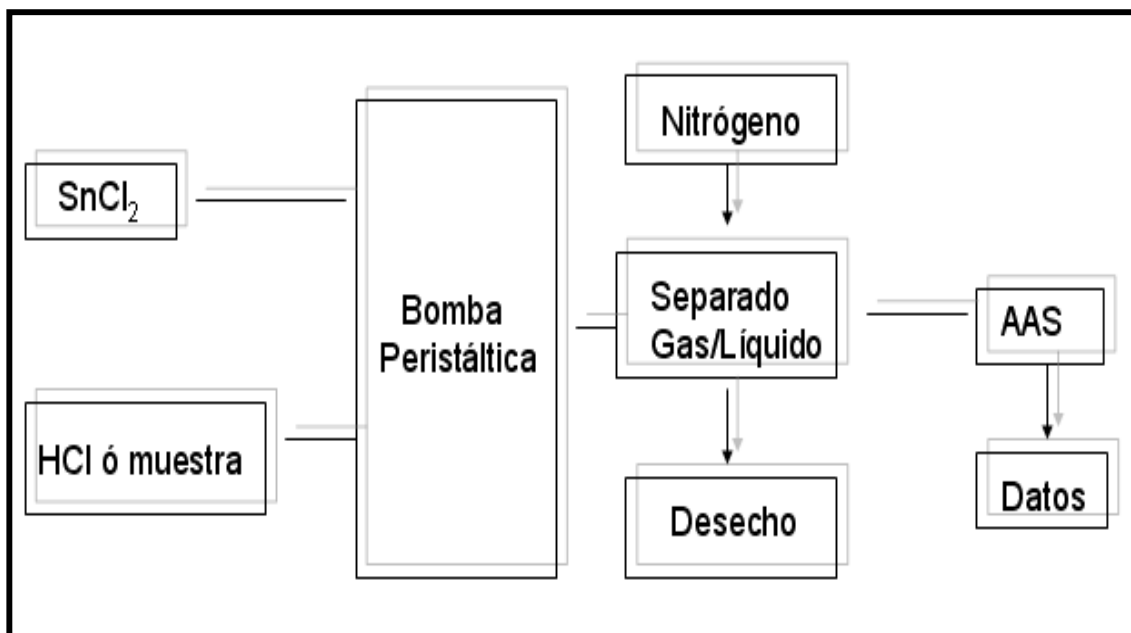


FIGURA 4 Esquema de determinación de mercurio por HG-AAS.

3.3 Estimación de la Ingesta de mercurio

La ingesta en la dieta de la población de este metal en estudio se obtiene de la multiplicación de los datos de consumo extraído de la encuesta recordatoria de 24 horas y el contenido de mercurio obtenido de forma analítica. La ingesta total se obtiene sumando todas ingestas de los grupos de alimentos, vale decir de un total de 17 grupos.

3.3.1 Análisis de datos experimentales. El análisis de los resultados se realizará mediante el uso del programa estadístico StatGraphics 5.1, utilizando ANOVA Simple, siendo corroborada con un análisis de rango múltiple, que comprende Test deTuckey, con un nivel de confianza de 95% para todos los análisis.

Luego de obtener los resultados estadísticos, se analizará la adecuación de la ingesta de mercurio encontradas en cada una de las raciones servidas con la Ingesta Semanal Tolerable provisional (ISTP) y la concentración de mercurio de acuerdo a las directrices promulgadas por la FAO/OMS (2008) y por la legislación chilena vigente.

3.4 Validación de la metodología

Para que los datos sean de calidad, la metodología a utilizar debe ser validada, para asegurar que los datos obtenidos sean exactos y precisos. En este estudio se determinó el *límite* en el cual el equipo podría leer la concentración mínima (límite de detección), determinar la exactitud mediante el *porcentaje de recuperación* que tiene la técnica, se espera que se recupere entre un 80 a un 120% de ella, y por último se determina la precisión por medio del *coeficiente de variación*, que representa el grado de concordancia entre las lecturas que realiza el equipo en las distintas muestras. En el CUADRO 9 se aprecia las características analíticas de la metodología.

3.4.1 Límite de detección. El límite de detección se realizó midiendo seis blancos los cuales se prepararon siguiendo todo el proceso analítico antes descrito para el tratamiento de muestra, para ello se agregó a un vaso precipitado de formato alto 10 ml de HNO₃ luego se dejó en una placa calefactora por un periodo de 12 horas con temperatura moderada. Posteriormente se aforó a 25 ml (HCl al 5%), inmediatamente se realiza la lectura en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Una vez que el equipo entregó los datos se procedió a obtener las medidas de las concentraciones, posteriormente se determinó la desviación estándar de los contenidos de los blancos. De esta manera se efectuará el cálculo del límite de detección instrumental.

$$LOD_{instrumental} = Desv S_t * 3$$

Donde:

LOD_{instrumental}: Límite de detección instrumental.

Desv S_t: Desviación estándar del límite de detección del equipo.

3: Factor que permite asegurar el 95% de confianza, que la señal es significativamente diferente a la línea base de la señal del equipo.

Para determinar el límite de detección de la metodología en base seca se realizó el siguiente procedimiento:

$$LOD_{metodologia} = (LOD_{instrumental} * 25) / PM$$

Donde:

LOD_{metodología}: Límite de detección de la metodología.

LOD_{instrumental}: Límite de detección instrumental.

25: Volumen del aforo.

PM: Peso de la muestra

3.4.2 Análisis de precisión. La precisión indica la reproducibilidad de las mediciones, es decir, que tan cercanos están los resultados que se han obtenido exactamente de la misma manera. En este caso se utilizará el método de coeficiente de variación el cual es una estimación en porcentaje de la variación de los resultados y se expresa de la siguiente manera:

$$\%CV = \frac{DesvSt}{X} * 100$$

Donde:

%CV: Coeficiente de variación.

DesSt: Desviación estándar de las muestras.

X: Valor medio de las muestras con adición.

3.4.3 Análisis de exactitud. La exactitud indica que tan cercana está una medición de su valor verdadero. Para ello la exactitud se establecerá mediante la determinación del porcentaje de recuperación, es decir cuanto de una cantidad conocida del analito se puede recuperar después de realizar todo el procedimiento analítico. Los resultados se expresan de la siguiente manera.

$$\%R = \left[\frac{Ma - Ms}{a} \right] * 100$$

%R: Porcentaje de recuperación.

Ma: Media de la muestra con adición (µg/L).

Ms: Media de la muestra sin adición (µg/L).

a: Cantidad de la adición (µg/L).

CUADRO 9 Resultados de la validación del método para el análisis de mercurio.

Parámetro	Valor Observado
LOD Instrumental ^a	0,00016 µg/mL
LOD Metodología ^a	0,0023 µg/g
Precisión ^b	5,25 %
Exactitud ^c	110,2 %

a: Límite de detección instrumental y metodológico, para ello se utiliza seis blancos.

b: Desviación típica relativa para tres análisis independientes.

c: Expresado como la media 3 análisis independientes.

El límite instrumental, "LOD Instrumental", equivale al límite de detección del equipo utilizado en la espectroscopia de absorción atómica, que corresponde a 0,00016 µg/g. Por otra parte el "LOD de Metodología" representa el contenido mínimo del analito en la muestra que se puede cuantificar por el método, que corresponde a 0,0023 µg/g esto significa que aquellas muestras cuya concentración se encontró bajo este límite no fueron detectadas.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de datos de consumo del Estudio de Dieta Total

Los antecedentes de consumo de alimentos fueron reportados primeramente por FLORES, (2008). Dentro del marco de proyecto de Estudios de Dieta Total, en el cual se determinan diferentes compuestos tóxicos tales como acrilamida, plomo, arsénico y mercurio, etc.

La determinación de los alimentos consumidos en la población de Valdivia, se visualiza en la FIGURA 5, en donde se observa que, los alimentos consumidos en mayor proporción por la población de esta ciudad, corresponde al grupo de bebidas no alcohólicas con un valor de 539,6 g/día lo que representa un 28,4 % de la dieta, este valor es ampliamente superior a los demás que conforman la dieta, posteriormente le sigue el grupo pan con 244,3 g/día equivalente al 12,8%, el grupo vegetales con 241,3 g/día correspondientes al 12,7%.

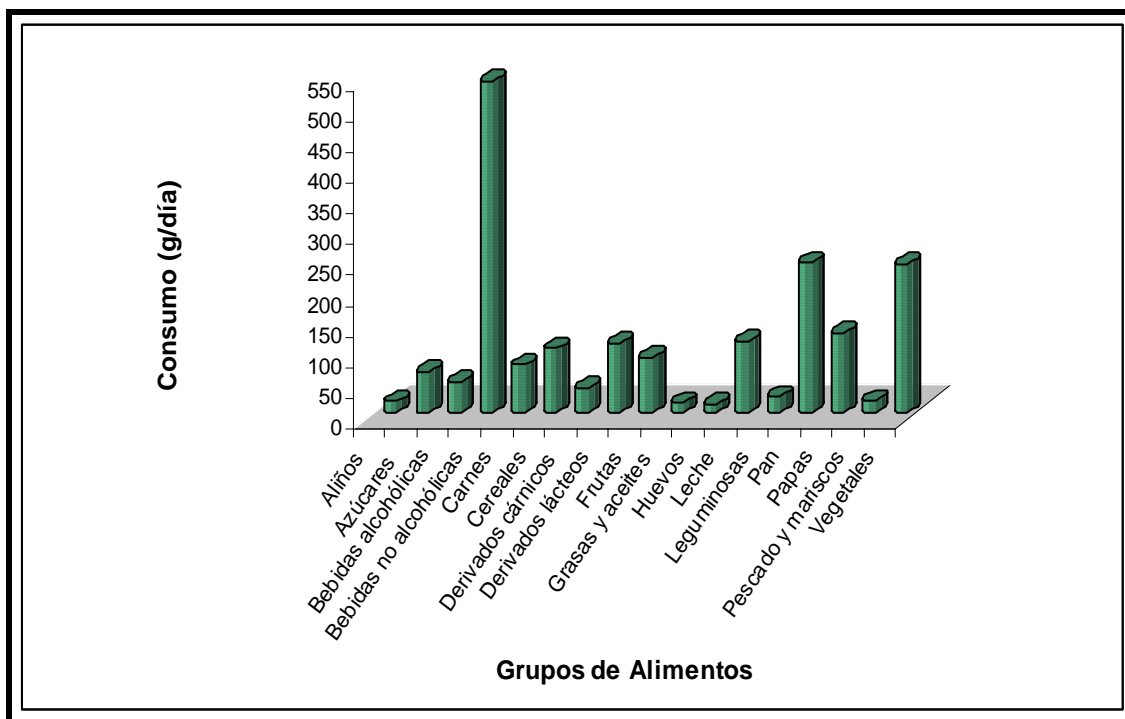


FIGURA 5 Alimentos consumidos, por grupo, por los habitantes de Valdivia.

De los alimentos con menor consumo están los grupos huevos con 13,1 g/día (0,7% de la dieta), grasas y aceites con 15,7 g/día equivalente al 0,8%, otro grupo son los aliños

con un consumo de 17,8 g/día correspondiente al 0,9%, dentro de los alimentos con menor consumo también se encuentra los pescados y mariscos, grupo que se asocia con altos contenidos de metales pesados (GIL *et al.*, 2006; CAMPBELL *et al.*, 2008; CASTRO y MÉNDEZ, 2008; DOREA, 2008; y RUELAS *et al.*, 2008).

A continuación se compara el presente estudio de Dieta Total con el realizado previamente en la ciudad de Santiago (MUÑOZ *et al.*, 2005). En la FIGURA 6 se observa que el estudio de Dieta Total realizado en Santiago en el año 2005, presenta valores un tanto diferentes para algunos grupos de alimentos a los obtenidos en el estudio realizado en Valdivia, pero para otros grupos de alimentos los valores son muy similares. Por ejemplo el grupo pan, el consumo en Santiago es 242,7 g/día y Valdivia 244,3 g/día, así mismo para el grupo de las papas 137,5 g/día y 129,0 g/día para Santiago y Valdivia respectivamente.

En cuanto al grupo de mayor consumo para esta investigación, que es de las bebidas no alcohólicas, la cual tuvo un aumento significativo de 1,6 veces más de lo registrado en el estudio realizado en Santiago 2005, con valores de 539,6 g/día y 329,8 g/día para Valdivia y Santiago respectivamente.

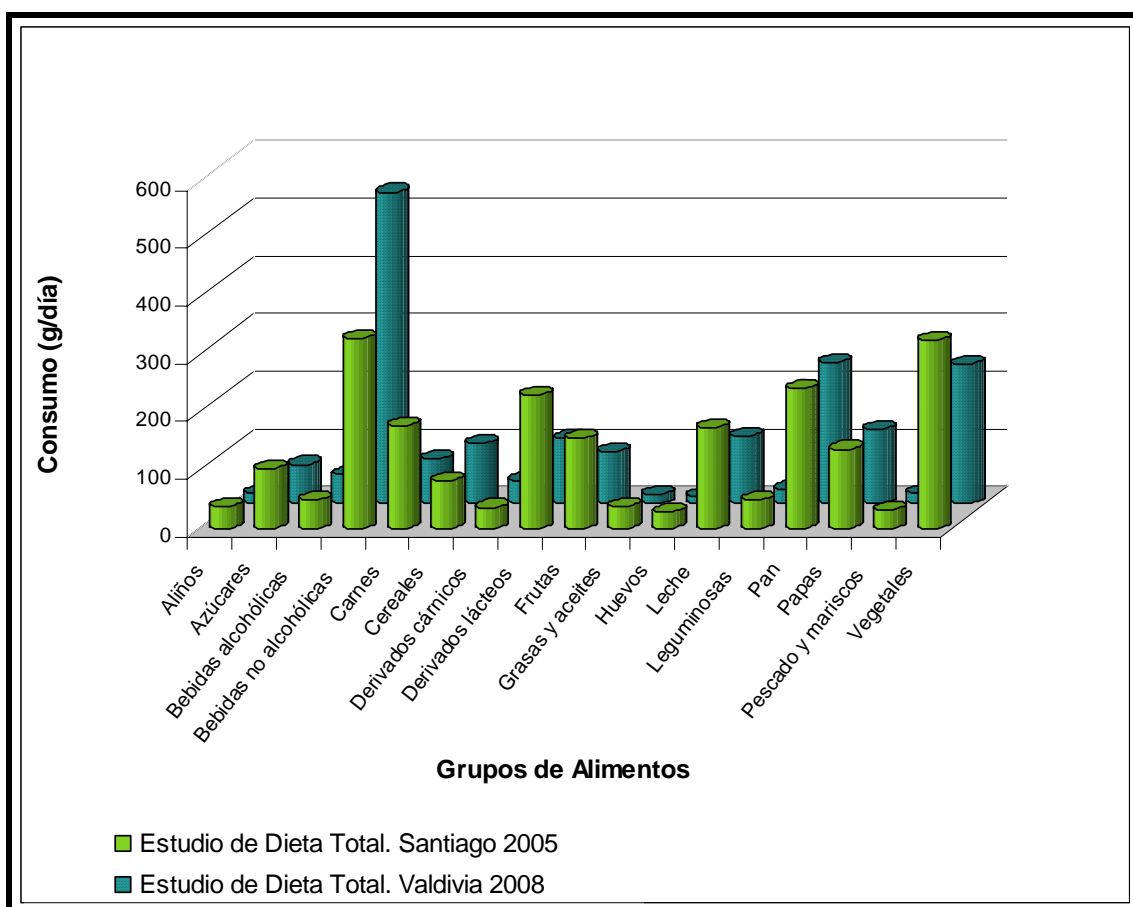


FIGURA 6 Consumo de Alimentos a través de Estudios Dieta Total en Chile.

Por su parte los vegetales otro grupo de gran consumo en este país, con valores de consumo para Santiago 327,0 g/día y Valdivia 241,3 g/día. Lo mismo sucede con los grupos leche y derivados lácteos, que alcanzan valores más bajos en este estudio.

En cuanto al consumo de pescados y mariscos es bajo, tanto para éste estudio como para el realizado en Santiago, considerando que este alimento es una fuente importante de ácidos grasos insaturados en especial omega 3. También se puede agregar que el consumo en Santiago (33,1 g/día) es mayor que en la ciudad de Valdivia (18,6 g/día).

Como ya anteriormente se ha mencionado los estudios de dieta total se han realizados en distintas partes del mundo, lo cual permite saber las diversas realidades existentes entre los países. En la FIGURA 7, se comparan los diversos estudios de Dieta Total, entre ellos los dos realizados en Chile, España, China, Inglaterra y Alemania.

En este sentido se puede observar que el consumo de alimentos o las preferencias por algún determinado alimento, es lo que marca la diferencia alimentaria entre uno y otros país, así por ejemplo China (CHEN *et al.*, 1993), tiene gran preferencia por los cereales (461,4 g/día), vegetales (323,9 g/día), frutas (101,2 g/día) y papas (101,0 g/día), este país comparado con Chile tiene una gran diferencia en el consumo de cereales superando a Chile unas 4 veces, en cuanto al grupo vegetales es superior 1,3 veces. Uno de los alimentos de menor consumo por este país es la leche con 11,0 g/día, con lo que Chile supera unas 9 veces, con un consumo de 116,4 g/día.

Con lo que respecta al consumo de pescados y mariscos, China tiene un valor de 22,9 g/día, comparado con Chile son bastante similares, el cual tiene un consumo de 18,6 g/día.

En cuanto a la dieta de los ingleses (YSART, 1999), se basa en la leche (284,0 ml/día y 2,4 veces más que en Chile), las papas (133,0 g/día.) valor similar al de Chile 129,0 g/día, y los vegetales con un valor de 110,0 g/día y para Chile 241,4 g/día. De los alimentos de menor consumo están los cereales con 10,0 g/día y las leguminosas con 2,0 g/día. Al observar el consumo de pescados y mariscos es muy similar al de Chile, con valores de 13,0 g/día para los ingleses y 18,6 g/día para Chile.

Al comparar a Chile con España, vemos que los españoles (FALCO *et al.*, 2005), tienden a consumir en mayor proporción las frutas (236,0 g/día lo que hace 2,7 veces de consumo más que Chile), la leche es otro alimento altamente consumido por los españoles 235,0 g/día, siendo 2 veces el consumo más que Chile, también están los cereales con 172,0 g/día lo que equivale a 1,6 veces más. Por otro lado Chile tiene mayor consumo del grupo papas con 129,0 g/día que corresponde 2 veces más que España (66,0 g/día). En cuanto al consumo de pescados y mariscos España supera a Chile unas 4,5 veces más, los valores de consumo son 85,5 g/día y 18,6 g/día respectivamente.

En relación al consumo de los alemanes, estos basan su dieta principalmente en los vegetales (249,0 g/día), valor similar al de Chile con 241,3 g/día, también están los cereales con un consumo de 188,0 g/día equivalentes a 1,8 veces más que el valor obtenido en esta investigación, el grupo de las frutas son muy consumidos por este país con 102,0 g/día, valor que supera a Chile 1,1 veces más. En cuanto al grupo de pescados y mariscos el consumo es de 40,1 g/día superando a Chile 2,1 veces más.

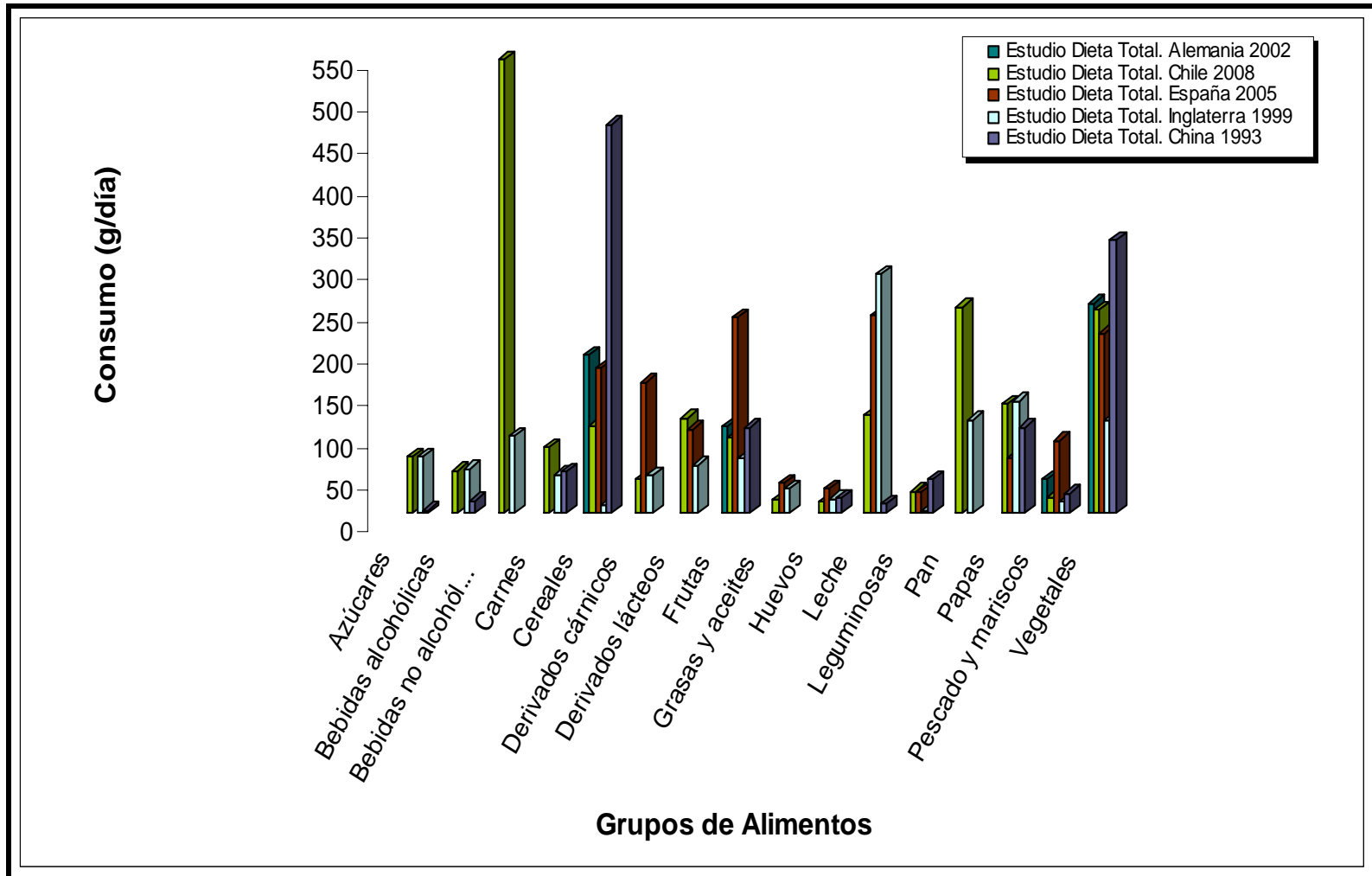


FIGURA 7 Consumo de Alimentos a través de Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial.

4.2 Determinación de la ingesta y concentración de mercurio en Valdivia

La estimación de la ingesta de mercurio se llevó a cabo luego de conocer los resultados analíticos del contenido de mercurio encontrado en cada grupo de alimento analizado. En el ANEXO 5 se muestra el consumo de alimentos por grupos. A continuación el CUADRO 10 muestra los niveles de mercurio y las ingestas por grupos de alimentos.

CUADRO 10 Concentración de mercurio por grupo de alimentos y la Ingesta. La concentración esta en unidades de ug/g y la ingesta $\mu\text{g}/\text{persona}/\text{día}$.

Grupos de alimentos	Muestreo	Concentración de mercurio por muestreo (ug/g)	Promedio[Hg] por grupo de alimentos (ug/g)	INGESTA ($\mu\text{g}/\text{persona}/\text{día}$)
Derivados cárnicos	S ₁	0,000	0,003	0,11
	S ₂	0,004		
	S ₃	0,004		
Huevos	S ₁	0,004	0,003	0,03
	S ₂	0,000		
	S ₃	0,004		
Aliños	S ₁	0,004	0,005	0,09
	S ₂	0,005		
	S ₃	0,005		
Carnes	S ₁	0,001	0,001	0,06
	S ₂	0,001		
	S ₃	0,001		
Leche	S ₁	0,002	0,002	0,2
	S ₂	0,000		
	S ₃	0,003		
Cereales	S ₁	0,013	0,009	0,94
	S ₂	0,008		
	S ₃	0,006		
Pescados y Mariscos	S ₁	0,037	0,026	0,49
	S ₂	0,020		
	S ₃	0,021		

Continuación CUADRO 10

Bebidas no Alcohólicas	S ₁	0,003	0,002	1,13
	S ₂	0,000		
	S ₃	0,004		
Bebidas Alcohólicas	S ₁	0,001	0,001	0,04
	S ₂	0,001		
	S ₃	0,001		
Papas	S ₁	0,006	0,006	0,74
	S ₂	0,005		
	S ₃	0,007		
Frutas	S ₁	0,004	0,003	0,31
	S ₂	0,002		
	S ₃	0,005		
Leguminosas	S ₁	0,001	0,002	0,04
	S ₂	0,001		
	S ₃	0,003		
Vegetales	S ₁	0,002	0,001	0,24
	S ₂	0,000		
	S ₃	0,001		
Grasas y Aceites	S ₁	0,000	0,001	0,02
	S ₂	0,001		
	S ₃	0,003		
Azúcares	S ₁	0,003	0,003	0,18
	S ₂	0,004		
	S ₃	0,000		
Derivados Lácteos	S ₁	0,001	0,001	0,16
	S ₂	0,001		
	S ₃	0,002		
Pan	S ₁	No analizada	0,004	0,98
	S ₂	0,006		
	S ₃	0,002		

4.3 Análisis estadísticos, mediante ANOVA (análisis de la varianza), de las concentraciones e ingestas de Mercurio, en el estudio de Dieta Total de la población valdiviana.

Un análisis de varianza permite comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjunto de datos. Típicamente, se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones.

En éste análisis estadístico, las dos variables analizadas son la concentración e ingesta de mercurio. De esta manera el test de Fisher de Anova, detectará cualquier diferencia significativa entre las medias de cada grupo que componen la dieta de la población (17 grupos de alimentos). Por lo tanto, si el valor de p es menor a 0,05 este indica con un nivel de confianza del 95% que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de la variable analizada. En caso contrario con un valor de p mayor a 0,05, indica que no existe diferencia significativa entre las medias de la variable analizada.

Para realizar los análisis estadísticos, es necesario que los datos a analizar estén dentro de una distribución normal, en caso contrario estos deben ser llevados a una distribución normal. Para ello es necesario aplicar una transformación de los datos, esto se obtiene aplicando raíz, logaritmos, o cualquier otra función que se determine. Para este caso se determinó aplicar la función logarítmica, con la cual los datos calzan perfecto dentro de una distribución normal.

De acuerdo al análisis estadístico de ANOVA para la variante concentración de mercurio en los grupos de alimentos que componen la Dieta Total de la población en estudio, se obtuvo un valor de p menor a 0,05, pudiendo asegurar con un nivel de confianza del 95%, que la variable concentración de Hg, proveniente de los diversos grupos presentan diferencias significativas, por lo tanto se requiere observar la gráfica de Tukey. En el ANEXO 9 se aprecia el análisis de varianza para la variante concentración de mercurio.

Por su parte el análisis de varianza para la Ingesta de mercurio a través de los grupos de alimentos pertenecientes a canasta de compras del Estudio de Dieta Total, arroja un valor de p menor a 0,05, existiendo diferencias significativas entre las medias de la variable analizada. En el ANEXO 10 se detallan los datos del análisis de varianza para la segunda variable analizada que corresponde a la ingesta de mercurio.

4.3.1 Análisis estadístico de la concentración de mercurio en la Dieta Total de Valdivia. Al visualizar la FIGURA 8, se aprecia claramente el grupo correspondiente a pescados y mariscos es el único que presenta heterogeneidad de concentración de mercurio con respecto a los demás grupos. En cuanto a los grupos restantes todos presentan homogeneidad en los niveles de mercurio.

Para poder observar y sacar mejores conclusiones se realizó el test de Rango Múltiples, prueba de homogeneidad. Los resultados se presentan ANEXO 11. Donde se confirma lo expresado en la grafica de Tukey, que el grupo de pescados y mariscos, es el único que presenta heterogeneidad además de ser muy marcada con respecto de los otros grupos.

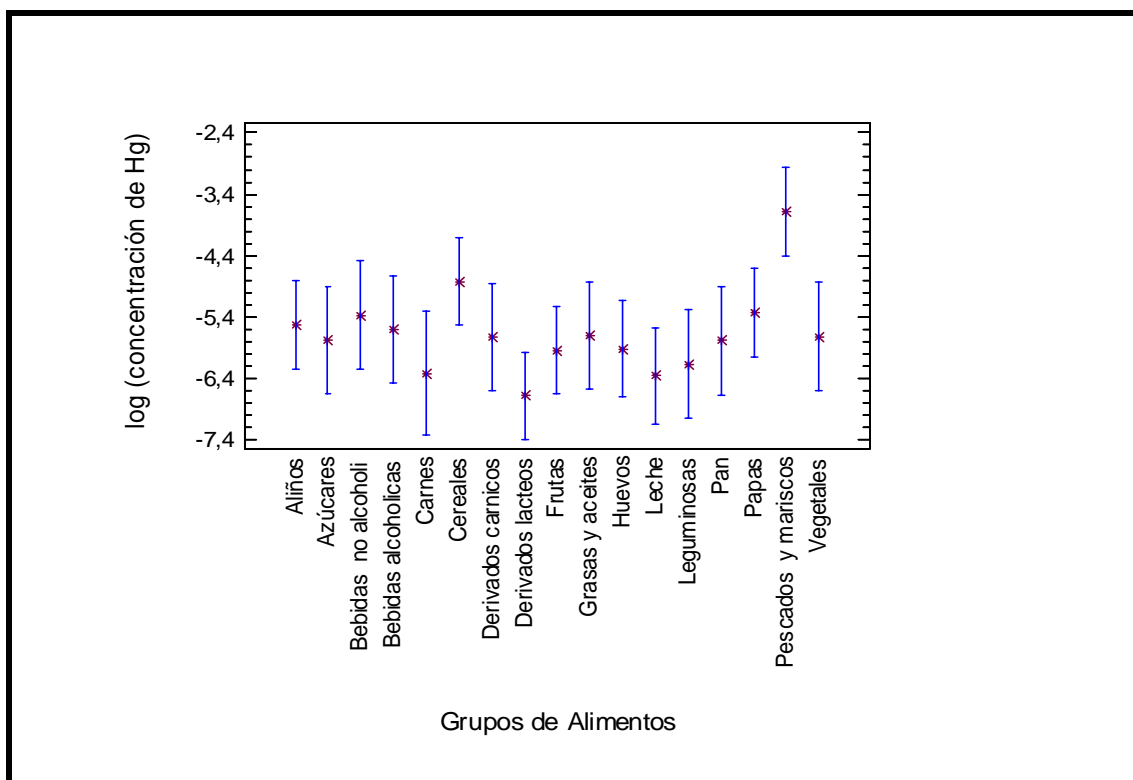


FIGURA 8 Gráfica de Tukey. Presenta la media de las Concentraciones de mercurio en los grupos de alimentos de Dieta Total. La abscisa representa los grupos de alimentos constituyentes de la Dieta Total de Valdivia y la ordenada, logaritmo de la concentración de mercurio en ug/g.

4.3.2 Análisis estadístico de la ingesta de mercurio en la Dieta Total de Valdivia.

Como se puede apreciar en la FIGURA 9, es la grafica de Tukey, en la cual el grupo de las bebidas no alcohólicas presenta heterogeneidad en cuanto a la ingesta de mercurio en comparación a los demás grupos. Entre los que presentan homogeneidad entre si están los vegetales, pescados y mariscos, papas, pan y cereales. A su vez están las leguminosas y los huevos, estos grupos son homogéneos entre si y además los que menos contribuyen a la ingesta de mercurio.

De acuerdo al Test de Rango Múltiples, se confirma lo indicado por la gráfica de Tukey, que el grupo de las bebidas no alcohólicas presenta heterogeneidad en cuanto a la ingesta de mercurio y además de una notoria diferencia para con los demás grupos. El Test de Rango Múltiples se encuentra en el ANEXO 12.

Entre los grupos que presentan homogeneidad entre si, en cuanto al aporte de este metal a la dieta están los derivados cárnicos y carnes, a su vez son homogéneos con los grupos de derivados lácteos, aliños, grasas y aceites, bebidas alcohólicas, azúcares, frutas y leche, estos últimos tres son homogéneos entre si.

El grupo de pescados y mariscos a su vez es homogéneo con frutas, leche y azúcares como así también con las papas, cereales, pan y vegetales, siendo estos últimos grupos mencionados homogéneos entre si. Si bien al haber analizado la variable concentración anteriormente y dando como resultado la mayor concentración de mercurio, en este grupo como lo es pescados y mariscos, la ingesta obtenida no es la más alta. Es así que las bebidas no alcohólicas presentan heterogeneidad en cuanto a la ingesta debido a que su consumo es altísimo.

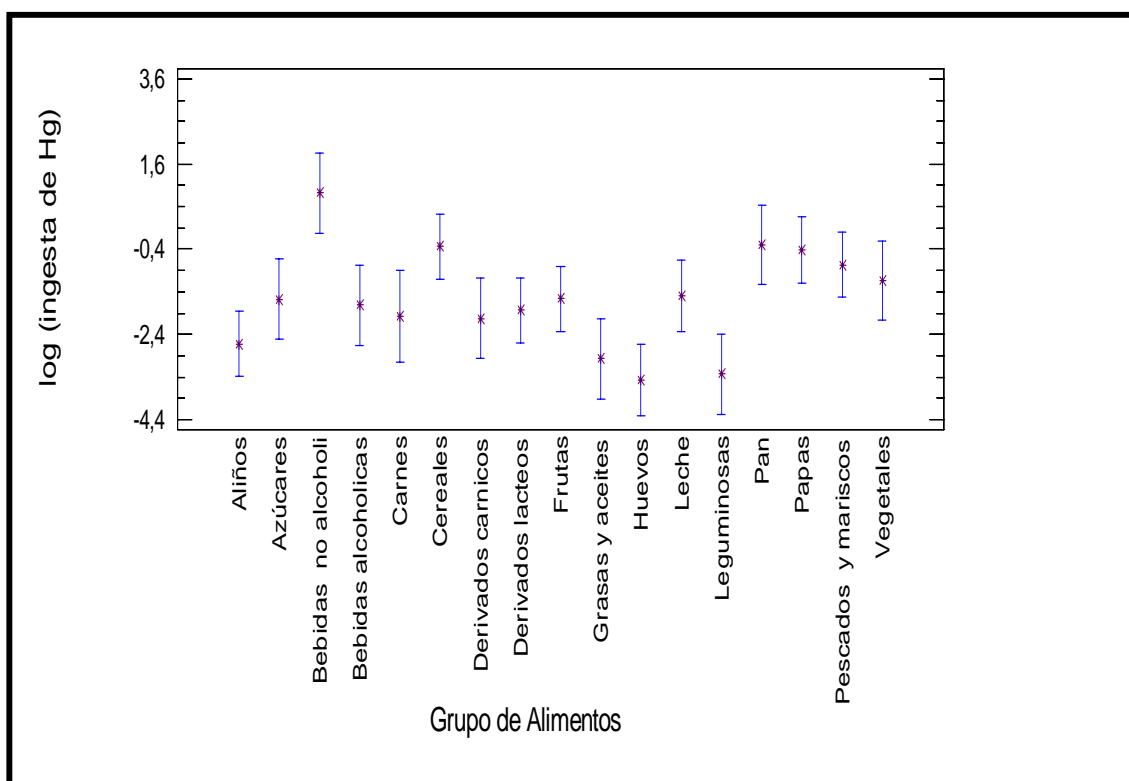


FIGURA 9 Grafica de Tukey. Presenta la media de las Ingestas de mercurio en los grupos de alimentos de Dieta Total. La abscisa representa los grupos de alimentos constituyentes de la Dieta Total de Valdivia y la ordenada, logaritmo de la ingesta de mercurio en ug/día.

4.4 Análisis de concentración de mercurio en la Dieta Total de Valdivia

Al interpretar los resultados de la concentración en los distintos grupos de alimentos de la Dieta Total, se aprecia que la mayor concentración o niveles de mercurio se encuentra en el grupo de pescados y mariscos con 26,6 ug/kg (equivalente a un 35,62% de la Dieta Total), es una cifra bastante alejada de los demás grupos que componen la dieta, un segundo grupo con un valor de 9,0 ug/kg (corresponde a un 12,33%) es para los cereales. Entre los grupos con menor concentración de mercurio están los vegetales con 1,0 ug/kg (equivalentes a 1,37%), también esta el grupo leche, los derivados lácteos, bebidas alcohólicas y el grupo carnes con el mismo valor que el grupo vegetales.

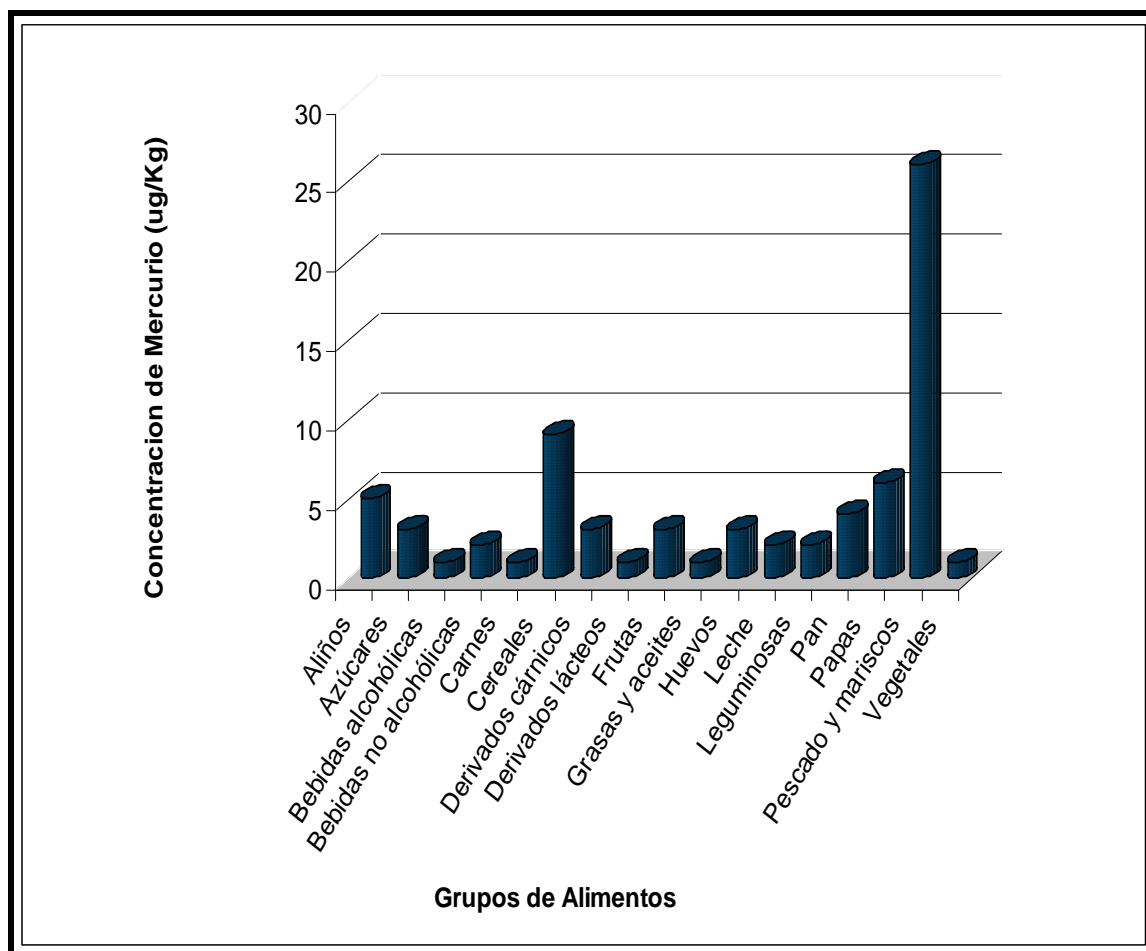


FIGURA 10 Concentración de Mercurio (ug/kg) por grupos de Alimentos.

Los resultados obtenidos son muy similares a los del Estudio de Dieta Total realizado en el año 2005 en Santiago por Muñoz *et al.*, (2005). En donde el grupo que más aporta contenidos de mercurio a la dieta es el de pescados y mariscos, un segundo lugar para el grupo de cereales de la misma manera que en este estudio. No obstante en el estudio realizado en la Región Metropolitana la concentración para pescados y mariscos fue de 48,42 ug/kg, mientras tanto la realizada en la Región de los Ríos la concentración para el mismo grupo fue de 26,6 ug/kg, siendo casi el doble en la Región Metropolitana.

Hay que destacar que si bien el grupo de pescados y mariscos son los que mayor aportan a la dieta, el valor no sobrepasa el límite máximo permitido en Reglamento Sanitario de los Alimentos.

No ocurre así lo mismo para los cereales ya que en Santiago el valor registrado fue de 8,49 ug/kg y en Valdivia 9,0 ug/kg siendo prácticamente iguales.

4.5 Análisis de ingesta diaria de mercurio en los distintos grupos de alimentos de la Dieta Total aplicada a la región de Valdivia

El valor toxicológico de referencia utilizado en este estudio fue el ISTP (Ingesta Semanal Tolerable Provisional), parámetro recomendado por el Comité Experto sobre Aditivos de Alimentos de la FAO/OMS.

El ISTP del mercurio, fue fijado en 1972 por la misma organización, el que recomendó que este metal pesado no debía ser ingerido por sobre los 340 μg /semana, de los cuales no más de 224,4 μg /semana, debe ser metilmercurio (FAO/OMS, 2008), donde todos los valores anteriores han sido calculados para una persona de 68 kilos, peso promedio de los participantes de la encuesta alimentaria. En 1988, el Comité redeterminó el ISTP recomendado anteriormente de mercurio y metilmercurio para la población general. Dado que la información recopilada en las encuestas comprende 24 horas, el ISTP se ha derivado a IDTP (Ingesta Diaria Tolerable Provisional), término que equivale a ISTP/7 días.

La ingesta diaria de mercurio que aporta el grupo pescados y mariscos fue de 0,49 μg /día, (aproximadamente 8,81 % de la ingesta total de mercurio), siendo la fuente más importante de mercurio en la dieta. Sin embargo, debido al bajo consumo de este grupo que existe en la población en estudio y pese que es el grupo con mayor contenido de mercurio la ingesta es baja.

La mayor ingesta diaria de mercurio se le atribuye al grupo de las bebidas no alcohólicas con un valor de 1,13 μg /día (corresponde al 20,31% de la ingesta total de mercurio), el cual tiene su explicación en que el consumo es sumamente alto, marcando inclusive una diferencia muy significativa para los demás grupos. También está el grupo pan con una ingesta de 0,98 μg /día correspondiente al 17,03%, a su vez el grupo el grupo cereales con 0,94 μg /día que corresponde al 16,31% de la ingesta total de mercurio.

La menor ingesta diaria de mercurio la tienen los grupos de “grasas y aceites” y huevos, con valores respectivos de 0,02 μg /día y 0,03 μg /día (equivalente a 0,28 % y 0,54 % de la ingesta total de mercurio).

Cabe mencionar que los grupos se encuentran entre los valores de ingesta de 0,02 y 1,13 μg /día, esta situación es importante al momento de evaluar la seguridad toxicológica de un alimento, debido a que el mercurio, es el metal pesado que presenta el mayor riesgo para la salud, aún en pequeñas concentraciones.

Sin embargo, los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los considerados perjudiciales, según FAO/OMS, para el ser humano, condición que cambiaría si aumentará la concentración o el consumo de éstos en pequeñas cantidades. Por ello, se hace necesario realizar una continua evaluación de los contaminantes en los alimentos, para asegurarnos de no sobrepasar los niveles considerados como seguros por la FAO/OMS (ISTP).

En el FIGURA 11 se puede apreciar la gráfica de las ingestas de mercurio (μg /día) de los 17 grupos de alimentos.

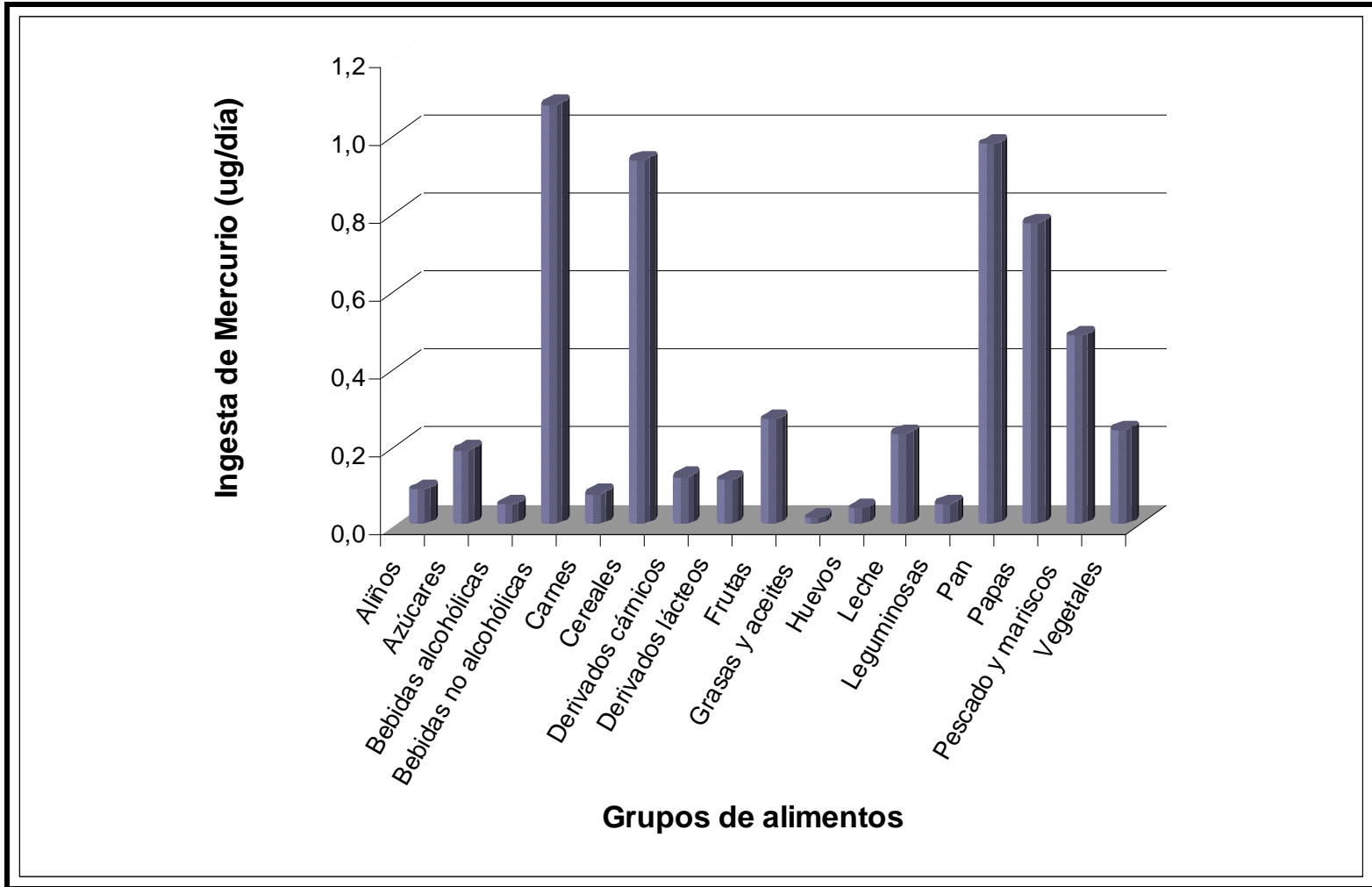


FIGURA 11 Ingesta de Mercurio en los distintos grupos de la Dieta total de Valdivia.

4.6 Comparación de la ingesta de mercurio en distintos países

En la FIGURA 12 se observa que Chile, por medio de este estudio de Dieta Total, presenta una de las ingestas diarias de mercurio medianamente bajas con respecto a los países que han realizado este tipo de estudio, resultado muy satisfactorio al ser este metal pesado uno de los más tóxicos existentes en la naturaleza. De todas maneras, se hace necesario dictar directrices en ese sentido, con el fin de mantener los niveles actuales o disminuirlos aún más.

Si bien, la ingesta de mercurio a través de la dieta total chilena es baja (5,7 µg/día), en comparación con la mayoría de los países estudiados, como España (19,0 µg/día), Guatemala (10,8 µg/día), China (10,3 µg/día) y Japón (10,0 µg/día), al compararla con la ingesta del estudio realizado en el 2005 en Santiago de Chile es similar, el valor de la ingesta obtenido en ese año fue de 5,0 µg/día.

También existen países tales como Suecia con una ingesta de 1,8 µg/día, República Checa 0,7 µg/día, Reino Unido 3,0 y 5,0 µg/día y Nueva Zelanda 4, µg/día. Estos países representan una ingesta menor a la obtenida por Chile, siendo la República Checa (0,7 µg/día) el país que menos contribuye a la ingesta de mercurio, por tener el valor más bajo (JALÓN *et al.*, 1997).

Un estudio de Dieta Total realizado en Corea, arroja un valor de ingesta de 1,61 µg/día; un valor bastante bajo, por ende satisfactorio para la población. Las mayores concentraciones de mercurio fueron encontradas en el grupo de pescados, sin embargo no tiene mayor importancia, debido a que el consumo de este grupo de alimentos es muy bajo, lo que contribuye a la ingesta es el grupo de mayor consumo para esta población coreana que es el arroz (LEE *et al.*, 2006). Por lo tanto la ingesta depende tanto de la concentración de mercurio contenida en los grupos de alimentos y del consumo de grupos de alimentos que aporten con la concentración de mercurio.

Otro estudio de Dieta Total en la cual se estimó la ingesta de mercurio, a cinco grupos de la población en Cataluña, España abarcando a niños, adolescentes, hombres y mujeres adultos, y personas de la tercera edad, dio resultado de la mayor ingesta para la población masculina adulta, con 21,2 µg/día (LLOBET *et al.*, 2003). El promedio de la ingesta considerando a los cinco grupos es de 18,0 µg/día, valor que supera a Chile unas 3 veces, sin embargo el valor no representa riesgos para la población.

Otro estudio realizado en China a cuatro localidades diferentes arrojó un ingesta de 8,86 µg/día (LI *et al.*, 2006). En este estudio las principales fuentes de la ingesta dietética de mercurio son los cereales, las verduras y los alimentos del mar. Pero los resultados muestran que la ingesta de mercurio en China son seguros y que están lejos de presentar algún daño a la salud.

El valor de la ingesta de mercurio obtenido en este estudio es de 5,7 µg/día como se ha mencionado anteriormente, el cual a su vez representa el 11,6% de la ISTP, por lo cual, la ingesta de Hg no representa mayores peligros de contaminación por mercurio en la población estudiada. Sin embargo, es importante que la población siga siendo monitoreada, para mantener de esta forma un control sobre éste compuesto metálico.

Si se considerara que si todo el mercurio encontrado fuera metilmercurio, la ingesta aportada por los grupos constituyentes de la dieta representaría un 36,07% de la ISTP,

con lo cual se puede afirmar que la población no tiene peligros asociados a este metal por consumo de alimentos que contengan concentraciones de mercurio.

En el ANEXO 8 se encuentran resumidos distintos países y sus ingesta a través del tiempo en Estudios de Dieta Total, en el cual han medido el mercurio total y el metilmercurio.

4.7 Análisis comparativo de la concentración de mercurio en los grupos de alimentos constituyentes de las Dietas Totales realizadas en distintos países

Al observar la FIGURA 13, se puede observar que no está considerado el grupo de pescados y mariscos, el cual constituye la fuente más importante de concentración de mercurio a la dieta, ya se que analizó de forma particular, realizando una gráfica en la que se puede apreciar el aporte de mercurio en cuanto a concentración en distintos países. De la misma manera la FIGURA 13 muestra los distintos grupos de alimentos constituyentes de la Dieta Total y su aporte en contenido de mercurio, de esta gráfica se observa que los cereales, son los que más contribuyen a la concentración de mercurio.

España presenta un alto contenido de mercurio en los cereales, con 30,0 ug/kg (FALCO *et al.*, 2005), también se puede mencionar a Chile con 9,0 ug/kg y 8,5 ug/Kg en este estudio y el realizado en Santiago por MUÑOZ *et al.*, 2005; respectivamente. En comparación con otros países como China con 5,6 ug/kg y Gran Bretaña con 4,0 ug/kg aportada por los grupos de cereales.

En Chile otro grupo de importancia son las papas y con un valor de 6,0 ug/kg para este estudio y solo 0,6 ug/kg para el estudio de MUÑOZ *et al.*, 2005. El valor de este estudio es muy similar al obtenido por URIETA *et al.*, 1996 realizado en España donde arrojó una concentración de mercurio de 5,0 ug/kg.

Otro grupo de alimentos de importancia es el pan con 4,0 ug/kg, realidad que también se repite en España con 5,0 ug/kg, situación que se justifica al ser éste un alimento elaborado principalmente, en base a productos de origen farináceos. Situación distinta es en Gran Bretaña, ya que este grupo de alimentos se encuentra en séptimo lugar de aporte de mercurio con 2,0 ug/kg. Sin embargo, la concentración de mercurio en su grupo de cereales es el segundo mayor contribuyente de este metal a la dieta.

Otra observación es en cuanto a la registrada por los grupos de leche y derivados lácteos 2,0 y 1,0 ug/kg, respectivamente para éste estudio, y comparando con los otros estudios se tiene que en España los derivados lácteos aporta en concentración de mercurio 13,0 ug/kg y la leche 2,0 ug/kg.

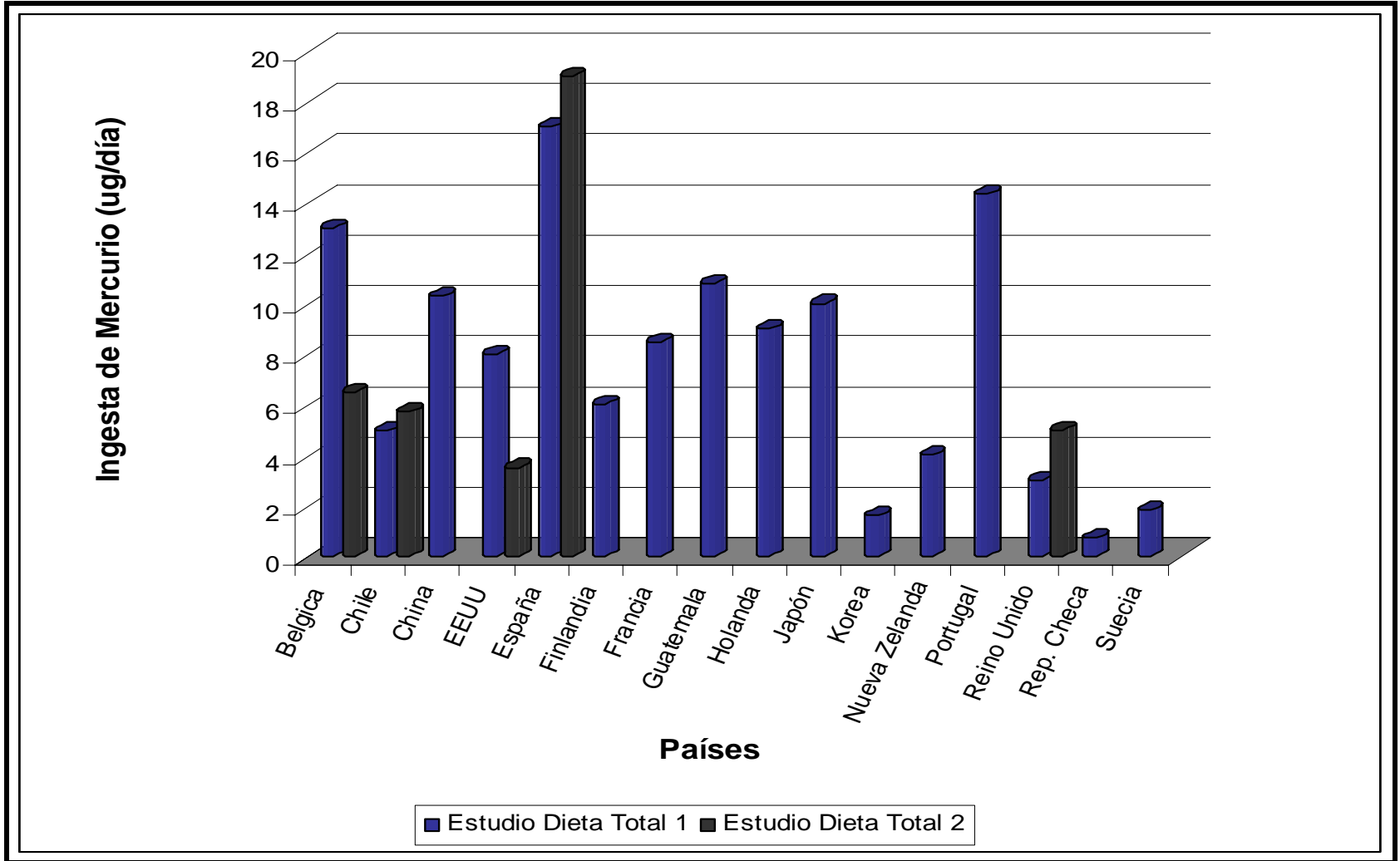


FIGURA 12 Ingesta de Mercurio de Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial.

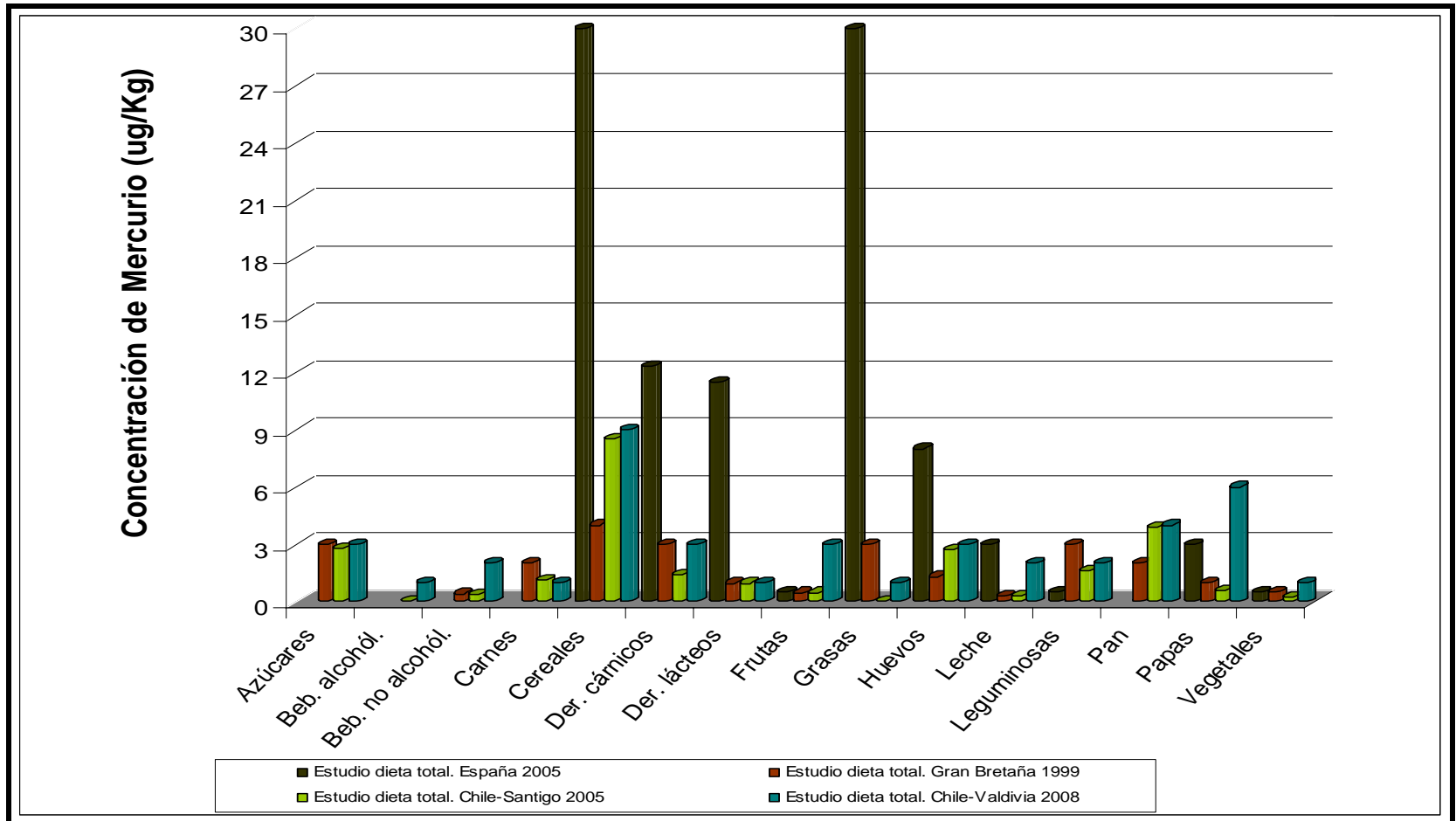


FIGURA 13 Concentración de Mercurio presente en los distintos grupos de alimentos que conforman los Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial.

En la FIGURA 14, se muestran las concentraciones de mercurio aportadas por el grupo de pescado y mariscos. Se puede decir claramente que este grupo de alimentos es el que contribuye mayormente en cantidad de mercurio a través de la dieta. Sin embargo, existe una notoria diferencia en las concentraciones que posee este grupo de alimento en los distintos países.

El valor obtenido en esta investigación es de 26,6 ug/kg, uno de los valores más bajos al compararlos con otros países y a su vez comparado con Chile en el 2005 que fue de 49,6 ug/kg por MUÑOZ *et al.*, 2005.

Según lo señalado por COMUNIDADES EUROPEAS (2004), Portugal presenta el mayor nivel, siendo aproximadamente 10 veces superior al presentado por Chile en ambas ocasiones. La explicación se debe a que este país tiene un alto consumo de este alimento, triplicando el consumo en comparación al de los chilenos. Observando la FIGURA 14 se aprecia que la mayoría de los países europeos presentes en la gráfica tienen una concentración mayor de mercurio, superando ampliamente a Chile.

Para España de acuerdo a URIETA *et al.*, 1996, el valor obtenido fue de 149 ug/kg, un segundo estudio realizado en el mismo país, da un valor de 97 ug/kg (FALCO *et al.*, 2005); aunque estos valores son mayores a los obtenidos en Chile, entre ellos igual hay una diferencia de aproximadamente 50 ug/kg. La diferencia encontrada en España se debe a que los estudios fueron realizados en distintas comunidades, en el país Vasco por URIETA *et al.*, 1996 y Cataluña por FALCO *et al.*, 2005. Un tercer estudio realizado en España, en la comunidad de Cataluña por LLOBET *et al.*, 2003, dio valor similar al obtenido por FALCO *et al.*, 2005, valor cercano a 100 ug/kg.

Por otra parte, el país que menos cantidad de mercurio presenta en sus productos marinos es China 2,0 ug/kg registrado por CHEN, 1993. La explicación podría deberse a la reglamentaciones tan estrictas que existen en la actualidad, como resultado de eventos de intoxicaciones masivas sufridos por este metal tóxico en periodos anteriores.

Se han destacado los países con mayor y menor aporte de mercurio en los pescado y mariscos, un país intermedio que casi tiene los mismos aporte de mercurio que Chile es Gran Bretaña con 43 ug/Kg citado por YSART, (1999), también se puede mencionar a Dinamarca que registra concentraciones de mercurio similares de 42 ug/kg.

Aunque este grupo de alimentos sea el que mayor aporte los niveles de mercurio, y en consecuencia acarree problemas asociados a este metal como los señalados anteriormente en el capítulo de revisión bibliográfica, no se presentan problemas ya que los valores de ingesta están muy por debajo de los que pueden causar algún problema toxicológico al organismo.

Los países con algún riesgo son aquellos que basan su alimentación en pescados y mariscos, es decir un alto consumo de este grupo; pero se debe considerar que va asociada a un alto contenido de este metal en los mismos.

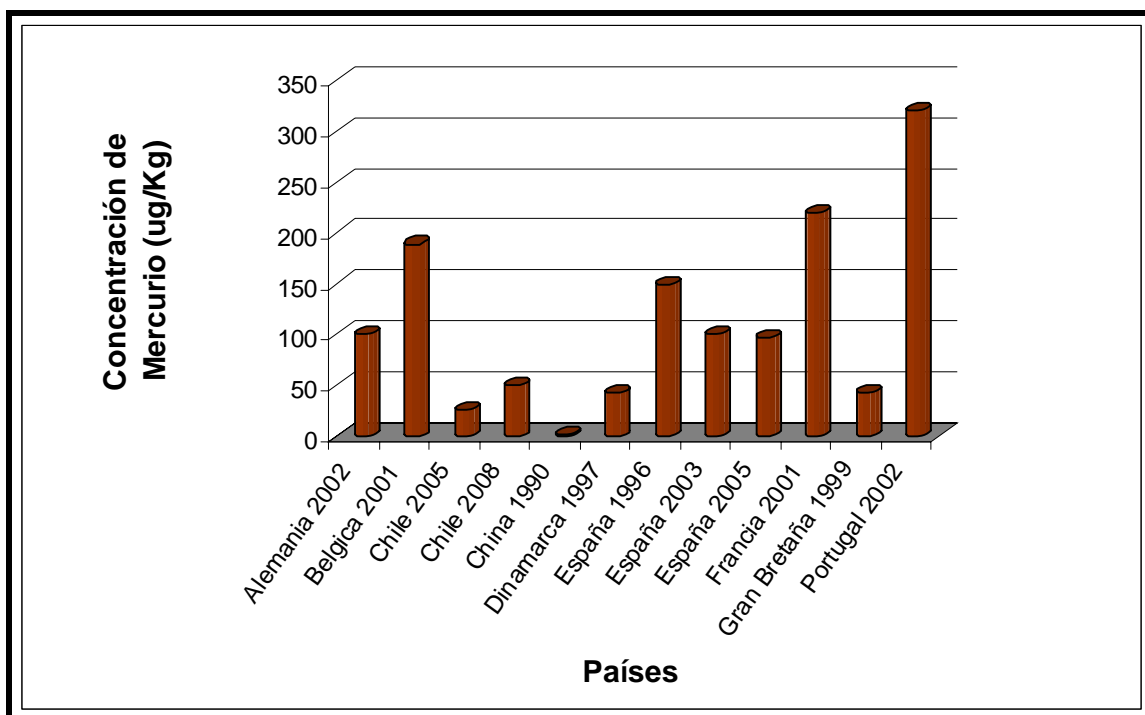


FIGURA 14 Concentración de Mercurio en pescados y mariscos en distintos Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial.

4.8 Análisis comparativo de la ingesta diaria de mercurio en los grupos de alimentos constituyentes de las Dietas Totales realizadas en distintos países

Para la realización de este análisis comparativo de las ingestas se analizará todos los grupos de alimentos y en forma separada se analizará el grupo de pescados y mariscos, esto debido a la alta ingesta de mercurio que aporta este grupo de alimentos y que supera a los demás grupos de la dieta.

Como se aprecia en la FIGURA 15, el grupo de los cereales representa el mayor aporte de ingesta (5,16 ug/día) para España, esto debido principalmente a su alto consumo. La ingesta de mercurio que contribuye el grupo cereales es ampliamente superior al valor que aporta este grupo de alimentos en la dieta Chilena. Un segundo grupo, como lo son las carnes aportan 1,9 ug/día, también se puede agregar que los derivados lácteos (1,2 ug/día) aportan a la ingesta en España. El grupo de menor aporte en este país es el grupo de las leguminosas con 0,01 ug/día.

Para los ingleses la mayor ingesta de mercurio la aporta el grupo de pan (0,49 ug/día) y los derivados lácteos (0,46 ug/día), principalmente se debe al alto consumo. Las frutas son las que menor contribuye a la ingesta con 0,09 ug/día.

Por otro lado esta Alemania, en el cual el grupo que más aporta a la ingesta son las frutas y vegetales (3,27 ug/día), debido al alto consumo de este grupo. Las carnes también aportan con 1,62 ug/día y los cereales con 1,32 ug/día. El menor aporte lo genera el grupo de grasas y aceites con 0,12 ug/día.

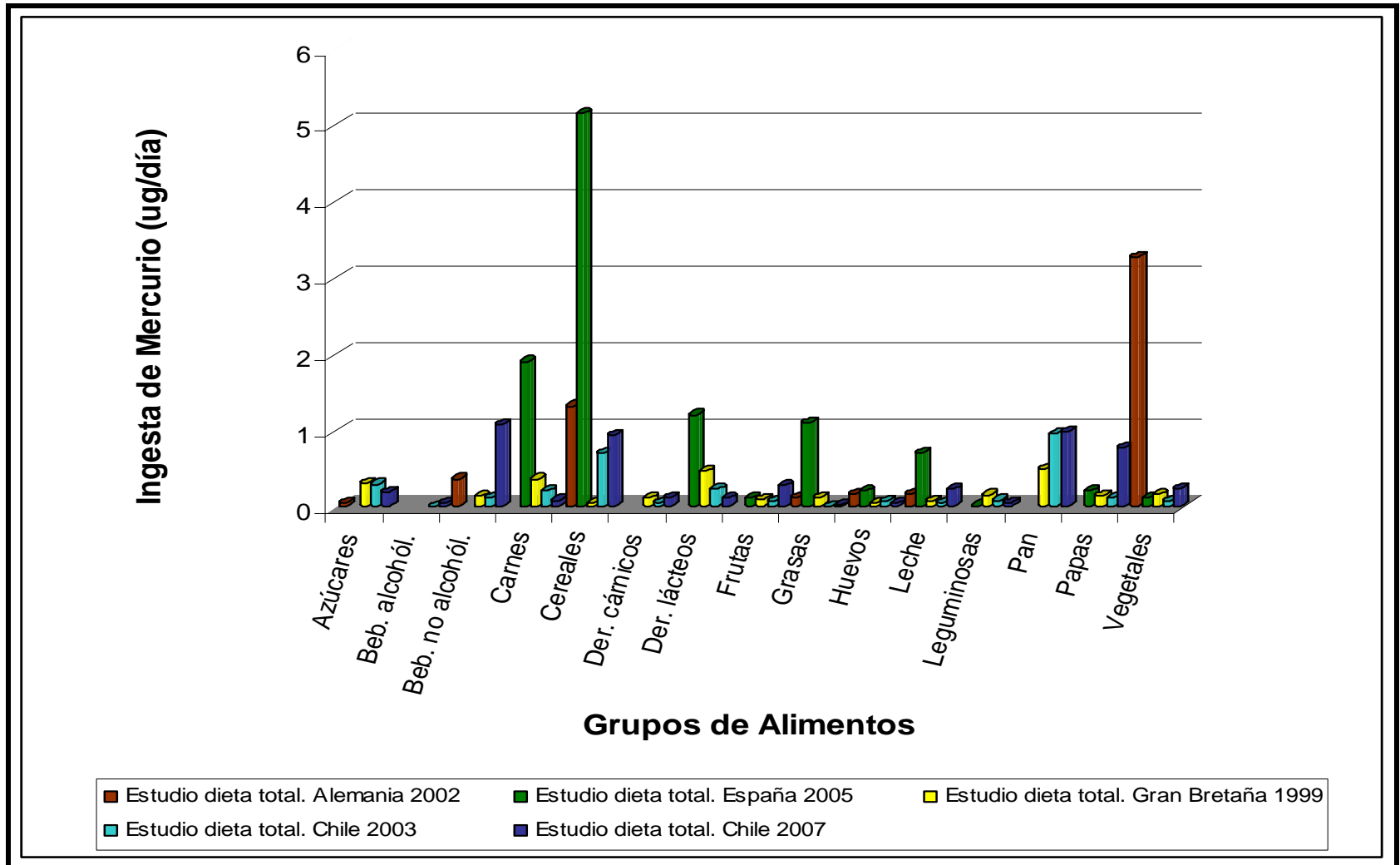


FIGURA 15 Ingesta de Mercurio a través de los distintos grupos pertenecientes a Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial.

Como se observa en la FIGURA 16, solo están las ingesta aportadas por los países en estudio en cuanto al grupo de pescados y mariscos, este grupo de alimentos es de suma importancia para estos tipos de estudios, debido a la capacidad de bioacumulación que estos poseen, logrando retener o almacenar cantidades significativas de mercurio.

De la gráfica se aprecia que España es el país que presenta la más alta ingesta de este metal por el grupo de pescados y mariscos con un valor de 8,3 ug/día (FALCO *et al.*, 2005), cifra 19 veces más que la registrada en este estudio 0,48 ug/día.

Otro estudio realizado recientemente en España en las Islas Canarias por RUBIO *et al.*, 2008, encontró que la ingesta fue de 5,7 ug/día aportada por el grupo de pescados y mariscos.

De acuerdo a las COMUNIDADES EUROPEAS (2004) y observando la gráfica Alemania tiene una ingesta de 2,8 ug/día, Bélgica 5,8 ug/día y Francia 2,7 ug/día, ambos países superar la ingesta obtenida por Chile. Alemania y Francia superan por alrededor de 6 veces y Bélgica unas 19 veces.

Según YSART (1999), en Gran Bretaña la ingesta aportada por este grupo de alimentos fue de 1,42 ug/día, valor que supera a Chile unas 3 veces.

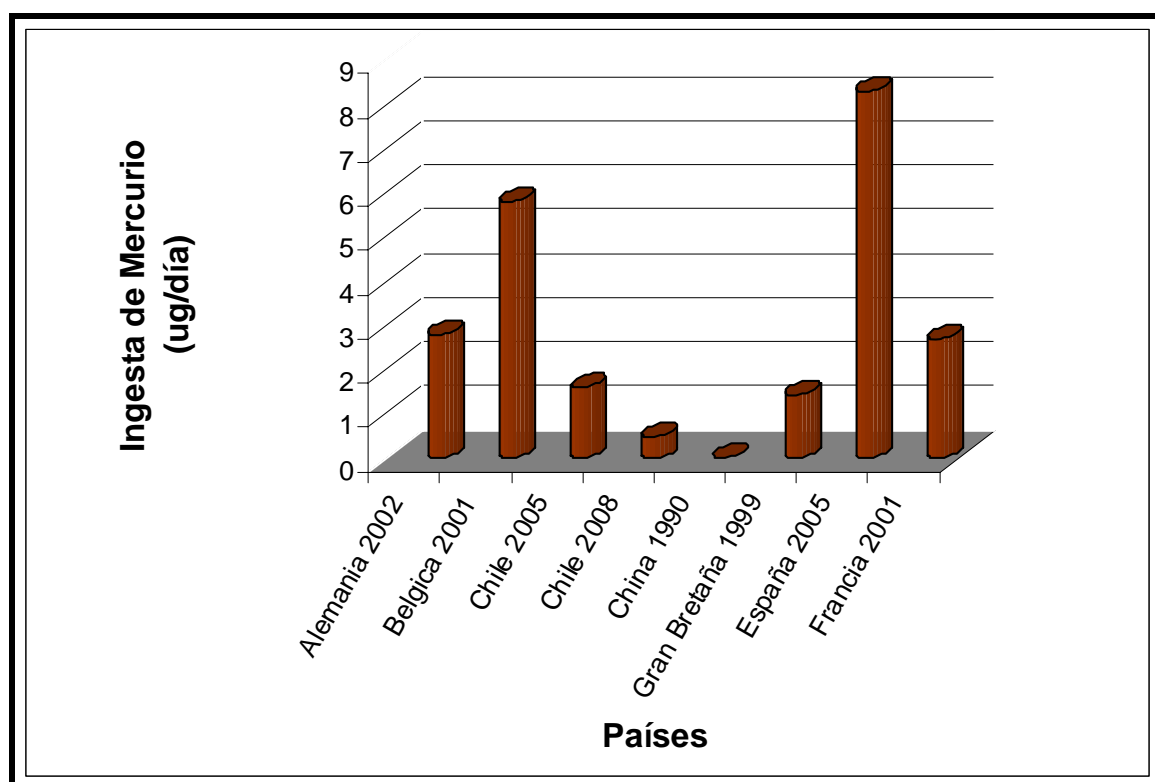


FIGURA 16 Ingesta de Mercurio en pescados y mariscos en distintos Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial.

5. CONCLUSIONES

De los resultados expuestos en esta investigación, se puede deducir que los alimentos más consumidos por la población valdiviana están los grupos de bebidas no alcohólicas con 539,6 g/día equivalente a 28,4% de la dieta total, le sigue el grupo pan con 244,3 g/día (12,8%) y los vegetales con 241,3 g/día que corresponde al 12,7% de la dieta. Mientras tanto entre los grupos que menos aportan a la dieta en cuanto al consumo están los huevos con 13,1 g/día (equivalente al 0,7%) y grasas y aceites con 15,7 g/día lo que significa el 0,8%.

Los grupos de alimentos que presentaron las mayores concentraciones de mercurio son los pescados y mariscos con 26,6 ug/kg y cereales con 9,0 ug/kg, también se aprecia que hay una amplia diferencia entre estos dos grupos con mayor nivel de este metal.

Aunque el grupo de pescados y mariscos sea el que presentó los mayores niveles de mercurio, estos están dentro de los límites máximos permitidos por la reglamentación chilena.

En cuanto al grupo que más contribuye a la ingesta de mercurio están las bebidas no alcohólicas con 1,13 ug/día seguida por el grupo pan con 0,98 ug/día, esto tiene su explicación en que las bebidas no alcohólicas tiene el mayor consumo por la población en estudio.

De acuerdo al análisis estadístico ANOVA, los grupos que presentan diferencias estadísticamente significativas en los niveles de mercurio están los pescados y mariscos. En lo que respecta a la ingesta el grupo fue de las bebidas no alcohólicas.

Según los resultados obtenidos de ingesta de mercurio 5,7 $\mu\text{g}/\text{día}$ equivalente a 40,0 ug/semanal, a través de la Dieta Total de los habitantes de Valdivia y, al compararlos con el valor toxicológico de referencia ISTP (Ingesta Semanal Tolerable Provisional), recomendado por FAO/OMS para contaminantes químicos, ésta representa el 11,6% del ISTP para mercurio, por lo que se concluye que la ingesta proveniente del consumo de alimentos no representa riesgo para la salud, rechazándose la hipótesis planteada.

6. RESUMEN

ESTUDIO DE DIETA TOTAL: ESTIMACIÓN DE LA INGESTA DE MERCURIO EN LA POBLACIÓN VALDIVIANA.

Hoy en día es de preocupación a la contaminación que se ven sometidos los alimentos y por ende el riesgo a la salud humana, es por ello, que el objetivo de la presente investigación fue estimar la ingesta diaria de mercurio en la dieta total de los habitantes de Valdivia, y establecer si existe riesgo de contraer alguna de las enfermedades asociadas a éste metal. Una forma de determinar contaminantes químicos como lo son los metales pesados propuesto por la FAO/OMS, es mediante Estudios de Dieta Total. Basándose en estos estudios ampliamente utilizados a nivel mundial y de acuerdo a la variante canasta de compra, que consta primeramente en la realización de una encuesta recordatoria de 24 horas. Dicha encuesta se realizó entre los meses abril y Septiembre del año 2007. La población de Valdivia es de 140,559 personas (INE, 2002), mediante Inferencia Estadística se determinó el tamaño muestral de la población (n=382) el cual representa el 0,27% de la misma. La encuesta se realizó, sin distinción de edad, sexo, ni clase social, de los cuales 59,7% es de sexo femenino y el restante 40,3% de sexo masculino, con una estatura y un peso promedio de 1,66 m. y 70 kg. respectivamente. La encuesta arrojó más de 270 alimentos de los cuales se formaron 17 grupos según su similitud de composición química, los tres grupos más consumidos por la población fueron el grupo de bebidas no alcohólicas con 539,6 g/persona/día, seguido por el grupo de pan con 244,3 g/persona/día y el grupo de vegetales con 241,3 g/persona/día. Entre los mayores niveles de mercurio encontrados están los grupos de pescados y mariscos con 26,6 ug/kg y cereales con 9,0 ug/kg. De esta forma se tiene el consumo y las concentraciones de este metal, con lo cual es posible calcular la ingesta. Los valores de Ingesta obtenidos por grupo de alimentos son para bebidas no alcohólicas 1,13 ug/día, pan con 0,98 ug/día, entre las ingestas que más aportan a la dieta y dando una ingesta total de 5,7 ug/día que abarca los 17 grupos de alimentos, éste es comparado con el valor de referencia propuesta por la FAO/OMS, (Ingesta Provisional Semanal Tolerable-ISTP de 49,3 ug/día). En conclusión, no existe peligro para la población en estudio, en cuanto a la contaminación por mercurio en los alimentos, por ende no existe riesgo de contraer alguna de las enfermedades asociadas a este metal.

Palabras claves: *Estudio Dieta Total, metales pesados, mercurio, ISTP.*

SUMMARY

STUDY OF DIET TOTAL: ESTIMATE OF THE INTAKE OF MERCURY IN THE POPULATION VALDIVIAN.

Today, it is of concern to the pollution which they are subjected food and hence the risk to human health, is therefore that the objective of this research is to estimate the daily intake of total mercury in the diet of the inhabitants of Valdivia, and determine if there is risk for certain diseases associated with this metal. One way to determine chemical contaminants such as heavy metals proposed by the FAO / WHO, is using Total Diet Study. Based on these studies are widely used Worldwide and agree to the basket option to purchase, which consists primarily in conducting a survey reminder for 24 hours. The survey was conducted between the months of April to September 2007. Valdivia's population is 140,559 people (NIS, 2002), statistical Inference was determined by the sample size of the population (n=382) which represents 0,27% of the same. The survey was conducted, without distinction as to age, sex or social class, 59,7% of which is female and the remaining 40,3% of male, with a stature and an average weight of 1,66 m. and 70 kg. respectively. The survey showed more than 270 foods which were formed 17 groups according to their similarities in chemical composition, the three groups more consumed by the population were the non alcoholic drinks group with 539,6 g / person / day, continued by the bread group with 244,3 g/person/day and the vegetables group with 241,3 g/person/day. Atomic Absorption Spectrometry with cold vapour was used for mercury determination. The groups of fish and shellfish presented the biggest levels of mercury with 26,6 ug/kg continued by the cereals with 9,0 ug/Kg. In this way we have the consumption and concentrations of metal, making it possible to calculate the intake. The biggest intake obtained by food group was 1,13 ug/day for non alcoholic drinks, 0,98 ug/day for the bread, giving a total intake of 5,7 ug/día for the 17 food groups, Which is much smaller that the Provisional Tolerable Weekly Intake PTWI of 49,3 ug/day proposed by FAO/OMS. In conclusion, risk doesn't exist for the population's health due to the contamination for mercury in the foods.

Key words: *Total Diet Study, heavy metals, mercury, PTWI.*

7. BIBLIOGRAFÍA

- ACADEMIA NACIONAL de MEDICINA. 2006. Seminario Internacional sobre clínica del mercurio. Memorias. Academia Nacional de Medicina. 260 p.
- ALBERT 2001. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Organización Panamericana de la Salud. 310 p.
- BARR, R. WOODGER, B. y REES, P. 1973. Levels of mercury in urine correlated with the use of skin lightening creams. *American Journal of Clinical Pathology*. pp 36-59.
- BATALLER, R. y BALAGUER, J. 2004. *Toxicología Clínica*. Universidad de Valencia. 264 p.
- BATES, C.; PRENTICE, A. BIRCH, M. DELVES, H. y SINCLAIR, K. 2006. Blood indices of selenium and mercury, and their correlations with fish intake, in young people living in Britain. *British Journal of Nutrition* 96: 523 – 531.
- BERLIN, M. 1977. Mercury. In: *Toxicology of Metals*, vol. II. Springfield, VA: National Technical Information Service. pp: 301-344.
- BERNTSSEN, M. HYLLAND, K. JULSHAMN, K. LUNDEBYE, A. y WAAGBO, R. 2004. Maximum limits of organic and inorganic mercury in fish feed. *Aquaculture Nutrition*. 10: 83 – 97.
- BETHUNE, C. SEIERSTAD, S., SELJEFLOT, I. JOHANSEN, O., ARNESEN, H., MELTZER, H. M., ROSENLUND, G., FROYLAND, L y LUNDEBYE, A. 2006. Dietary intake of differently fed salmon: a preliminary study on contaminants. *European Journal of Clinical Investigation*. 36: 193 – 201.
- BOCIO, A.; CASTELL, V. FALCO, G. GOSALBEZ, P. y RAMOS, J. 2005. Contaminants químics : estudi de dieta total a Catalunya. Barcelona. Agència Catalana de Seguretat Alimentària. 144 p
- CAMPBELL, L.; VERDUNG, P. DIXON, D. y HECKY, R. 2008. Mercury biomagnification in the food web of Lake Tanganyika (Tanzania, East Africa). *Science of the Total Environment*. 8 p
- CANADÁ, BUREAU OF CHEMICAL SAFETY FOOD DIRECTORATE HEALTH PRODUCTS AND FOOD BRANCH. 2007. Human Health Risk Assessment of Mercury in Fish and Health Benefits of Fish Consumption. 69 p

- CASTRO, M. y MENDEZ, M. 2008. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 26: 263 – 271.
- CAUSSY, D.; GOCHFELD, M. GURZAU, E. NEAGU, C. y RUEDEL, H. 2003. Lessons from case studies of metals:investigating exposure, bioavailability, and risk. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 56: 45 – 51.
- CHEN, J. y GAO, J. 1993. The Chinese Total Diet Study in 1990. Part I. Chemical Contaminants. *J. AOAC. Int.* 76, p. 1193-1200.
- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS (INE) 2002.
- CHILE. MINISTERIO DE SALUD 2004. Reglamento Sanitario de los Alimentos. Editorial Publiley. 198 p
- CHILE, CORPORACIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, (CONAMA) 2007. Programa Nacional del Manejo Racional del Mercurio en Chile. Consultado 3/09/2007 http://www.conama.cl/portal/1301/articles-39723_recurso_6.pdf.
- CLARKSON, T. 1971. Epidemiological and Experimental Aspects of lead and Mercury Contamination of food. *Fd Cosmet. Toxicology*. 9. 229 p.
- CLARKSON, T. MAGOS, L. y GREENWOOD, M. 1972. The transport of elemental mercury into fetal tissue. *Biology of the Neonate*. 21: 239 - 244
- COMUNIDADES EUROPEAS (CE) 2004. Directorate-General Health and Consumer Protection. Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States. Reports on tasks for scientific cooperation, Report of experts participating in Task 3.2.11.
- COULTATE, T. P. 1998. Manual de química y bioquímica de los alimentos. Zaragoza, España. Acribia 366 p
- DASGUPTA, S. ONDERS, R. GUNDERSON, D.T. y MIMS, S.D. 2004. Methylmercury Concentrations Found in Wild and Farm-raised Paddlefish. *Journal of Food Science*. 69: 122 – 125.
- DIAZ, O. y GARCIA, M. 2002. Avances en toxicología de contaminantes químicos en alimentos. Chile. 120 p.
- DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Directiva 2001/22/CEE. de la Comisión, 8 marzo, 2001.
- DOMENECH, X. y PERAL, J. (2006). Química ambiental de sistemas terrestres. Reverté. 239 p
- DOREA, J. 2008. Persistent, bioaccumulative and toxic substances in fish: Human health considerations. *Science of the Total Environment*. 22 p

- ESPAÑOL, S. 2001. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. En: Jornada internacional sobre el impacto ambiental del mercurio utilizado por la minería aurífera artesanal en Iberoamerica. Lima, Perú. 26, 27 y 28 de noviembre. 66 p.
- FALCO, G.; BOCIO, J. LLOBET, J. y DOMINGO, J. 2005. Health risks of dietary intake of environmental pollutants by elite sportsmen and sportswomen. *Food and Chemical Toxicology* 43: 1713 – 1721.
- FLAHERTY, C., SASS, G. y STILES, K. 2003. Human Mercury Toxicity and Ice Angler Fish Consumption: Are people Eating Enough to Cause Health Problems?. *Risk Analysis*. 23: 497 – 504.
- FLORES, C. 2008. Estudio de Dieta Total. Estimación de la ingesta de Acrilamida en la población Valdiviana. Tesis, Escuela de Ingeniería en Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. 81 p
- GARCÍA, L. ROBLES, M y VALENZUELA, E. 1999. Las metalotioneínas y su relación con la toxicidad del cadmio en los mamíferos. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 15(2): 113-120.
- GARCÍA, M.; ALONSO, J. LOIRA, L. y MELGAR, M. 2007. Mercury content in tinned mussels, common cockles and razor shells commercialized in Galicia (Spain). *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 5(5): 379-383.
- GALVAO, L. y COREY, G. 1987. Mercurio. Serie Vigilancia N° 7. México: “Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.” Organización Panamericana de la Salud.
- GIL, M.; TORRES, A. HARVEY, M. y ESTEVES, J. 2006. Heavy metals in marine organisms from the coastal zone of Continental Argentine Patagonia. *Biología Marina y Oceanografía* 41(2):167–176.
- GISBERT y VILLANUEVA, 2005. *Medicina Legal y Toxicología*. Elsevier, España 1394 p.
- HSU, C., LIU, P., CHIEN, L., CHOU, S. y HAN, B. 2006. Mercury concentration and fish consumption in Taiwanese pregnant women. *International Journal of Obstetrics and Gynaecology*. 114: 81 – 85.
- JALÓN, M., URIETA, I., MACHO, L. y AZPIRI, M. 1997. Vigilancia de la contaminación química de los alimentos en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Victoria-Gasteiz, Servicio Central de publicaciones del Gobierno Vasco. España.
- LANGWORTH, S. y STORNBORG, R. 1996. A case of high mercury exposure from dental amalgam. *European Journal of Oral Sciences*. 104: 320 - 321.

- LAUWERYS, R. 1994. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. Traducido por Josep Antoni Martí I Mercadal. España. Elsevier. 640p.
- LEE, S.; CHO, Y. PARK, S. KYE, S. KIM, B. HAHM, T. KIM, M. LEE, J. y KIM. C. 2006. Dietary exposure of the Korean population to arsenic, cadmium, lead and Mercury. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19: 31 –37.
- LI, X.W. GAO, J.Q. y CHEN, J.S. 2006. Chinese total diet study in 2000--the dietary mercuric intakes. *Wei Sheng Yan Jiu*. 35 (3):323-325.
- LLOBET, J., FALCO, G., CASAS, C., TEIXIDO, A. y DOMINGO, J. 2003. Concentrations of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Common Foods and Estimated Daily Intake by Children, Adolescents, Adults, and Seniors of Catalonia, Spain. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 51: 838 - 842.
- MUÑOZ, O., DEVESA, V., SUÑER, M., VÉLEZ, D., MONTORO, R., URIETA, I., MACHO, M. y JALÓN, M. 2000. Total and Inorganic Arsenic in Fresh and Processed Fish Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 4369-4376.
- MUÑOZ, O., BASTIAS, J., ARAYA, M., MORALES, A., ORELLANA, C., REBOLLEDO, R. y VELEZ., D. 2005. Estimation of the dietary intake of cadmium, lead, mercury and arsenic by the population of Santiago (Chile) using a Total Diet Study. *Food and Chemical Toxicology*. 43: 1647 - 1655.
- MUÑOZ, A. BARCA, A. JIMENEZ, K. LUCHSLINGER, V. O' RYAN, M. RIPOLL, M. VALENZUELA, T. y VERGARA, R. 2007. Seguridad de las vacunas que contienen timerosal: Declaración del Comité Consultivo de Inmunizaciones (CCI) de la Sociedad Chilena de Infectología. *Revista Chilena Infectología*. 24 (5): 372-376.
- NEBEL, B. 1999. Ciencias Ambientales: ecología y desarrollo sostenible. 6ª. Ed. Prentice-Hall, México. 698pp.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2005. El mercurio en el sector de la Salud. Ginebra . 3 p.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN Y LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. FAO/OMS. 1985. Orientaciones para el Estudio de las Ingestas Alimentarias de Contaminantes Químicos. Publicación en Offset 87, (OMS, Ginebra), p. 114.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN Y LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. FAO/OMS. 2008. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comité del Codex sobre contaminantes de los alimentos. Segunda reunión.

- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD Y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OPS/OMS. 1978. Criterios de Salud Ambiental N°1: Mercurio. WASHINGTON, D.C, p. 64-68.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD Y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OPS/OMS. 1980. Criterio de Salud Ambiental 6. Principio y Método para Evaluar la Toxicidad de las Sustancias Químicas. Parte I. Organismo Panamericano de la Salud. Washington.
- OROZCO, 2003. Contaminación ambiental; Una visión desde la química. Madrid, España. Thomson. 682 p.
- ORTEGA, J.; ,FERRIS, J. LOPEZ, A. MARCO, A, GARCIA, J. CANOVAS, A. ORTI, A. IBIZA, E. MOLINA, F. y LORENTE, D. 2003. Hospitales sostenibles (parte II). Mercurio: Exposición Pediátrica. Efectos adversos en la salud humana y medidas de preventivas. Revista Española Pediátrica. 59: 274-291.
- PAREDES, M. 1998. Determinación de Metales Pesados en dos Especies de Bivalvos del Estuario de Valdivia y la Bahía de Corral (X Región) Mediante Análisis Electroquímico. Tesis, Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile 57 pp
- PIOTROWSKI, J. y COLEMAN, D. 1980. Environmental Hazards oh Heavy Metals; Summary Evaluation of lead, Cadmium and Mercury; a General Report. London, GB: MARC; UNEP; Chelsea College, p. 43.
- PIRRONE, N. MUNTHE, J. BARREGARD, L. EHRLICH, H. PETERSEN, G. FERNANDEZ, R. HANSEN, C. GRANDJEAN, P.HORVAT, M. STEINNES, E. AHRENS, R. PACYNA, J. BOROWIAK, A. BOFFETTA, P. y WICHMANN, M. 2001. EU Ambient Air Pollution by Mercury (Hg) .Position Paper. Office for Official Publications of the European Communities, 2001. Submitted by Italy (available on <http://europa.eu.int/comm/environment/air/background.htm#mercury>).
- POWER, M., KLEIN, G., GUIGUER, K. y KWAN, M. 2002. Mercury accumulation in the fish community of a sub-Arctic lake in relation to tropic position and carbon sources. Journal of Applied Ecology. 39: 819 – 830.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA). 2002. Evaluación Mundial sobre el Mercurio. En Ginebra. 24 p
- REILLY, C. 2002. Metal contamination of food. Its significance for food quality and human health. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK.
- REPETTO, M., GUIJARRO, R., DEL PESO, A. y REPETTO, G. 1999. Intoxicaciones por diversos compuestos de mercurio: clínica y tratamiento. Instituto Nacional de Toxicología. Sevilla. 56: 55 – 60.
- REPETTO, M. 2005. Toxicología avanzada. Díaz de Santos. 621 p.

- RONCHETTI, R.; ZUURBIER, M. JESENAK, M. AHMED, U. CECCATELLI, S. y VILLA, M. 2006. Children's health and mercury exposure. *Acta Paediatrica*. 95: 36 – 44.
- RUBIO, C.; GUTIERREZ, A. BURGOS, A. y HADRISSON, A. 2008. Total dietary intake of mercury in the Canary Islands, Spain. *Food Additives and Contaminants*. 25 (8):946-52.
- RUELAS, J.; MEZA, G. y PAEZ, F. 2008. Mercury in fish that are of dietary importance from the coasts of Sinaloa (SE Gulf of California). *Journal of Food Composition and Analysis*. 21: 211–218.
- SHIM, S.; DORWORTH, L. LASRADO, J. y SANTERRE, C. 2004. *Journal of Food Science*. Mercury and Fatty Acids in Canned Tuna, Salmon, and Mackerel. 69: 681 – 684.
- SINELL, H. J. 1981. *Introducción a la higiene de los alimentos*. Zaragoza, España. Acribia. 167 p.
- SMOCOVICH, M. 2000. *Emergencias químicas provocadas por mercurio y sus compuestos. Su prevención y control*. Tesis Magíster en Emergencias Químicas. Villa Martelli, Universidad de General San Martín. Escuela de Posgrado. 107 p
- SPIRO, T y STIGLIANI, W. 2004. *Química medioambiental*. Madrid, España. Pearson Educación, S. A. 520 p.
- SRRIIRRIER, S. 1996. A case of high mercury exposure from dental amalgam. *European Journal of Oral Sciences*. 104: 320 - 321.
- URIETA, I.; JALÓN, M. GARCÍA, J. y GONZÁLEZ DE GALDEANO, L. 1991. Food surveillance in the Basque country (Spain) I. The design of a total diet study. *Food Additives and Contaminants*. 8: 371-380.
- URIETA, I.; JALÓN, M. y EGUILEOR, I. 1996. Food surveillance in the Basque Country (Spain) II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M₁, Iron and Zinc through the Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*. 13: 29-52.
- U.S.A. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TOXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES ATSDR. 1999. *Reseña Toxicológica del Arsénico (versión para comentario público) (en inglés)*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.
- USA. FDA. 2002. *FDA's Total Diet Study: Monitoring U.S. Food Supply Safety*. In: Series Editor Catherine "Kitty" Bailey. *Food Safety Magazine*. 8 p.

- VALLE, L. y LUCAS, B. 2000. Toxicología de Alimentos. Instituto Nacional de salud publica. Centro Nacional de Salud Ambiental. Mexico, D.F. 261 p.
- WALDBOTT, G.L. (1973). Health effect of environmental pollutants. The C.V. Mosby Co, St. Louis, U.S.A.
- WANG, X. y YU, R. 2002. Trace metals assimilation and release budget in *Daphnia magna*. *Limnology and Oceanography*. 47 (2): 495-504.
- YAMASHITA, Y., OMURA, Y. y OKAZAKI, E. 2005. Total mercury and methylmercury levels in commercially important fishes in Japan. *Fisheries Science*. 71: 1029 – 1035.
- YSART, G.; MILLER, P. CREWS, H. ROBB, P. BAXTER, M. DE L'ARGY, C, LOFTHOUSE, S. SARGENT, C. y HARRISON, N. 1999. Dietary exposure estimates of 30 elements from the UK Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*. 16: 391 - 403.

ANEXOS

ANEXO 1

Consentimiento informado: Estudio Dieta Total



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA SER ENCUESTADO SOBRE HABITOS ALIMENTICIOS MEDIANTE ENCUESTA RECORDATORIA DE 24 HORAS

Don (ña) _____ DE _____ AÑOS DE EDAD
(Nombre y Apellidos del Encuestado)

TELEFONO _____ Y CON DOMICILIO EN _____

Desea que los resultados de esta investigación le sean informados SI _____ NO _____

Email _____ @ _____

Certifico que he recibido explicaciones tanto verbales como escritas (Anexo 1), sobre la naturaleza y propósitos del Estudio de Dieta total y de la encuesta recordatoria de 24 horas (Anexo 2), habiendo tenido ocasión de aclarar las dudas que me han surgido. Por ello, en total conocimiento estoy de acuerdo en:

- 1 Ser encuestado sobre mis hábitos alimenticios y
- 2 Permitir que la información obtenida (Sin mi Nombre) sea utilizada para fines de investigación

Estando satisfecho con la información recibida, firmo este consentimiento para participar en el Estudio de Dieta Total

Firma del Encuestado

Firma del Encuestador

En la ciudad de _____ a _____ / _____ / 200 _____



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

PROYECTO: Estudio de Dieta Total: Estimación de la Ingesta de Mercurio en la Población Valdiviana.

El propósito de este proyecto es determinar la dieta promedio (típica) de las poblaciones en estudios con la finalidad de determinar cuales son los alimentos más consumidos en las localidades investigadas, para luego analizar en los alimentos los contenidos de Mercurio (sustancia química tóxica). Una vez que se tengan tanto los datos de consumo (obtenidos por las encuestas recordatorias de 24 horas) como los contenidos de mercurio en los alimentos, se determinará la ingesta de dicha sustancia. Los datos obtenidos permitirán determinar cuales son los alimentos que presentan los contenidos más altos de este tóxico así como el posible riesgo para la salud que podría presentar el consumo de un determinado alimento. Paralelamente se compararán los resultados con los niveles máximos permitidos por los organismos internacionales y con la legislación chilena

ANEXO 2

Encuesta nutricional recordatoria de 24 horas



UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS

ENCUESTA NUTRICIONAL

IDENTIFICACIÓN
NÚMERO □□□□

(voluntaria)

Nombre:.....

Dirección:.....Teléfono:.....

Encuestador Identificación de iniciales □□□□

Día y mes en que se realiza la entrevista □□/□□/200__

Hora de la entrevista □□:□□ horas

1.- Con respecto al día de Ayer: marque con una X

El día de ayer fue	Laboral	<input type="checkbox"/>
	No laboral (día libre)	<input type="checkbox"/>
	Víspera de feriado	<input type="checkbox"/>
	Feriado	<input type="checkbox"/>
El día de ayer fue	Lunes	<input type="checkbox"/>
	Martes	<input type="checkbox"/>
	Miércoles	<input type="checkbox"/>
	Jueves	<input type="checkbox"/>
	Viernes	<input type="checkbox"/>
	Sábado	<input type="checkbox"/>
	Domingo	<input type="checkbox"/>
El tipo de alimentación realizada en el día de ayer	Fue como la de cualquier otro día	<input type="checkbox"/>

Fue un día diferente al habitual
Ayer estuve enfermo

ANTROPOMETRÍA

2. **Sexo**
 1. Hombre 2. Mujer
3. EDAD años
4. PESO: Kg.
5. ESTATURA , m

HÁBITOS ALIMENTARIOS

6. **¿Habitualmente cuáles de las siguientes comidas realiza?**

1... si 2....no

- Desayuno antes de salir de casa
- Media mañana
- No desayuna.....
- Almuerzo.....
- Once
- Cena
- Comer entre horas
- Otros

7. **¿Con qué frecuencia (cantidad de veces) come o cena en:**

Casa de amigos, familiares o compañeros
 Restaurant
 Fast Food (Hamburguesas, Sandwich)
 Cafetería del trabajo o comedor escolar

N	D	S	M	A

N: Nunca
D: diario
S: Semanal
M: Mensual
A: Anual

Encuesta Recordatoria de 24 horas

En esta encuesta **solo** se le pregunta por **las comidas del día de ayer**,

Nota: Las unidades solicitadas en esta encuesta son a modo de ejemplo:

- Cucharada (sopera) → colmada, raza
- Cucharadita (de té) → colmada, raza
- Taza → $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$.
- Vaso → $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$.
- Rebanadas o tajada
- Trozo (para carnes) → Grande, mediana, pequeña
- Unidad (1 pan, 1 manzana etc), → Grande, mediana, pequeña
- Porción o plato

8. Desayuno: (**Describir**).....

Ítem	Alimento	Especificar	Cantidad	Gr.
1	Pan (Blanco, Integral, Otro, etc., Especificar)			
2	Agregado (mermelada, palta, queso cecinas, paté, mantequilla, margarina Etc, Especificar)			
3	Bebida de acompañamiento (Té, Café, Leche, Café c/leche, Jugo de frutas..etc., Especificar)			
4	Edulcorante (Azúcar, sacarina, aspartame, etc, Especificar)			
5	Otro (galletas, yogurt, cereal Especificar)			

9. Entre comida: (yogurt, galletas, fruta, bebida, ..etc **Describir**)

.....

10. Almuerzo: (*Describir*).....

.....

Ítem	Alimento	Especificar	Cantidad	Gr.
1	Plato principal Especificar			
2	Plato secundario Especificar			
3	Postre (Especificar)			
4	Bebida de acompañamiento (Bebida Gaseosa, cerveza, Vino, Jugo de frutas..etc., Especificar)			
5	Otro Especificar			

11. Entre comida:(yogurt, galletas, fruta, bebida,..etc. *Describir*).....

.....

12. Once: (*Describir*)

.....

Ítem	Alimento	Especificar	Cantidad	Gr.
1	Pan (Blanco, Integral, Otro, etc., Especificar)			
2	Agregado (mermelada, huevos palta, queso cecinas paté, mantequilla, margarina etc., Especificar)			
3	Bebida de acompañamiento (Té, Café, Leche, Café c/leche, Jugo de frutas..etc., Especificar)			
4	Edulcorante (Azúcar, sacarina, aspartame, etc., Especificar)			
5	Otro (galletas, helados, yogurt, cereal Especificar)			

13. Entre comida: (*Describir*)

.....

14. Cena: (*Describir*)

.....

Item	Alimento	Especificar	Cantidad	Gr.
1	Plato principal (sopa, guiso, etc. Especificar)			
2	Plato secundario (Sopa, Guiso Especificar)			
3	Ensalada (lechuga, tomate, etc Especificar)			
4	Aliños (limón, vinagre, aceite [oliva, maravilla, etc.] Especificar)			
5	Postre(Especificar)			
6	Bebida de acompañamiento (Bebida Gaseosa, cerveza, Vino, Jugo de frutas..etc., Especificar)			
7	Otros (Especificar)			

15. Otros: (aperitivo, licor, etc., *Describir*)

.....

ANEXO 3

Alimentos consumidos por la población (gramos), los cuales representan un valor bajo del 2% del consumo total promedio

PAN (g)		DERIVADOS LACTEOS		VEGETALES	
Pan molde	2,96	Manjar	1,77	Pepinos	3,64
Pan pita	0,52	Queso crema	0,79	Coliflor	3,37
Pan baguette	0,52	Total	2,55	Apio	3,19
Pan pollito	0,52	CARNES		Repollo	2,36
Pan centeno	0,46	Cordero	0,52	Pimentón	1,84
Total	4,99	Guatita	0,26	Puerros	1,26
CEREALES		Pana de pollo	0,26	Picle	1,05
Harina tostada	0,52	Carne mongoliana	0,26	Cilantro	1,04
Calzones rotos	0,42	Total	1,31	Aceitunas	1,01
Picaron	0,39	DERIVADOS CARNICOS		Palmitos	0,86
Cereal integral	0,27	Salame	0,26	Acelgas	0,79
Milcao	0,26	Cecina jamonada	0,21	Alcachofa	0,52
Mote trigo	0,26	Salchichón cerveza	0,10	Ensalada rusa	0,52
Cereales	0,25	Total	0,58	Champiñón	0,50
Avena quacker	0,17	BEBIDAS NO ALCOH.		Cochayuyo	0,39
Barra de cereal	0,14	Té	1,93	Perejil	0,27
Milo	0,14	Café	1,67	Chucrut	0,26
Palomitas	0,09	Mate	1,24	Carne de soya	0,24
Barra cereal linaza	0,05	Batido herbalife	0,55	Brócoli	0,20
Chocapic	0,04	Te verde	0,26	Pepinillos	0,20
Cereal multi chirrios	0,01	Café Ecco	0,05	Ají verde	0,16
Total	3,02	Te de hierbas	0,05	Espárragos	0,10
AZÚCARES		Manzanilla	0,02	Digueñes	0,05
Alfajor chocolate	0,84	Te de amareto	0,01	Diente de dragón	0,01
Papas fritas (bolsa)	0,79	Total	5,77	Total	23,84
Turrón	0,65	FRUTAS		ALIÑOS	
Jugo en polvo	0,29	Ciruelas	2,02	Mostaza	0,30
Doritos	0,26	Membrillo	1,83	Salsa boloñesa	0,21
Morocho	0,24	Mandarina	1,68	Orégano	0,20
Súper 8	0,20	Mix de frutas	1,31	Salsa americana	0,20
Caramelos/calugas	0,19	Frutillas	1,05	Ketchup	0,16
Chancaca	0,13	Nalca	0,79	Salsa de carne	0,12
Cheetos	0,13	Murta	0,79	Pimienta	0,11
Negrita	0,12	Kiwi	0,65	Caldo maggi caluga	0,08
Kit kat	0,12	Piñones	0,35	Ají	0,07
Twistos (bolsa)	0,10	Pasas	0,26	Vinagreta	0,05
Alfajor Nutrabien	0,10	Frambuesas	0,17	Ajo	0,03
Ramitas de queso	0,07	Total	10,89	Comino	0,11
Ramitas	0,07	BEBIDAS ALCOHÓLICAS		Total	1,64

Golazo	0,07	Ron	0,92	GRASAS Y ACEITES	
Bon o bon	0,04	Pisco	0,73	Aceite de oliva	0,12
Total	4,43	Ponche	0,52	Manteca vegetal	0,10
PESCADOS Y MARISCOS		Bailys	0,26	Aceite maravilla	0,05
Piures crudos	0,26	Amareto souer	0,18	Aceite balsámico	0,01
Hamb pescado	0,18	Wisky	0,18	Total	0,16
Jaiva	0,16	Licor de manzanilla	0,16	LEGUMIN. Y NUECES	
Luche	0,16	Menta frape	0,10	Maní	0,79
Camarones	0,08	Licor de anís	0,10	Nueces	0,13
Total	0,84	Total	3,17	Total	0,92
				LECHE	
				Semidescremada	2,09
				Leche condensada	1,68
				Total	3,77

ANEXO 4

Sistema de adquisición de los alimentos. Marcas de alimentos adquiridos en cada muestreo

Grupos	Muestras		
1. Pan	M1	M2	M3
Hallulla	Santa Isabel	Bigger	Único
Amasado	Casero 1	Casero 2	Casero 3
Integral	Santa Isabel	Bigger	Único
Marraqueta	Santa Isabel	Bigger	Único
Pan molde	Ideal		
Pan pita		Santa Isabel	
Pan baguette			Único
2. Cereales	M1	M2	M3
Arroz	Oregon	Aconcagua	Miraflores
Pastas	Carozzi	Aconcagua	Lucketti
Galletas choco chip	2en1	M ^c kay	Costa
Galletas soda	2en1	M ^c kay	Costa
Galletas obleas	2en1	M ^c kay	Costa
Sopaipillas	Casa 1	Prefrita Líder	Casa 2
Harina de trigo	Collico	Líder	Selecta
Galletas salvados	Selz	M ^c kay	Costa
Harina tostada	Mariposa		
Calzones rotos		Santa Isabel	
Picarones			Vocatto
3. Azúcares	M1	M2	M3
Pasteles	Torta (Selva Negra) Bigger	Queque, Santa Isabel	Pie De Limón
Azúcar	Líder	Bonanza	Dama Blanca
Chocolates	Nestle (Sanne Nuss)	Costa Milk	Ambrosoli (Bitter)
Mermeladas	Mora Malloa	Mora Los Lagos	Morawatts
Alfajor de chocolate	Arcor		
Papas fritas		Kryspo	
Turrón			2 En 1
4. Leche	M1	M2	M3
Entera	Colun	Loncoleche	Soprole
Saborizadas	Soprole (Chocolate)	Loncoleche (Plátano)	Parmalat (Frutilla)
Polvo	Colun	Calo	Purita Cereal
Descremada	Colun	Nestle	Calo
Cultivada	Nestle Frutilla	Soprole Frutilla	Colun

Semidescremada	Loncoleche S/ Lact		
Condensada		Nestle	Nestle
5. Papas	M1	M2	M3
	Santa Isabel	Único	Feria
6. Carnes	M1	M2	M3
Vacuno	Prodea	Único	Biguer
Pollo	Prodea	Único	Biguer
Cerdo	Santa Isabel	Único	Biguer
Pavo	Prodea	Único	Biguer
Guaitita	Santa Isabel		Santa Isabel
Pana de pollo		Unico	
7. Derivados Cárnicos	M1	M2	M3
Mortadela	Aldus	Pacel	Super
Longaniza	Felco	Pacel	Llancahue
Pateé	Perelló	Super Pollo	Don Cerdo
Jamón	PF	Winter	Super
Vienesas	Felco	Pacel	Llanquihue
Hamburguesas	Til	King	Montina
Salame	Felco		
Cecina jamonada		Don Cerdo	
Salchichón cerveza			La Valdivia
8. Beb. No alcohólicas	M1	M2	M3
Agua	Sector Las Animas	Sector Isla Teja	Sector San Luis
Gaseosas	Coca-Cola	Rap-Piña	Fanta
Jugos envasados	Parmalat (Durazno)	Colun(Durazno)	Watt`S
Agua mineral	Cachantun	Vital	Dassani
Te	Ceylon Tea Emblem		
Café		Nescafe	
Mate			Taragui
9. Bebidas Alcohólicas	M1	M2	M3
Cerveza rubia	Cristal Negra	Hainecken	Escudo
Cerveza negra	Brama Porter	Cristal Rubia	Bock Kunstman
Vino tinto	Fresco	Gato	Tocornal
Vino blanco	Fresco	Clos De Pirque	Santa Rita
Malta	Morenita	Morenita	Morenita
Chicha	Artesanal	Artesanal	Artesanal
Ron	Cacique		
Pisco		Capel	
Ponche			Artesanal
10. Huevos	M1	M2	M3
	Copita	De Talca	De Campo
11. Grasas y Aceites	M1	M2	M3
Mayonesa	Hellmann`S	Maggi	Líder
Aceite vegetal	La Reina	Miraflores	Ibian

Mantequilla	Soprole	Colun	Calo
Margarina	Doña Juanita	Soprole	Dorina
Aceite de oliva	La Crianza		
Manteca		Bellmont	
Aceite maravilla			Natura
12. Pescados y mariscos	M1	M2	M3
Merluza	Feria Fluvial	Feria Fluvial	Feria Fluvial
Atún	Feria Fluvial	Deycomar	Esmeralda
Salmón	Feria Fluvial	Robinson Crusoe	Feria Fluvial
Róbalo	Feria Fluvial	Feria Fluvial	Feria Fluvial
Tacas	Ecofish	Feria Fluvial	Feria Fluvial
Jurel	La Bonita	Pacifico	San Pedro
Mix mariscos	Angelmo	Lider	Robinson Crusoe
Pejerrey	Feria Fluvial	Feria Fluvial	Feria Fluvial
Choritos	Feria Fluvial	Feria Fluvial	Feria Fluvial
Piures		Feria Fluvial	
Hamb. de pescado	Junaeb		
Jaivas			Feria Fluvial
13. Leguminosas y nueces	M1	M2	M3
Lentejas	Oregon	Granel	Granel
Choclo	Wasil (Envasado)	Granel	Cong. Sup. Único
Porotos	Oregon	Campo Lindo	Banquete
Arvejas	Oregon	Granel	Lo Mejor Del Campo
Maní	S/Sal		S/Sal
Nueces		Frutitos	
14. Derivados Lácteos	M1	M2	M3
Yogurt	Los Alerces	Colun	Soprole
Queso chanco	San Rafael	Cutum	Las Parcelas
Queso gauda	Colun	Colgué	Dos Álamos
Quessillo	Quillalles	Soprole	Cuenco
Helado	Bressler	Savory (Chocolito)	Doggis
Sémola con leche	Nestle	Soprole	Soprole
Arroz con leche	Soprole	Soprole	Soprole
Flan	Nestle	Parmalat	Soprole
Crema	Nestle	Parmalat	Soprole Light
Manjar		Colun	Langer
Queso crema	Colun		
15. Vegetales	M1	M2	M3
Tomate	Feria	Líder	Lider
Lechuga	Feria	Doite	Lider
Palta	Hass Bigger	Hass	Lider
Arvejas	Wasil	Julienne	Lider
Zapallo	Peruano (Junaeb)	Feria	Lider
Cebolla	Peruano (Junaeb)	Feria	Lider
Porotos verdes	Cong. sup. Unico	Julienne	Lider
Zanahorias	Feria	Unico	Lider

Betarraga	Superm. Unico	Feria	Lider
Pepino	Bigger		
Coliflor		Bigger	
Apio			Lider
16. Frutas	M1	M2	M3
Manzana	Feria	Unico	Lider
Durazno	Cons. Dos Caballos	Unico	Lider
Naranjas	Feria	Unico	Lider
Limón	Frescolin	Natural Unico	Feria
Plátano	Feria	Unico	Lider
Uvas	Manzana	Con. Pommerening	Manzana
Pera	Desh. Altotacruz	Unico	Lider
Castaña	Perello	De Cuaju, El Granero	Cuaju, Millantu (Desh)
Piña	Wasil	Con. Pommerening	Conserva, Lider
Ciruelas	Feria		
Membrillo		Conserva, Perello	
Mandarinas			Conserva, Demaria
17. Aliños	M1	M2	M3
Salsa de tomate	Carozzi	San Remo	Danpezzo
Sopa fideo	Knorr	Natureza	Maggi
Sopas espárragos	Knorr	Natureza	Maggi
Sopa verduras	Knorr	Natureza	Maggi
Sal	Lobos	Salt	Biosal
Mostaza	JB		
Boloñesa		Lucketti	
Orégano			Marco Polo

ANEXO 5

Aporte (gramos/persona/día) de cada alimento en la Dieta Total y el % de cada uno para el posterior análisis

PAN		%	CARNES		%
Pan blanco	173,8	71,1	Vacuno	47,8	61,7
Pan amasado	44,2	18,1	Pollo	18,1	23,3
Pan integral	11,5	4,7	Cerdo	8,6	11,1
Pan marraqueta	9,8	4,0	Pavo	1,7	2,2
Otros	5,0	2,0	Otras carnes	1,3	1,7
Total	244,3	100,0	Total	77,5	100,0
CEREALES			DERIVADOS CARNICOS		
Arroz	44,3	42,6	Mortadela	8,8	21,9
Pastas	21,9	21,0	Longanizas	8,0	19,9
Galletas	17,9	17,2	Paté	6,9	17,1
Sopaipillas	10,2	9,8	Jamón	6,5	16,2
Harina de trigo	4,4	4,2	Vienesas	6,0	14,9
Galletas de salvado de trigo	2,3	2,2	Hamburguesas	3,5	8,6
Otros	3,0	2,9	Otros	0,6	1,4
Total	104,0	100,0	Total	40,4	100,0
AZÚCARES			BEBIDAS NO ALCOHOLICAS		
Pasteles	30,4	45,3	Agua	331,6	61,5
Edulcorantes	14,4	21,5	Bebidas gaseosas	103,0	19,1
Chocolate	7,7	11,5	Jugos envasados	82,2	15,2
Mermeladas	6,5	9,6	Agua Mineral	17,0	3,2
Jaleas	3,7	5,5	Otros refrescos	5,8	1,1
Otros productos dulces	4,4	6,6	Total	539,6	100,0
Total	67,0	100,0	BEBIDAS ALCOHOLICAS		
LECHE			Cerveza	24,9	49,3
Leche entera	63,0	54,1	Vino tinto	14,0	27,9
Leches saborizadas	19,1	16,4	Vino blanco	5,2	10,3
Leche en Polvo	18,4	15,8	Malta	2,1	4,2
Leche descremada	7,4	6,4	Chicha	1,0	2,1
Leche cultivada	4,7	4,1	Otros	3,2	6,3
Otras	3,8	3,2	Total	50,4	100,0
Total	116,4	100,0	HUEVOS		
PAPAS			Huevos	13,1	
Papas	129,0		Total	13,1	100,0
Total	129,0	100,0	VEGETALES		
ALIÑOS			Tomates	70,8	29,4
Salsa de tomate	12,5	69,8	Lechuga	38,8	16,1
Sopas envasadas	1,9	10,9	Palta	32,9	13,6
Sal	1,8	10,1	Arvejas	32,6	13,5
Otros condimentos	1,6	9,2	Zapallo	14,8	6,2

Total	17,8	100,0	Cebolla	10,8	4,5
GRASAS Y ACEITES			Porotos verdes	6,2	2,6
Mayonesa	5,9	37,5	Zanahorias	5,4	2,3
Aceite vegetal	5,3	34,0	Betarraga	5,0	2,1
Mantequilla	2,5	15,8	Otros vegetales	23,8	9,9
Margarina	1,7	10,9	Total	241,3	100,0
Otros	0,3	1,8	FRUTAS		
Total	15,7	100,0	Manzana	23,3	26,0
DERIVADOS LÁCTEOS			Durazno	10,5	11,8
Yogurt	57,5	51,0	Naranja	10,4	11,7
Queso	30,2	26,8	Limon	9,9	11,1
Helado	9,8	8,7	Platano	9,7	10,8
Postres	9,6	8,5	Uvas	5,4	6,1
Crema	3,1	2,8	Pera	5,0	5,6
Otros	2,6	2,3	Castaña	2,5	2,8
Total	112,8	100,0	Piña	1,9	2,1
PESCADOS Y MARISCOS			Otras frutas	10,9	12,2
Sierra	4,2	22,5	Total	89,6	100,0
Salmón	4,0	21,4	LEGUMINOSAS Y NUECES		
Atún	2,1	11,3	Lentejas	9,5	37,4
Congrio	2,1	11,3	Choclo	7,9	31,3
Machas	1,6	8,7	Porotos	6,3	24,9
Jurel	1,5	8,0	Arvejas	1,5	5,9
Mix mariscos	0,9	5,1	Otras	0,1	0,5
Pejerrey	0,8	4,5	Total	25,3	100,0
Choritos	0,5	2,7			
Otros	0,8	4,5			
Total	18,6	100,0			

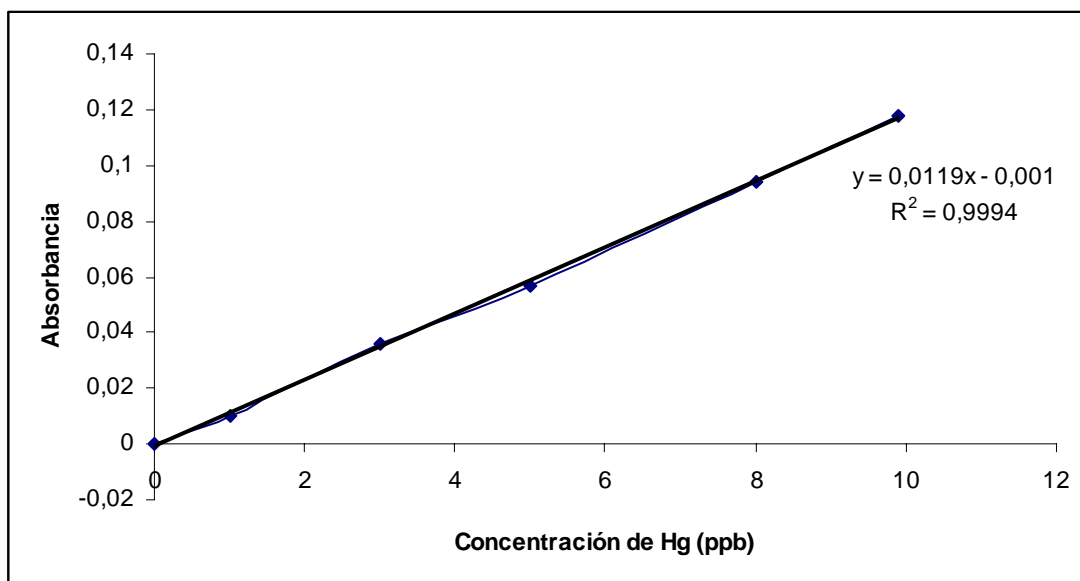
ANEXO 6

Curva patrón usada para el límite de detección de mercurio

Concentración (ppb)	Absorbancia
0	0
1	0,01
3	0,036
5	0,057
8	0,094
9,9	0,118

ANEXO 7

Curva de calibración para la determinación de Mercurio



ANEXO 8

Estudios de Dieta Total realizados a nivel mundial

País	Ingesta de mercurio ($\mu\text{g/day}$)	Referencia
Bélgica	Todos los alimentos: 13 de los cuales 2,9 es pescados Todos los aliemntos 6,5	Fouassin and Fondu, 1978 Buchet <i>et al.</i> 1983
Polonia	5,08 (grupos de edad 1-6 años) 5,43 (grupos de edad 6-18 años) 15,8 en adultos Para pescados: 7% de la ingesta total	Szprengier-Juszkiewicz, 1988 Nabrzyski and Gajewska, 1984
Alemania	0,8 pescado 0,2 todos los alimentos (excepto pescados y vegetales)	LAI, 1996
Croacia	Para pescado: 27,7 (total Hg) 20,8 (Metilmercurio)	Buzina <i>et al.</i> , 1995
España	4-8 (60-90 % pescados) en valencia Solo el 27% es pescado 18 de los cuales 10 son aportados por pescados. País Vasco	Moreiras <i>et al.</i> 1996 Urieta <i>et al.</i> , 1996
Suecia	1.8 (market-basket)	Becker and Kumpulainen, 1991
UK	2	MAFF, 1994
Finlandia	2	Kumpulainen and Tahvonen, 1989
Países Bajos	0.7	Van Dokkum <i>et al.</i> , 1989
República Checa	0.7	Ruprich, 1995
Brasil	315 - 448 (Amazon, Medeira river)	Boishio and Henshel, 1996
Japon	10 6.9 –11.0 24 (18 as Metilmercurio)	Tsuda <i>et al.</i> , 1996 Ikerashi <i>et al.</i> , 1996 Nakagawa <i>et al.</i> , 1997

FUENTE: PIRRONE *et al.*, 2002

ANEXO 9

Análisis de Varianza (ANOVA), mediante Test de Fisher, para concentración de Hg (ug/g), por grupos de alimentos

Mercurio			
Origen	Entre grupos	Inter grupos	Total Corregido
Suma de Cuadrados	40,5444	30,1515	70,6959
Grados de Libertad	16	64	80
Media	2,53402	0,471118	
Fisher	5,38		
Valor-p	0,0000		

ANEXO 10

Análisis de Varianza (ANOVA), mediante Test de Fisher, para Ingesta de Hg (ug/día), por grupos de alimentos

Mercurio			
Origen	Entre grupos	Inter grupos	Total Corregido
Suma de Cuadrados	108,71	31,207	139,917
Grados de Libertad	16	64	80
Media	6,79439	0,48791	
Fisher	13,93		
Valor-p	0,0000		

ANEXO 11

Test de Rango Múltiples para la Concentración de Mercurio (ug/g) por grupos de alimentos

<i>Alimentos</i>	<i>Nº de muestras</i>	<i>Log Concentración de Hg promedio</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Derivados Lácteos	6	-6,67671	X
Leche	5	-6,35824	XX
Carnes	3	-6,3105	XXX
leguminosas	4	-6,15882	XXXX
Frutas	6	-5,93824	XXXX
Huevos	5	-5,91379	XXXX
Pan	4	-5,7828	XXX
Azúcares	4	-5,76667	XXX
Derivados Cárnicos	4	-5,72813	XXX
Vegetales	4	-5,71088	XXX
Grasas y Aceites	4	-5,69475	XXXX
Bebidas Alcohólicas	4	-5,59338	XXXX
Aliños	6	-5,52409	XXXX
Bebidas no Alcohólicas	4	-5,36431	XXX
Papas	6	-5,32135	XX
Cereales	6	-4,81638	X
Pescados y Mariscos	6	-3,68343	X

ANEXO 12

Test de Rango Múltiples para la Ingesta de Mercurio (ug/día) por grupos de alimentos

<i>Alimentos</i>	<i>Nº de muestras</i>	<i>Log Ingesta de Hg Promedio</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Huevos	5	-3,47258	X
Leguminosas	4	-3,32418	XX
Grasas y Aceites	4	-2,97612	XXX
Aliños	6	-2,62119	XXX
Derivados Cárnicos	4	-2,0189	XXX
Carnes	3	-1,9715	XXX
Derivados Lácteos	6	-1,83702	XX
Bebidas Alcohólicas	4	-1,71394	X
Azúcares	4	-1,58009	XX
Frutas	6	-1,55971	XX
Leche	5	-1,48429	XX
Pescados y Mariscos	6	-0,767552	XX
Papas	6	-0,420061	X
Pan	4	-0,362909	X
Cereales	6	-0,160349	X
Vegetales	4	-0,152675	X
Bebidas no Alcohólicas	4	-0,931701	X