



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
Facultad de ciencias y tecnología de los alimentos

Trabajo integrador para optar al título de:
“Especialista en Calidad e Inocuidad de Alimentos”

**PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA LEGISLACIÓN ARGENTINA
COMO POLÍTICA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA: EL CASO DEL
MERCURIO**



Alumno: Lic. Soraya Raquel Bellini

Tutor: Dr. Juan Martín Oteiza

Año: 2020

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

El Hg es uno de los metales pesado que es tóxico en humanos, siendo el metil mercurio la especie que se bioacumula en organismos y genera mayor toxicidad. Este elemento fue utilizado por el hombre en la elaboración de interruptores eléctricos, como fluido de trabajo en bombas de difusión en técnicas de vacío, en la fabricación de rectificadores de vapor, termómetros, barómetros, tacómetros y termostatos, en la manufactura de lámparas de vapor de Hg, amalgamas y como incipientes en la elaboración de agroquímicos. En este trabajo se realizó un relevamiento de las metodologías existentes para la determinación de Hg y que disponibilidad técnica tiene Argentina. Además, se realizó un relevamiento de distintas legislaciones a nivel mundial, las alertas de Hg detectadas a nivel mundial en alimentos y que niveles de Hg se han encontrado en productos elaborados en Argentina. Con esta información se realizó una propuesta de ampliación para la Legislación Argentina en cuanto al contenido de Hg en alimentos.

Palabras claves: Mercurio, alimentos, legislación, metodología, alerta.

*A mi familia que siempre me
acompaña en los objetivos
que me propongo.*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. BIOMAGNIFICACIÓN Y TOXICIDAD	11
1.2. SITUACIÓN MUNDIAL	12
1.3. SITUACIÓN DE ARGENTINA	14
2. OBJETIVO DEL TRABAJO	15
3. METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE Hg EN ALIMENTOS	16
3.1. ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON VAPOR FRÍO (CV-AAS)	17
3.2. ESPECTROMETRÍA DE MASAS (ICP-MS)	17
3.3. ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO (GF-AAS)	18
3.4. ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA ATÓMICA (CV-AFS)	18
3.5. ANALIZADOR DE MERCURIO (DMA)	19
3.6. CUANTIFICACIÓN DE MERCURIO ORGÁNICO (ESPECIACIÓN)	19
4. CAPACIDAD ANALÍTICA INSTALADA EN ARGENTINA	20
5. LEGISLACIONES VIGENTES VINCULADAS CON EL CONTENIDO DE Hg EN ALIMENTOS	24
5.1. LEGISLACIONES VIGENTES A NIVEL NACIONAL	25
5.2. LEGISLACIONES VIGENTES A NIVEL INTERNACIONAL	29
6. RESULTADOS DE Hg EN ALIMENTOS DISPONIBLES A NIVEL NACIONAL	38
6.1. ANÁLISIS DE DATOS PROVISTOS POR CIATI	42
6.2. DATOS PROVISTOS POR EL SENASA	57
7. EVALUACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS CON RESPECTO A LEGISLACIONES VIGENTES	59
8. EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE Hg EN MERCADERÍAS DE IMPORTACIÓN (ALERTAS Y/O RECHAZOS).	62
8.1. HORIZONSCAN	63

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

8.2 SISTEMA DE ALERTA RÁPIDA PARA LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y PIENSOS (RASFF)	68
8.3 GOBIERNO DE CANADÁ	70
8.4. GOBIERNO DE HONG KONG	74
9. PROPUESTA DE TRABAJO	74
10. REFERENCIAS	79

TRABAJO INTEGRADOR

PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE LA LEGISLACIÓN ARGENTINA
COMO POLÍTICA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA: EL CASO DEL MERCURIO

1. INTRODUCCIÓN

El mercurio (cuyo símbolo en la tabla periódica es Hg) resulta ser un elemento químico, con número y peso atómico 80 y 200.59 respectivamente. Es un líquido blanco plateado a temperatura ambiente, con punto de fusión -38.4°C y punto de ebullición 357°C , ambos a presión atmosférica. Asimismo, es un metal noble, soluble únicamente en soluciones oxidantes.

El Hg forma, con algunos metales (por ejemplo: oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio), soluciones llamadas amalgamas. Es un metal pesado que existe naturalmente en el ambiente, el cual es altamente tóxico y persistente. Dicho metal y sus compuestos provienen de los tres estados de oxidación en que se puede encontrar a este elemento en el ambiente:

- **Mercurio elemental o metálico (Hg^0):** Se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente, aunque, como es muy volátil, se desprende fácilmente como vapor de Hg, el cual presenta gran estabilidad y puede permanecer en la atmósfera durante meses e incluso años (Clarkson *et al.*, 2006). En este estado se utiliza en interruptores eléctricos como material líquido de contacto, como fluido de trabajo en bombas de difusión en técnicas de vacío, en la fabricación de rectificadores de vapor, termómetros, barómetros, tacómetros y termostatos, y en la manufactura de lámparas de vapor de Hg. Los electrodos normales de calomel son importantes en electroquímica; se usan como electrodos de referencia en la medición de potenciales, en titulaciones potenciométricas y en la celda normal de Weston.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- **Compuestos inorgánicos:** Incluyen a los compuestos derivados del mercurio +1 (Hg^+) principalmente cloruro mercurioso (Hg_2Cl_2) o calomel y compuestos derivados del mercurio +2 (Hg^{2+}). Este último estado iónico, es el más abundante en el ambiente y generalmente se encuentra formando complejos de diferentes especies aniónicas como el cloro, azufre y oxígeno (Morel *et al.*, 1998; Clarkson *et al.*, 2006; Clarkson, 2002; UNEP, 2013).

- **Compuestos orgánicos:** El Hg puede unirse covalentemente a uno o más átomos de carbono proveniente de distintos grupos funcionales orgánicos, principalmente grupos metilo y etilo para formar metilmercurio y etilmercurio entre otros (Clarkson, 2002; UNEP, 2013).

Dentro de las principales fuentes naturales de Hg, se mencionan las erosiones de rocas, suelos y erupciones volcánicas, y la minería e industria petrolera (debido a que este elemento también se encuentra presente en combustibles fósiles, y minerales) lo que lleva a que distintas actividades antropológicas incrementen su liberación a la atmósfera, suelos y agua (Clarkson, 2002; WHO, 2003).

Las diferentes especies participan del "ciclo biogeoquímico del mercurio" (Figura 1) que comienza con su liberación al medio a partir de la erosión de rocas que contienen dicho metal. Traslado el contenido de Hg tanto a aguas superficiales como subterráneas llegando finalmente a los océanos. El transporte y la dispersión del Hg^0 en la atmósfera y su desplazamiento e interconversión a especies solubles (mediante reacciones de óxido-reducción y metilación/demetilación) con retorno a los suelos y al agua a través de distintos procesos que incluyen la biotransformación de las distintas especies a través de organismos vivos (las reacciones de metilación/demetilación son llevadas a cabo por bacterias presentes en los cuerpos de agua) (Clarkson, 2002; Ruggieri *et al.*, 2017).

A diferencia de los ciclos de otros metales, el ciclo del Hg posee una fase atmosférica

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

dominante, por ello el Hg^0 es liberado hacia el aire en su forma de vapor. Esto lleva a una mayor exposición por parte de la población en general e inhalación de vapores, en el entorno ocupacional. Estudios realizados, estiman que las emisiones naturales de gases son las responsables de dos tercios del Hg que existe en la atmósfera, siendo las liberaciones provocadas por el hombre un tercio del total (Berlín, 1986; Burg y Greenwood, 1991). Asimismo, publicaciones más recientes estiman que entre el 40 y 75% del Hg atmosférico actual tiene como origen fuentes antropogénicas (Gaona, 2004). Estas fuentes principalmente proceden de la combustión del carbón, la explotación minera, la industria metalúrgica, la incineración de residuos y las plantas cloro-álcali. Estudios realizados en zonas industriales o cercanas a refinerías o minas de oro, principalmente de Norteamérica y Europa, calculan que actualmente el nivel promedio de Hg en el aire, es de 3 a 6 veces mayor que el que existía antes de la revolución industrial (WHO, 2003).

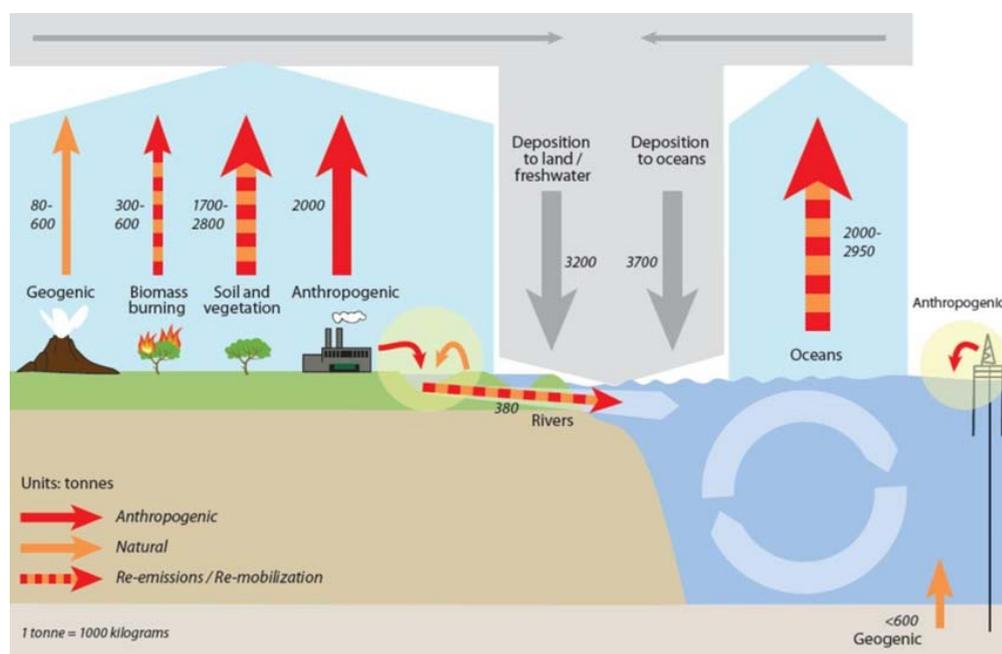


Figura 1: Ciclo biogeoquímico del mercurio (UNEP, 2013)

Existen otras actividades antrópicas, que se producen por la vida cotidiana de la

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

población. Por ejemplo, según ha reportado la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2003), las amalgamas dentales serían una de las principales fuentes de exposición al Hg para el ser humano, debido a la manipulación de dichas amalgamas y a la concentración del metal en diversos tejidos de los pacientes con amalgamas dentales (Taskinen *et al.*, 1989; IPCS, 1991; Halbach, 1994; Skare & Engqvist, 1994; Barregard *et al.*, 1995; Berdouses *et al.*, 1995; Enestrom & Hultman, 1995; Richardson, 1995; Richardson *et al.*, 1995; Sallsten *et al.*, 1996; Bjorkman *et al.*, 1997; Sandborgh-Englund *et al.*, 1998).

Por otra parte, se ha descrito que la concentración del vapor de Hg en la cavidad oral puede alcanzar niveles que promedian los 5 µg diarios, los cuales pueden ser mayores en aquellas personas que presentan bruxismo o consumen chicle con frecuencia (Clarkson *et al.*, 2006; WHO, 2003). Una reciente revisión de la literatura (Tibau *et al.*, 2019), la cual incluye datos provenientes de países altamente poblados como China, India, Brasil, Estados Unidos y los pertenecientes a la Unión Europea, coincide que las amalgamas dentales representan una importante, pero poco estudiada, fuente de contaminación global con Hg. Asimismo, otra de las principales fuentes de exposición al Hg°, principalmente en niños es la inhalación de los vapores por el mal manejo de pequeños derrames producidos por la ruptura principalmente de termómetros en el hogar (Lee *et al.*, 2009). Casi la totalidad de los estudios y datos reportados o revisados por los autores hasta aquí citados provienen de la población norteamericana o europea.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) considera a la incineración de los residuos hospitalarios como otra de las principales fuentes de emisiones de Hg al ambiente (Syversen *et al.*, 2012).

Actualmente, en Argentina existe legislación respecto al uso de termómetros de Hg. Ya en el año 2009 a través de la resolución 139/2009, el Ministerio de Salud de la Nación dictaminó un plan de minimización de la exposición y el reemplazo del Hg en el sector salud, procediendo a partir de dicha fecha, al reemplazo gradual de los insumos

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

hospitalarios que contienen Hg en gran parte del territorio argentino. Asimismo, en 2010, a través de otra resolución (274/2010) se prohibió en Argentina la producción, importación, comercialización o cesión gratuita de esfigmomanómetros de columna de Hg para la evaluación de la tensión arterial destinados al público en general, a la atención médica y veterinaria. Por otra parte, una de las acciones recientemente tomadas por SGADyS (Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación) fue prohibir a partir del 1º de enero de 2020, la fabricación, la importación y la exportación de productos con Hg, que abarca no solo insumos hospitalarios sino también a otros productos que lo contienen tales como pilas, baterías, lámparas fluorescentes, interruptores, biocidas, plaguicidas y antisépticos (Res. N° 75/19). Por otra parte, debido a su acción antiséptica, bactericida, fungicida, diurética y/o catártica los distintos compuestos inorgánicos de mercurio han sido ampliamente utilizados.

A pesar de lo expuesto anteriormente, actualmente el Hg puede encontrarse como ingrediente común en jabones y cremas destinados a aclarar la piel dado que sus sales inorgánicas inhiben la formación de melanina y le dan un tono más claro. Actualmente, el departamento de salud de California, ha detectado la presencia de Hg en cremas utilizadas por mujeres y en algunos casos por niños; y ha realizado un relevamiento de las cremas que contienen Hg en su composición.

En Argentina, el Hg se encuentra prohibido en este tipo de productos por regulación de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT). El Hg se encuentra también presente como timerosal (etilmercurio) en las vacunas multivirales ya que se utiliza como conservante y/o como sales de fenilmercurio en productos cosméticos como los destinados a retirar el maquillaje de ojos y las máscaras, donde también se lo emplea como conservante (PNUMA, 2008a; Ladizinski *et al.*, 2011). Por otra parte, se han encontrado restos de Hg en diferentes hierbas medicinales generalmente de origen asiático (PNUMA, 2008b). La industria de producción de cloro-álcali y soda cáustica; y la de fabricación de interruptores eléctricos, todavía emplean electrodos potenciométricos de Hg (Clarkson *et al.*, 2006; Syversen *et al.*, 2012).

1.1. BIOMAGNIFICACIÓN Y TOXICIDAD

Como mencionamos anteriormente, el Hg es un contaminante global y uno de los metales pesados que mayor toxicidad presenta en humanos. Su grado de toxicidad depende de la forma en la que se encuentre siendo las especies orgánicas, en concreto el metilmercurio y el dimetilmercurio, las formas más dañinas.

La entrada del metilmercurio en la cadena alimentaria parte de la formación de este compuesto gracias a la acción microbiana. Estas bacterias pueden ser consumidas directamente por seres vivos o excretar el metilmercurio pasando rápidamente al fitoplancton que a su vez consumirían otros organismos superiores en la cadena trófica. Como la tasa con la que los animales acumulan metilmercurio es más rápida que su capacidad de excretarlo, se produce un incremento de las concentraciones de Hg en la cadena trófica (biomagnificación). Las cadenas alimentarias acuáticas suelen tener niveles más altos que las terrestres, por lo que, la biomagnificación acuática suele llegar a valores mayores. Los peces que están en lo más alto de dicha cadena contienen las mayores concentraciones de Hg (principalmente en el tejido muscular), en consecuencia, el consumo de peces depredadores, mariscos o mamíferos marinos es la principal vía de contaminación con Hg en los seres humanos (Clarkson *et al.*, 2006; Poulin *et al.*, 2008; Gibb *et al.*, 2014). Peces como el atún, pez espada, mero y caballa, aptos para consumo humano, se pueden encontrar contaminados con metilmercurio, por lo que las comunidades que poseen una dieta rica en consumo de dichos peces, poseen mayor posibilidad de encontrarse más expuestas al Hg. Otros alimentos como el arroz, que crecen en sitios contaminados con Hg, representan también una gran fuente de exposición para ciertas comunidades (Basu *et al.*, 2018).

La toxicidad del Hg se produce por la alta afinidad que posee este elemento por los grupos SH, reemplazan al hidrógeno, pudiendo también reaccionar con grupos carboxilo, amida y fosforilo, lo que provoca graves alteraciones en proteínas con actividad enzimática, funciones de transporte y estructurales. Los efectos que provoca en humanos son principalmente a nivel de sistema nervioso, provocando la disminución

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

de la habilidad para aprender, pérdida de memoria, temblores, sordera, cambios en la visión, incoordinación de músculos y cambio en la personalidad. Otros efectos que pueden darse es daño al ADN y cromosomas, irritación de la piel, daño en el espermatozoides, defectos de nacimientos y abortos.

En mayor o menor grado, todas las poblaciones se encuentran expuestas al Hg con una gran variedad de formas e intensidades a lo largo del mundo (Poulin *et al.*, 2008; UNEP/WHO, 2008).

1.2. SITUACIÓN MUNDIAL

En el año 2001, distintas organizaciones mundiales comenzaron a evaluar las distintas fuentes de contaminación de Hg y cómo este elemento podía afectar a la salud humana. Ese mismo año, el consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), decide realizar una evaluación del Hg y de sus compuestos a nivel mundial, en la cual debía figurar información sobre las características químicas y las consecuencias en la salud, las fuentes, el transporte a larga distancia y las tecnologías de prevención y control referidas al mercurio. En 2003, examinó dicha evaluación y decidió que existían pruebas suficientes de las repercusiones nocivas a nivel mundial del Hg y sus compuestos que justificaban que se continuasen adoptando medidas a nivel internacional para disminuir los riesgos para la salud humana y el medio ambiente derivados de la liberación del Hg y de sus compuestos en el medio ambiente. A partir de este estudio se alentó a los gobiernos a que fijaran objetivos con el fin de reducir las emisiones y liberaciones de Hg. El PNUMA puso en marcha actividades de asistencia técnica y de fomento de la capacidad para cumplir dichos objetivos. El transporte del Hg en el medio ambiente de todo el planeta fue la razón fundamental para decidir que era preciso poner en marcha medidas de alcance mundial con objeto de hacer frente al problema de la contaminación por dicho metal en el medio ambiente. En consecuencia, para atender dichas inquietudes, se decidió establecer un programa sobre el Hg siendo este reforzado por iniciativa de los gobiernos en las decisiones acordadas por el Consejo de Administración del PNUMA en 2005 y en 2007.

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Por otro lado, en el 2005, se creó el Grupo de Trabajo denominado “Cero Mercurio” (ZMWG - <http://www.zeromercury.org/>). Este grupo es una coalición internacional de más de 110 organizaciones no gubernamentales de interés público ambiental y de salud de más de 55 países de todo el mundo formados por la Oficina Ambiental Europea y el Proyecto de Política de Mercurio. El ZMWG se esfuerza por lograr un suministro, demanda y emisiones de Hg cero de todas las fuentes antropogénicas con el objetivo de reducirlo al mínimo en el medio ambiente.

En noviembre del 2007, se realizó la primera reunión de trabajo para abordar el problema mundial del Hg. Se solicitó que se examinaran y evaluaran opciones de medidas voluntarias perfeccionadas, así como diferentes instrumentos jurídicos internacionales. El grupo consideró que tipos de medidas y estrategias se encontraban disponibles, la viabilidad y eficacia de los enfoques voluntarios y vinculantes y las opciones de implementación.

En febrero del 2009, en Consejo de Administración del PNUMA adoptó la Decisión 25/5 sobre el desarrollo de un instrumento global jurídicamente vinculante sobre el Hg. Asimismo, se formó un comité intergubernamental de negociaciones, el cual debería comenzar sus negociaciones en el 2010 y concluir las en el 2013 (ONU Medio Ambiente, Convenio de Minamata sobre el Hg).

En enero del 2013, el Comité Intergubernamental de Negociación acordó el texto del Convenio de Minamata sobre el Hg. El texto fue adoptado en la Conferencia de Plenipotenciarios, reunida en el Japón, el 10 de octubre del 2013, tras lo cual fue abierto a la firma durante un año, hasta el 9 de octubre del 2014. Durante ese período, fue firmado por 127 Estados y una organización regional de integración económica, lo que representó un total de 128 signatarios.

El Convenio de Minamata entró en vigor el 16 de agosto del 2017. El objetivo del

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

presente Convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de Hg y sus compuestos.

El acuerdo vinculante compromete a 74 países a tomar medidas como la prohibición de explotar nuevas minas de Hg, la eliminación gradual de las actuales y la regulación de su uso en la minería artesanal y en productos de uso cotidiano como cosméticos, bombillas, pilas.

Asimismo, el Convenio también busca reducir las emisiones de Hg causadas de forma colateral en otros procesos, como la generación de energía en centrales térmicas de carbón o la incineración de residuos.

El PNUMA indicó que no existe cura para el envenenamiento por Hg, una enfermedad que puede causar daños neurológicos y de salud irreversibles. Tampoco hay un nivel seguro de exposición al componente químico. Su exposición puede afectar al corazón, los riñones y pulmones de personas de cualquier edad, siendo particularmente dañino para los niños y bebés.

Argentina participa del Convenio de Minamata como Estado parte desde el 25/09/2017 (ONU Medio Ambiente, Convenio) y ha aprobado dicho convenio mediante la ley Nacional N° 27356.

1.3. SITUACIÓN DE ARGENTINA

Como se mencionó anteriormente, Argentina se ha adherido al convenio de Minamata en el 2017, mediante la ley Nacional N°27356. No obstante, existen trabajos de investigación, sobre todo del año 2010 en adelante, en los que se realizaron estudios de determinación de Hg en distintos componentes de la biota, estudios vinculados con ensayos de laboratorio, con el desarrollo y validación de técnicas analíticas y con el estudio de la prevalencia del contaminante en diversos alimentos.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Del análisis de la literatura existente en Argentina en los últimos 35 años, se desprende que los mayores relevamientos se han dado en organismos acuáticos marinos (peces, aves y mamíferos marinos) de diferentes áreas de la costa y de la Antártida, con diferentes visiones asociadas a la bioecología de las especies, al metabolismo y detoxificación de las mismas y a la biotransferencia del mercurio en las diferentes cadenas tróficas.

De los ecosistemas acuáticos continentales, las publicaciones están dirigidas, en su mayoría, al estudio de las cadenas tróficas y sus diferentes compartimentos, en diferentes cuerpos de agua andino patagónicos y siendo escasos con respecto a estudios realizados en otros ecosistemas acuáticos de Argentina.

De los artículos científicos consultados, aproximadamente unos 70, no se han encontrado publicaciones acerca de investigaciones que determinen el contenido de Hg en otros alimentos naturales y procesados tanto de origen vegetal como animal (diferente de animales acuáticos).

2. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo del presente trabajo fue realizar una evaluación de la legislación actual vigente en Argentina (Código Alimentario Argentino, CAA) con respecto al Hg, de manera de realizar una propuesta de ampliación de los alimentos hoy legislados, con base en datos relevados tanto en nuestro país como a nivel mundial, de manera de contribuir con la seguridad alimentaria de la población argentina. Asimismo, se propone realizar un relevamiento de las diferentes metodologías existentes para la determinación de Hg.

Para ello se procedió a:

- a) Estudiar las diferentes metodologías analíticas empleadas a nivel mundial para la determinación de Hg en alimentos.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- b) Realizar una evaluación crítica de las diferentes legislaciones vigentes a nivel mundial vinculadas con el contenido de Hg en distintos alimentos.
- c) Realizar una propuesta concreta de actualización del CAA, respecto de la inclusión de Hg en alimentos, así como la metodología analítica asociada y los límites máximos de tolerancia.

3. METODOLOGÍAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE Hg EN ALIMENTOS

Dada la importancia toxicológica que presenta el Hg en los humanos, a nivel mundial, se han desarrollado diferentes metodologías analíticas que permiten determinar y/o cuantificar el contenido de Hg en alimentos. Dentro de estas se mencionan la espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS), plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión óptica (ICP-OES), espectrometría de absorción atómica electrotrémica (GF-AAS), espectrometría de fluorescencia atómica (CV-AFS), y la espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS) (siendo estas las más utilizadas por los laboratorios de análisis de alimentos y matrices ambientales).

A pesar de los avances instrumentales, no todas las metodologías presentan la sensibilidad y selectividad adecuada, para cumplir con límites establecidos en las legislaciones internacionales evaluadas en los distintos alimentos. Diferentes materiales y estrategias de análisis se han desarrollado para este fin (Lemos *et al.*, 2014). Según Rodríguez (2009), en la mayoría de los métodos analíticos, el Hg contenido en la muestra se reduce al estado elemental. Asimismo, algunos métodos requieren la pre-digestión de la muestra antes de la reducción, lo cual se realiza mediante digestiones en microondas, donde se destruye la materia orgánica y se eliminan posibles interferencias.

3.1. ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON VAPOR FRÍO (CV-AAS)

Es el método más utilizado para la determinación de Hg en diferentes matrices (Panichev y Panicheva, 2015). Esta técnica permite su determinación directa con la única condición de que sea reducido al estado metálico Hg^0 (normalmente en las muestras líquidas, se encuentra en forma iónica como Hg^{2+}). Posteriormente, el vapor formado se arrastra por un gas inerte hacia una celda de cuarzo en la que se produce el proceso de la absorción atómica. Las muestras sólidas se digieren antes para transformar todas las especies de Hg (inorgánicas y orgánicas) a Hg^{2+} , ya que esta es la única especie capaz de generar el vapor de Hg atómico (González *et al.*, 2014). Las desventajas que presenta esta metodología se encuentran asociadas al tiempo que requiere la realización del ensayo, y a la posibilidad de pérdidas de Hg por volatilización o digestión incompleta, así como a la posible contaminación de las muestras (Kuboyama *et al.*, 2005). Como se mencionó anteriormente, la CV-AAS resulta en una de las metodologías analíticas para la determinación de Hg más utilizada ya que implica etapas muy sencillas de extracción, además de permitir cuantificar satisfactoriamente el Hg como por ej. en muestras de pescado.

3.2. ESPECTROMETRÍA DE MASAS (ICP-MS)

Esta metodología permite realizar un análisis simultáneo de casi todos los elementos del sistema periódico, obtener bajos límites de detección y la posibilidad de estudiar diferentes isótopos para un mismo elemento. Además, ofrece un rango dinámico lineal amplio que permite la determinación de elementos mayores y traza en la misma inyección de la muestra (Ammann, 2007 y Parsons y Barbosa, 2007). Sin embargo, posee algunas limitaciones importantes para el estudio de muestras, debido a las altas concentraciones de constituyentes orgánicos e inorgánicos que producen efectos de matriz e interferencias espectrales causadas por la formación de iones poliatómicos. La introducción de las celdas de reacción dinámica/colisión como sistema para el control de las interferencias espectrales ha ayudado a resolver este problema, y esto hace posible que actualmente el ICP-MS pueda ser usado en los laboratorios en análisis de rutina (González *et al.*, 2014). Actualmente, su empleo se está volviendo cada vez más

común en el análisis de alimentos.

3.3. ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO (GF-AAS)

El principio del método se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz absorbida es específica de cada elemento. Asimismo, se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente. El método involucra fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres. El mayor desafío en la determinación de las concentraciones de Hg mediante el empleo de GF-AAS radica en impedir la pérdida de Hg por volatilización durante el secado y la pirólisis de la muestra. Debido a su elevada sensibilidad, es utilizada frecuentemente para el monitoreo de Hg en muestras de tejido de músculo de pescado (ya que permite determinar concentraciones a nivel de $\mu\text{g}/\text{kg}$).

3.4. ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA ATÓMICA (CV-AFS)

Al igual que en la absorción atómica, en la espectroscopia de fluorescencia atómica se utiliza una fuente externa de excitación. Sin embargo, en lugar de determinar la energía radiante atenuada de la fuente, se cuantifica la energía radiante de fluorescencia, generalmente en ángulo recto con el haz de la fuente. La fluorescencia atómica frecuentemente se mide a la misma longitud de onda que la radiación de la fuente, en cuyo caso se denomina fluorescencia de resonancia (Skoog, 2015).

Su sensibilidad inherente ofrece niveles de detección muy bajos y amplio rango dinámico lineal. Esto hace que la metodología de CV-AFS se convierta en una poderosa herramienta analítica claramente ventajosa sobre técnicas de absorción atómica. Cabe destacar que, además de su aplicación en alimentos, la metodología es aplicable para la determinación de Hg en otras matrices, como por ejemplo en algas marinas (Martinez *et al.*, 2015).

3.5. ANALIZADOR DE MERCURIO (DIRECT MERCURY ANALYZER-DMA)

Su empleo resulta una buena alternativa para la determinación de trazas de Hg en matrices complejas, como los alimentos procesados (Butala *et al.*, 2006; Ipolyi *et al.*, 2004; Ikem *et al.*, 2005; Carbonell *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2012; Vieira *et al.*, 2014), tanto sólidos como líquidos, siendo que no requieren ningún tratamiento previo. El principio de esta metodología se basa en la descomposición térmica de la muestra, seguido por la reducción catalítica del Hg en un sistema de amalgama de oro para la captura de vapor de Hg generado para, posteriormente, realizar su desorción y detección por espectrometría de absorción atómica. Esta metodología ofrece límites de detección y cuantificación más bajos que el método CV AAS (Vieira *et al.*, 2014), pero el único inconveniente que presenta es la poca cantidad de muestra que se requiere para el análisis (100 mg).

3.6. METODOLOGÍAS PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL MERCURIO ORGÁNICO (ESPECIACIÓN)

Las fuentes de exposición y la toxicidad de las especies de Hg son muy diferentes. Por tanto, es de gran importancia el poder disponer de métodos analíticos capaces de diferenciar las distintas especies del mercurio (González *et al.*, 2014). En las últimas décadas, se desarrollaron varias metodologías de especiación del Hg las cuales empleaban tecnologías como cromatografía líquida con espectrometría de masas (LC-MS), cromatografía gaseosa con espectrometría de masas (CG-MS) y cromatografía gaseosa con detector de captura de electrones (GC-ECD) (de Jesús *et al.*, 2011). Por otra parte, se lograron avances significativos en el desarrollo de sistemas híbridos y sistemas on-line en flujo, con énfasis en tecnologías que combinan separaciones cromatográficas y detección por métodos espectroanalíticos, como, por ejemplo, LC-CV-AAS, LC-ICP-MS, LC-CV-AFS, CG-AFS, demostrando alta versatilidad para identificar y cuantificar especies organomercuriales (metilmercurio, etilmercurio, dimetilmercurio, fenilmercurio, etc) (de Jesús *et al.*, 2011). Según Quevauviller *et al.*, (2000), una ventaja de los métodos cromatográficos es la capacidad de distinguir entre diferentes especies de Hg en las muestras. Sin embargo, una desventaja común en

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

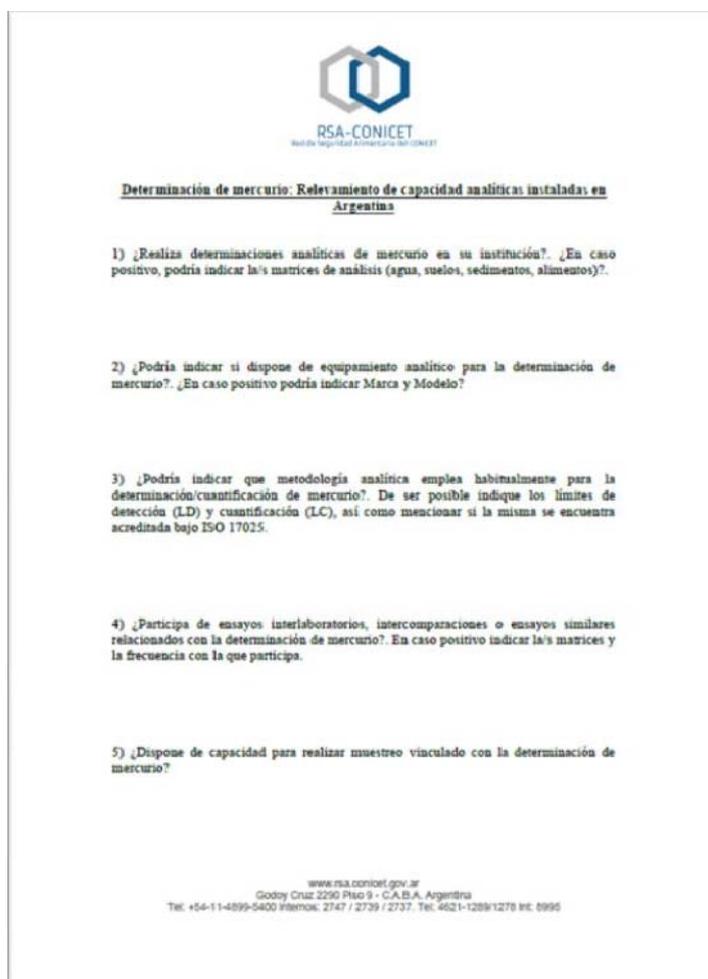
estos métodos es que implican procedimientos de pretratamiento complejos y tediosos para la separación de Hg orgánico (metil mercurio (MeHg) en muestras biológicas) de la matriz de la muestra por diferentes métodos, tales como destilación, extracción - digestión disolvente alcalino y la digestión ácida -extracción solvente.

4. CAPACIDAD ANALÍTICA INSTALADA EN ARGENTINA

La Red de Seguridad Alimentaria (RSA) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) es una unidad de referencia que tiene como objetivo desarrollar y analizar información, con fundamento científico tecnológico, de la situación actual en materia de Seguridad Alimentaria.

En el año 2019, dicha red lanzó una encuesta nacional con el objetivo de conocer las capacidades analíticas instaladas en el país para la determinación de Hg en diferentes matrices. La misma pretendía recabar información relacionada con las diferentes matrices en donde se analiza Hg, el equipamiento utilizado, la/s técnica/s analítica/s implementada/s, los límites de detección y/o de cuantificación, acreditaciones del laboratorio, etc. (Figura 2). La encuesta se encuentra disponible tanto en la página web de la RSA (<https://rsa.conicet.gov.ar/adhoc/mercurio/>), como en la del CONICET (<https://www.conicet.gov.ar/la-red-de-seguridad-alimentaria-colabora-con-la-reduccion-de-mercurio-en-el-mundo/>).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**



The image shows a survey form titled "Determinación de mercurio: Relevamiento de capacidad analítica instalada en Argentina". At the top center is the logo for RSA-CONICET, which consists of a stylized blue and grey geometric shape above the text "RSA-CONICET" and "Red de Seguridad Alimentaria del CONICET". Below the logo, the title is underlined. The form contains five numbered questions in Spanish, asking about analytical capabilities for mercury determination, including equipment, methodology, and participation in inter-laboratory tests. At the bottom, contact information for RSA-CONICET is provided, including a website, address, and phone numbers.

Determinación de mercurio: Relevamiento de capacidad analítica instalada en Argentina

1) ¿Realiza determinaciones analíticas de mercurio en su institución? ¿En caso positivo, podría indicar la/s matrices de análisis (agua, suelos, sedimentos, alimentos)?

2) ¿Podría indicar si dispone de equipamiento analítico para la determinación de mercurio? ¿En caso positivo podría indicar Marca y Modelo?

3) ¿Podría indicar que metodología analítica emplea habitualmente para la determinación/cuantificación de mercurio? De ser posible indique los límites de detección (LD) y cuantificación (LC), así como mencionar si la misma se encuentra acreditada bajo ISO 17025.

4) ¿Participa de ensayos interlaboratorios, intercomparaciones o ensayos similares relacionados con la determinación de mercurio? En caso positivo indicar la/s matrices y la frecuencia con la que participa.

5) ¿Dispone de capacidad para realizar muestreo vinculado con la determinación de mercurio?

www.rsa.conicet.gov.ar
Godoy Cruz 2250 Piso 9 - C.A.B.A., Argentina
Tel: +54-11-4899-5400 #remok; 2747 / 2739 / 2737. Tel: 4621-1289/1270 Ext. 5995

Figura 2: Modelo de encuesta realizada por la RSA destinada al relevamiento de instituciones públicas y privadas con capacidades analíticas para la determinación de Hg.

Para la realización de esta encuesta, se contactaron un total de 80 instituciones públicas y 71 instituciones privadas, todas ellas radicadas en Argentina, pertenecientes al sector alimentario y ambiental. Dentro de los resultados obtenidos se mencionan los siguientes:

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- **Sector público:** del total de las instituciones contactadas, 32 de ellas (40%) informaron que realizan determinaciones de Hg en diversas matrices (el análisis exhaustivo de estas instituciones se detalla más adelante); 24 de ellas (30%) no realizan ninguna determinación de Hg, mientras que las 24 (30%) restantes no respondieron a la encuesta.

La distribución geográfica de las 32 instituciones públicas que realizan la determinación de Hg se distribuyen, a nivel país, según lo que muestra la Figura 3, encontrándose el 44% de los laboratorios en la provincia de Buenos Aires.

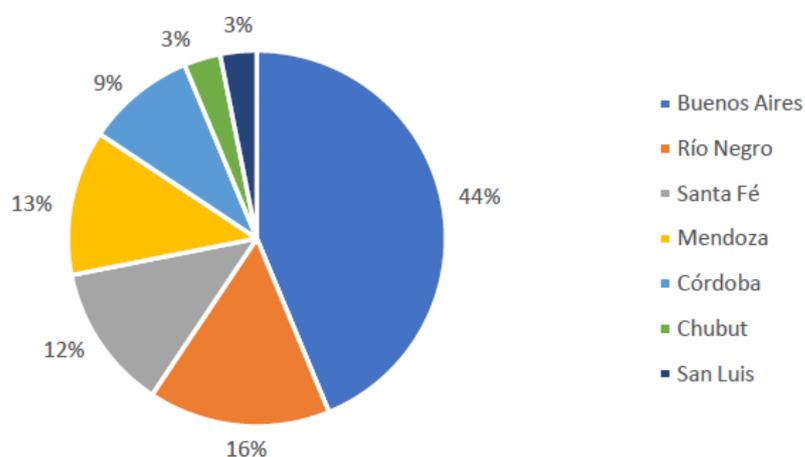


Figura 3: Distribución geográfica de las 32 instituciones públicas relevadas por la RSA que realizan determinaciones de Hg en diferentes matrices.

Dichas instituciones informaron que las matrices con las que trabajan, corresponden en su mayoría a agua, sedimento y suelo, mientras que asociado a la determinación de Hg en alimentos la cantidad de laboratorios disminuyó considerablemente. Asimismo, los laboratorios públicos que analizan Hg en alimentos, lo realizan sobre peces y en menor proporción en carne, huevo, miel, arroz, leche, gelatina, vegetal deshidratado, vegetal, forraje, materia prima.

- **Sector privado:** de los 71 laboratorios privados, solo 24 de ellos (34%) realizan determinaciones de Hg en diversas matrices y 16 de ellos (22%) informaron que no realizan dicho análisis.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

La Figura 4, muestra que el mayor porcentaje (75%) de los laboratorios privados que determinan Hg se encuentran radicados en la provincia de Buenos Aires, mientras que dos de ellos en la provincia de Río Negro. En las provincias de Córdoba, Santa Fe, Chubut y San Juan solamente se relevó un laboratorio en cada una de ellas con capacidad analítica instalada para la determinación de Hg.

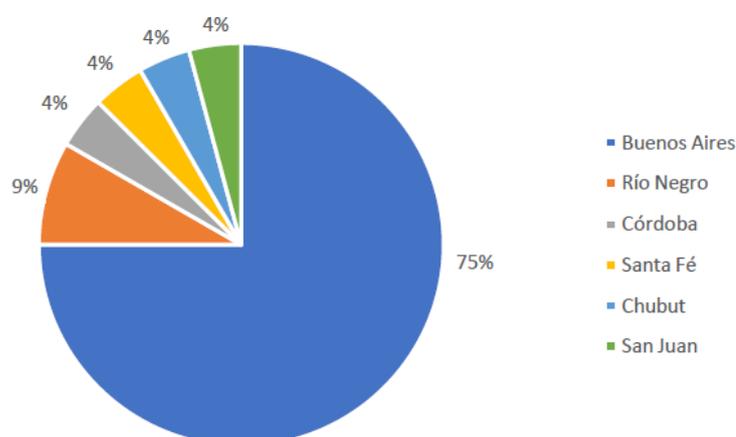


Figura 4: Distribución geográfica de las respuestas obtenidas de las instituciones privadas relevadas por la RSA que realizan determinaciones de Hg en diferentes matrices.

A diferencia de los laboratorios públicos, la mayoría de los laboratorios privados determinan Hg en alimentos, además de las matrices ambientales como agua, suelo, aire y emisiones gaseosas.

De la encuesta realizada, también se desprendió que los diferentes métodos analíticos que aplican los laboratorios argentinos para la determinación de Hg son:

- CV-AAS: Espectrometría de absorción atómica de vapor frío.
- ICP-MS: Espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente.
- CV-AFS: Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío.
- GF-AAS: Espectrometría de absorción atómica en horno de grafito.
- ICP-OES: Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- SAM-CV-AAS: Espectrometría de emisión atómica de vapor frío con solución amalgama.
- DMA: Analizador de mercurio.
- AANI: Análisis por activación neutrónica.
- UV-VIS: Espectrometría UV-Visible.

Del análisis de la encuesta se desprendió que, en el país, existe un gran número de técnicas analíticas disponibles para la determinación de Hg. Cada tecnología tiene su aplicación en determinadas matrices y en un rango de concentraciones específicas. Esta gran diversidad de técnicas resulta en una importante ventaja desde el punto de vista de investigación y puesta a punto de la cuantificación de Hg en matrices que aún no han sido estudiadas. Sin embargo, a la hora de comparar resultados, sobre todo en los cuales no se detecta la presencia de Hg, es importante tener en cuenta el equipamiento con el que se realizó la determinación ya que cada una de las técnicas posee límite de detección (LD) y cuantificación (LC) diferentes.

Sería interesante definir una metodología analítica (con su LD y LC establecidos), la cual pueda ser considerada como “metodología estándar” para realizar los análisis de Hg en diferentes matrices. Esto será de gran ayuda a la hora de establecer políticas relacionadas con el control de este contaminante en Argentina y poder realizar los estudios mediante la aplicación de una metodología normalizada.

5. LEGISLACIONES VIGENTES VINCULADAS CON EL CONTENIDO DE Hg EN ALIMENTOS

Desde que se documentó la toxicidad del Hg en salud humana, por primera vez en los años cincuenta en la bahía de Minamata, en Japón, su implicancia se ha puesto de manifiesto en numerosos informes de evaluación del riesgo a nivel internacional. La especie orgánica del Hg, el **metilmercurio** (MeHg), es la forma química más tóxica y afecta sobre todo al sistema nervioso central en desarrollo, de ahí que la población

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

más sensible a este metal sean los niños pequeños, por exposición directa a través del consumo de pescado, y los fetos humanos por exposición indirecta a través de la placenta materna durante el embarazo. Internacionalmente, en esta última década, se han producido cambios en la legislación alimentaria con respecto a este contaminante. Ante esta situación, se realizó un relevamiento de las legislaciones existentes, tanto a nivel nacional como internacional.

5.1. LEGISLACIONES VIGENTES A NIVEL NACIONAL

Argentina, cuenta con la Ley Nacional N° 18284, vigente en todo el territorio de la República, y es el denominado Código Alimentario Argentino (CAA), en el cual se establecen todas las disposiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial del Reglamento Alimentario aprobado por Decreto 141/1953, el cual contempla el límite máximo de Hg permitido en alimentos. Dicho contaminante se encuentra legislado en los siguientes capítulos:

- **Capítulo III – DE LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS:** en el art. 156 - RESOLUCIÓN GMC N° 12/11 Incorporada por Resolución Conjunta SPReI N° 116/2012 y SAGyP N° 356/2012 REGLAMENTO TÉCNICO MERCOSUR SOBRE LÍMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES INORGÁNICOS EN ALIMENTOS (DEROGACIÓN DE LAS RES. GMC N° 102/94 y N° 35/96). En la Tabla N°1, se detallan los alimentos y los valores máximos para Hg según lo establecido Anexo I, del art. 156 del CAA.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Tabla N° 1: Tipos de alimentos y valores máximos de Hg (mg/kg) según lo establecido en el CAA (art 156).

TIPO DE ALIMENTO	VALORES MÁXIMOS DE Hg SEGÚN LO ESTABLECIDO EN EL CAA (mg/kg)
Pescados, excepto predadores	0.5
Pescados predadores	1.0
Moluscos cefalópodos	0.5
Moluscos bivalvos	0.5
Crustáceos	0.5

Cabe destacar que estos mismos valores se encuentran detallados en el **Capítulo VI – ALIMENTOS CÁRNEOS Y AFINES.**

- **Capítulo IV – UTENSILIOS, RECIPIENTES, ENVASES, APARATOS Y ACCESORIOS:** En este capítulo, se establecen los valores máximos de Hg para el caso de envases y equipamientos celulósicos en contacto con alimentos, en sustancias auxiliares de proceso, en material metálico y equipamiento necesario para el proceso de alimentos estableciendo como 0,3 µg/g (mg/kg) de producto terminado como valor máximo de migración para Hg.
- **Capítulo VII – ALIMENTOS GRASOS, ACEITES ALIMENTICIOS:** En este caso, se consideran a estos alimentos no aptos para consumos si el valor de Hg supera 0.05 mg/kg (50 µg/kg).
- **Capítulo XII - BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA:** Donde se establece los niveles máximos permitidos de Hg para agua potable (art. 982), agua envasada (art. 983), y agua mineral (art. 985), siendo en todos los casos de 0.001 mg/l (1 µg/l).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- **Capítulo XVI – CORRECTIVOS Y COADYUVANTES:** En el art. 1322 queda prohibido emplear en la coloración de alimentos y bebidas, así como en los papeles, cartones y envolturas que estén en contacto con ellos, colores minerales que contengan Hg. Asimismo, en el art. 1324, establece el valor máximo permitido de 1 mg/kg para Hg en INDIGOTINA NATURAL SINTETICA y en AZUL PATENTE V.

- **Capítulo XVIII – ADITIVOS ALIMENTARIOS:** El art 1398 establece los valores máximos de Hg para aditivos alimentarios. Los mismos se encuentran detallados en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Valores máximos de Hg (mg/kg) para aditivos alimentarios según lo establecido en el CAA.

TIPO DE ADITIVO	VALORES MÁXIMOS DE Hg SEGÚN LO ESTABLECIDO EN EL CAA (mg/kg)
Sodio Hidróxido	0.1
Titanio Dióxido	1.0
Hierro (III) Amonio Citrato Pardo	1.0
Hierro (III) Amonio Citrato Verde	1.0

Por otro lado, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), para control de alimentos de origen animal, ha establecido la Tabla de valores de comunicación a SENASA Versión 0.4 (VCS). Estos valores corresponden a límites máximos de contaminantes, permitidos en alimentos correspondientes a diferentes tejidos de origen animal. Dichos valores, son los establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA), excepto para Hg, quien solo legisla nivel máximo permitido para Hg

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

en peces. Para este contaminante, el SENASA estableció como valor máximo permitido en tejidos animales terrestres 100 µg/kg. Por encima de dicho valor, el SENASA toma acciones de control. La Tabla N° 3, resume los valores máximos de Hg (µg/kg) para tejidos animales según lo establecido por el SENASA.

Tabla N° 3: Valores máximos de Hg (µg/kg) para tejidos animales según lo establecido por el SENASA

BOVINO – OVINO – CAPRINO – AVES – ANIMALES SILVESTRES		
ELEMENTO QUÍMICO	MATRIZ	NIVEL MÁXIMO
MERCURIO TOTAL	Hígado	100 µg/kg LDE
	Músculo	100 µg/kg LDE
	Leche	20 µg/kg LDE
Niveles máximos de pescados predadores y no predadores, crustáceos y bivalvos corresponden a los establecidos en el cap. III del CAA. Los datos se resumen en la Tabla N° 1: Valores máximos de Hg en alimentos		

Por otra parte, Argentina cuenta tanto con una ley nacional de residuos peligrosos (Ley N° 24051, Decreto 831/93, 1993), como con varias leyes provinciales (Buenos Aires, Río Negro y Chubut), las cuales estipulan el contenido máximo de Hg en aguas, suelos y vuelco de efluentes. Asimismo, se dispone de una ley binacional entre Argentina-Uruguay. En este caso, las normativas regulan el contenido de Hg en:

- El agua de consumo directo (corresponde al agua envasada, mineral, potable y de suministro).
- Fuentes naturales de aguas. El objetivo de este inciso, es regular la descarga de efluente, en diferentes fuentes de agua, para evitar la contaminación de las mismas. Las fuentes naturales de agua que comprende este inciso son:

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- Protección de vida acuática en aguas dulces, saladas y salobres superficiales
- Aguas con tratamiento convencional para bebida
- Agua para bebida de ganado
- Ríos y Arroyos
- Mar abierto y ría
- Transición costera
- Drenajes, pluviales e infiltraciones superficiales
- Cloacales

5.2. LEGISLACIONES VIGENTES A NIVEL INTERNACIONAL

Se realizó un relevamiento de legislaciones internacionales y sus valores máximos de Hg en alimentos, los datos obtenidos se presentan en la Tabla N° 4 que corresponde a CODEX; Tabla N° 5 que corresponde a Asia; Tabla N° 6 que corresponde a Europa; Tabla N° 7 que corresponde a Australia y Tabla N° 8 correspondiente a América.

Tabla N° 4: Valores máximos de Hg (mg/kg) en alimentos según lo establecido en CODEX.

CODEX STAN 193-1995 – Enmienda 2015		
LEGISLACIÓN	ALIMENTO	LÍMITE MÁXIMO
Mercurio total	Aguas minerales naturales	0.001 mg/l
	Sal calidad alimentaria	0.1 mg/l
Metilmercurio	Pescado (excepto depredadores)	0.5 mg/kg
	Peces depredadores	1 mg/kg

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Tabla N° 5: Valores máximos de Hg (mg/kg) en alimentos según lo establecido en Asia.

ASIA		
CHINA		
LEGISLACIÓN	ALIMENTO	LÍMITE MÁXIMO
Chinese National Food Sanitation Standard	Pescados agua dulce	0.3 mg/kg
	Pescados	0.5 mg/kg
	Vegetales (excepto hongos comestibles)	0.1 mg/kg
	Arroz, arroz descascarillado, arroz pulido, maíz, harina de maíz, trigo, harina de trigo	0.02 mg/kg
	Carne animal – pollo	0.05 mg/kg
	Despojos comestibles de animales - pollo	0.05 mg/kg
	Huevos	0.05 mg/kg
	Otros animales acuáticos (que no sea pescado)	0.5 mg/kg
	Leche y productos derivados	0.01 mg/kg
	Sal grado alimenticio	0.1 mg/kg
Agua mineral	0.001 mg/l	
JAPÓN		
Specifications and Standard for food	Agua de consumo	0.0005 mg/l
	Pescados	0.4 mg/kg
TAIWAN		
Sanitation Standard for Contaminants and Toxins in Food of Taiwan (como Hg y metil mercurio)	Agua de consumo	0.001 mg/l
	Arroz (granos)	0.05 mg/kg
	Algas marinas	0.5 mg/kg
	Grasas y aceites comestibles (exc origen marino)	0.05 mg/kg
	Grasas y aceites comestibles de origen marino	1 mg/kg
	Granadero, bonito, liso, pandora, bagre, atlántico, rape, dorado, raya.	1 mg/kg
	Tiburón, pez espada, atún, pez aceite.	2 mg/kg
	Otros peces, mariscos, crustáceos y otros animales acuáticos.	0.5 mg/kg

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Tabla N° 6: Valores máximos de Hg (mg/kg) en alimentos según lo establecido en Europa.

EUROPA		
LEGISLACIÓN	ALIMENTO	LÍMITE MÁXIMO
EC No 83/98	Agua de consumo	0.001 mg/l
Commission Regulation (EC) No 1881/2006	Productos de la pesca y carne de pescado, excluidas especies depredadoras. El contenido máximo se aplica a los crustáceos, excluida la carne oscura del cangrejo, así como la cabeza y el tórax de la langosta y de crustáceos similares de gran tamaño (Nephropidae y Palinuridae)	0.5 mg/kg
	Peces depredadores	1 mg/kg
Reg. (EC) No 149/2008 (aplica a Suiza)	Cereales, hortalizas, tubérculos, frutas, berries, frutos secos, hierbas aromáticas, especias, azúcar, almidón	0.01 mg/kg
Regulation (EU) 2018/73 - (Armonizado a UE y Noruega). Legisla cloruro de mercurio, sales de mercurio y cloruro de fenilmercurio, óxido de mercurio.	Frutas frescas o congeladas; frutos de cáscara. Frutas de pepita, carozo, bayas y frutos pequeños, otras frutas. Raíces y tubérculos. Bulbos. Frutos y pepónides. Hortalizas del género <i>Brassica</i> (excepto las raíces de y los brotes de <i>Brassica</i>). Hortalizas de hoja. Leguminosas y leguminosas secas. Tallos. Cereales. Plantas azucareras.	0.01 mg/kg
	Frutos de cáscara (secos)	0.02 mg/kg
	Hierbas aromáticas y flores comestibles	0.03 mg/kg
	Semillas y frutas oleaginosas	0.02 mg/kg
	Aceitunas para aceites	0.01 mg/kg
	Té, café, infusiones, cacao y algarrobas. Lúpulo. Especies de semillas, de frutos, de corteza, de raíces y rizomas (excepto jengibre y cúrcuma). Especies de yemas, estigmas de las flores.	0.02 mg/kg
	Nuez moscada	0.05 mg/kg
	Jengibre y cúrcuma	0.05 mg/kg
	Productos de origen animal (terrestres). Músculo y tejido graso de ovino, bovino, caprino, porcino, y otros animales de granja.	0.01 mg/kg

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

	Hígado, riñón y despojos de ovino, bovino, caprino, porcino, equino, aves de corral y otros animales de granja.	0.02 mg/kg
	Leche, huevos de aves. Miel y otros productos apícolas. Anfibios e invertebrados terrestres.	0.01 mg/kg
	Vertebrados terrestres	0.04 mg/kg
European Fruit Association AIJN ⁽¹⁾	En distintos jugos y pulpas de frutas.	0.01 mg/kg
REINO UNIDO		
UK food and feed legislation	Adhiere a UE 2018/73	
RUSIA		
Ley Federal de la Federación Rusa	Leche fluida y productos derivados	0.005 mg/kg
	Cuajada - Suero	0.02 mg/kg
	Crema de leche, suero de leche, suero de leche, componente de la leche productos basados al respecto concentrado y condensado con azúcar esterilizada leche condensada, leche enlatada y leche componente enlatado bienes	0.015 mg/kg
	Leche, leche en polvo, productos sublimados (crema de leche, leche fermentada productos, bebidas, mezclas de helado, suero de leche, suero de leche, leche desnatada)	0.005 mg/kg
	Concentrados proteicos, lactulosa, caseína y caseinatos, proteína hidrolizada de leche.	0.03 mg/kg
	Manteca y grasa láctea	0.03 mg/kg
	Quesos, distintos tipos, albúmina de suero, quesos de pasta y salsa.	0.03 mg/kg
	Requisitos higiénicos para la seguridad de los jugos, incluidos Jugos Concentrados, Néctares de Frutas y Verduras, Bebidas de frutas / bayas, incluidas las bebidas concentradas de frutas / bayas, frutas y (o) bebidas de jugo de vegetales, frutas y Puré de vegetales, incluyendo frutas concentradas y Puré de vegetales	0.02 mg/kg
	Jugos y productos de frutas y verduras para alimentación infantil.	0.01 mg/kg

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

	Aceites vegetales	0.03 mg/kg
	Productos derivados de grasa animal y vegetal (ej. Margarina, salsas, mayonesa, etc.)	0.05 mg/kg
	Mantequilla para untar y mezcla de grasas vegetales	0.03 mg/kg
	Cereales, hortalizas, tubérculos, frutas, berries, frutos secos, hierbas aromáticas, especias, azúcar, almidón	0.05 mg/kg
TURQUÍA		
Turkish food codex - Gazette number 29899 - 31/12/2016	Vegetales, hortalizas, frutas, especias, entre otros.	0.01 mg/kg

(1) AIJN: regula la autenticidad de los jugos/pulpas de frutas que ingresan a la UE

Tabla N° 7: Valores máximos de Hg (mg/kg) en alimentos según lo establecido en Australia

AUSTRALIA		
AUSTRALIA Y NUEVA ZELANDA		
LEGISLACIÓN	ALIMENTO	LÍMITE MÁXIMO
Australian New Zeland Food Standard Code - 2015	Agua de consumo	0.001 mg/l
	Crustáceos y moluscos	0.5 mg/kg
	Pescados y productos de pesca (atún rojo del sur, barramundi, abadejo, reloj del atlántico, rayas y todas las especies de tiburones).	0.5 mg/kg
	Gema plateada, marlines, marlín, atún rojo del sur, barramundi, abadejo, reloj del atlántico, rayas y todas las especies de tiburones.	1 mg/kg

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Tabla N° 8: Valores máximos de Hg (mg/kg) en alimentos según lo establecido en América

AMÉRICA		
CANADÁ		
LEGISLACIÓN	ALIMENTO	LÍMITE MÁXIMO
Maximum levels for chemical contaminants in foods	Agua de consumo	0.001 mg/l
	En porción comestible de pescados al por menor excepto las especies mencionadas a continuación	0.5 mg/kg
	En porción comestible de pescados: escolar, marrón anaranjado, marlines, atún fresco y congelado, tiburón y pez espada.	1 mg/kg
BRASIL – URUGUAY - PARAGUAY - ARGENTINA		
Mercosur	Pescados, excepto predadores	0.5 mg/kg
	Pescados predadores	1.0 mg/kg
	Moluscos cefalópodos	0.5 mg/kg
	Moluscos bivalvos	0.5 mg/kg
PERÚ		
Legislación de alimentos de Perú	Adhiere a Codex	
CHILE		
Decreto 977 (actualizada). Art. 160: límites contaminantes	Agua de consumo	0.001 mg/l
	Cereales, legumbres y leguminosas	0.05 mg/kg
	Conservas de pescados y mariscos	1.0 mg/kg
	Pescado fresco, enfriado y congelado: talla pequeña	0.5 mg/kg
	Pescado fresco, enfriado y congelado: talla grande	1.5 mg/kg
	Mariscos frescos	0.5 mg/kg

Con los datos presentados anteriormente, se realizó en un gráfico de frecuencias vs concentración de Hg. Los resultados se presentan en la Figura 5.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

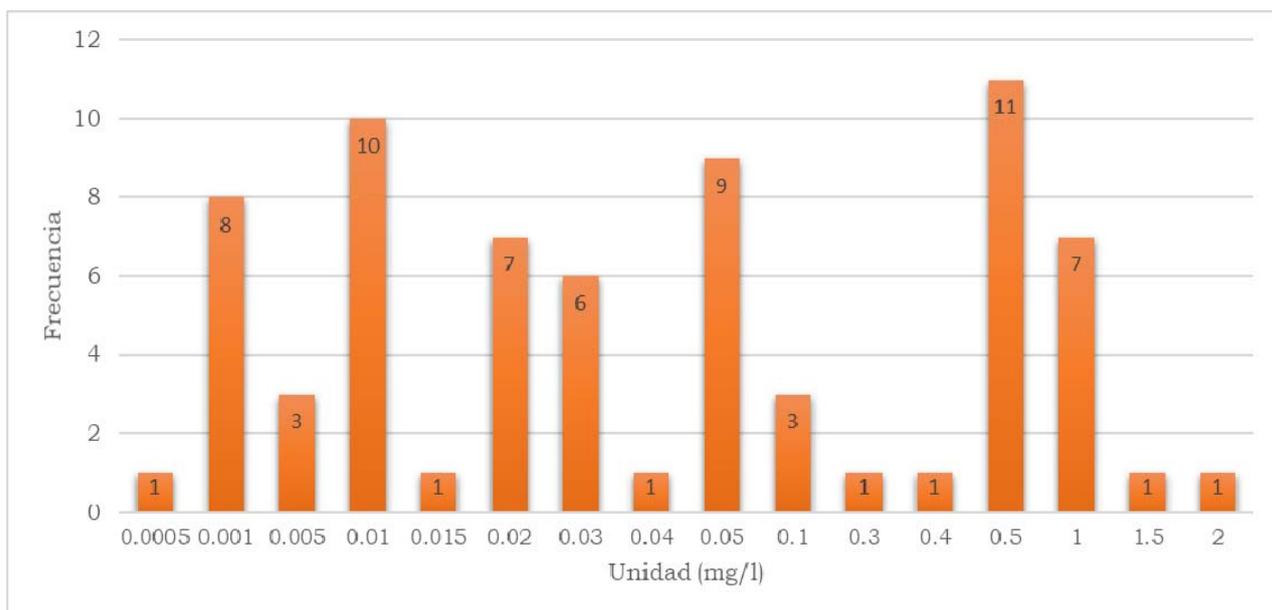


Figura 5: Valores máximos de Hg vs frecuencia de aparición (según datos relevados de las Tablas N°4, N°5, N°6, N°7, N°8).

Para el caso de alimentos, se observó que la mayor frecuencia de repetición de valor guía resulta para la concentración de Hg de 0.5 mg/kg, la cual corresponde a las siguientes matrices:

- Pescados no predadores, moluscos, crustáceos - (CAA)
- Pescados no predadores, crustáceos - (Unión Europea)
- Pescados no predadores - (Canadá)
- Pescados - (Hong Kong, China)
- Pescados y mariscos - (Chile)
- Pescados y mariscos - (Brasil)
- Pescados y mariscos - (Australia)

En segundo orden de frecuencia, se observó la concentración de Hg para los valores de 0.01 mg/kg, 0.05 mg/kg, 0.001 mg/l, 1 mg/kg, 0.02 mg/kg, 0.03 mg/kg y 0.1 mg/kg los cuales se correspondieron con las siguientes matrices:

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Valor máximo: 0.01 mg/kg

- Cereales, hortalizas, tubérculos, frutos secos, hierbas aromáticas, especias, azúcar, almidón, frutas de pepita, carozo, bayas y frutos pequeños, otras frutas. Raíces y tubérculos. Bulbos. Frutos y pepónides. Hortalizas del género Brassica (excepto las raíces de y los brotes de Brassica). Hortalizas de hoja. Leguminosas y leguminosas secas. Tallos. Cereales. Plantas azucareras. Aceitunas para aceites - (Unión Europea).
- Productos de origen animal (terrestres). Músculo y tejido graso de ovino, bovino, caprino, porcino, equino, aves de corral y otros animales de granja - (Unión Europea).
- Leche, huevos de aves. Miel y otros productos apícolas. Anfibios e invertebrados terrestres - (Unión Europea).
- Jugos de Fruta - (AIJN para la Unión Europea).
- Vegetales, hortalizas, frutas, especias, entre otros - (Turquía).
- Vegetales (excepto hongos comestibles), leche y productos derivados - (Hong Kong, China).

Valor máximo: 0.05 mg/kg

- Nuez moscada, jengibre y cúrcuma - (Unión Europea).
- Cereales, legumbres y leguminosas - (Chile).
- Aceites y grasas - (CAA).
- Carne de animal, pollo, despojos comestibles de animales y pollo, huevos - (Hong Kong, China).

Valor máximo: 0.001 mg/l

Corresponde al nivel legislado para aguas de consumo. Este valor es coincidente en la mayoría de las legislaciones, incluyendo lo establecido por CODEX, excepto Japón que establece un valor máximo de 0,0005 mg/l.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Valor máximo: 1 mg/kg

- Pescados predadores - (CAA).
- Aditivos y colorantes - (CAA).
- Pescados y mariscos - (Brasil).
- Pescados y mariscos – (Chile).

Valor máximo: 0.02 mg/kg

- Té, café, infusiones, cacao y algarrobas. Lúpulo. Especies de semillas, de frutos, de corteza, de raíces y rizomas (excepto jengibre y cúrcuma). Especies de yemas, estigmas de las flores. Frutos de cáscara (secos). Semillas y frutas oleaginosas. Hígado, riñón y despojos de ovino, bovino, caprino, porcino, equino, aves de corral y otros animales de granja - (Unión Europea).
- Arroz, arroz descascarillado, arroz pulido, maíz, harina de maíz, trigo, harina de trigo - (Hong Kong, China).

Valor máximo: 0.03 mg/kg

- Hierbas aromáticas y flores comestibles - (Unión Europea).
- Concentrados proteicos, lactulosa, caseína y caseinatos, proteína hidrolizada de leche, manteca y grasa láctea, quesos, distintos tipos, albúmina de suero, quesos de pasta y salsa, aceites vegetales, mantequilla para untar y mezcla de grasas vegetales
- Arroz, arroz descascarillado, arroz pulido, maíz, harina de maíz, trigo, harina de trigo - (Hong Kong, China). Ley Federal de la Federación Rusa

Valor máximo: 0.1 mg/kg

- Sal calidad alimentaria - (CODEX Alimentarius)
- Hongos comestibles, sal grado alimenticio - (Hong Kong, China).
- Aditivos alimentarios - (CAA).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Asimismo, se observa que, dentro de las legislaciones relevadas, correspondientes a la matriz “peces”, el valor de Hg más bajo (0.3 mg/kg) corresponde a peces de agua dulce (China), mientras que el más alto (1.5 mg/kg) lo presenta Chile y Australia para el caso de pescados/mariscos.

Al comparar las distintas legislaciones, se observa que la mayoría, establecen como valor máximo permitido 0.5 mg/kg, coincidente con el establecido en el CAA para pescados y mariscos. Si comparamos este dato con la legislación de otros países como Chile, Brasil, Australia, EEUU y Japón, donde el consumo de estos alimentos resulta mucho más alto, observamos que el límite establecido por el CAA es un valor intermedio.

De todas las legislaciones evaluadas, el Reglamento de la UE junto con la legislación China, son las que abarcan mayor cantidad de alimentos, el resto de las legislaciones muestran pocos valores de referencia internacional. La legislación argentina, no presenta valores límites de Hg en todos los alimentos que Argentina produce tanto para consumo interno como para importación y/o exportación.

En la legislación argentina, además de los productos marinos, solo se encontraron tres productos más regulados, que van de 0.05 mg/kg para el caso de aceites, grasas y otros alimentos no especificados, hasta 1 mg/kg para el caso de aditivos.

6. RESULTADOS DE Hg EN ALIMENTOS DISPONIBLES A NIVEL NACIONAL

Como se mencionó anteriormente, de los 71 laboratorios nacionales privados encuestados, solo 24 de ellos (34%) realizan determinaciones de Hg en diversas matrices.

Con el objetivo de llevar a cabo un análisis estadístico de datos vinculados con la

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

presencia de Hg en alimentos, se le solicitó a cada uno de los 24 laboratorios la colaboración en este sentido (se les solicitó formalmente que colaboren aportando datos analíticos generados por ellos). En general, estos datos provienen de análisis de auto control realizados por las industrias elaboradoras de alimentos en el país. Su estudio permitirá conocer cuáles son las matrices/productos alimenticios que actualmente se monitorean en Argentina, las concentraciones de Hg halladas en dichas matrices, así como la frecuencia de aparición.

Cabe destacar que en ningún caso se especifica la procedencia detallada de las muestras analizadas, en lo referente a la ubicación de los puntos de extracción del ítem ensayado o a la información de los laboratorios que realizaron las determinaciones, debido al convenio de confidencialidad de laboratorio.

Del total de laboratorios privados encuestados (24), solamente CIATI aportó datos relacionados con la presencia de Hg en alimentos.

Se recopilaron un total de 3621 resultados pertenecientes a diferentes matrices y tipos de alimentos. Los mismos corresponden con productos analizados durante el periodo 2014-2019. Dicho periodo fue seleccionado debido a que, a partir del año 2014 en el CIATI se comenzó a realizar determinaciones de Hg en alimentos por Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS). Cabe destacar que el aumento de exportaciones de alimentos argentinos, ha llevado al sector industrial a tener que realizar un mayor control de los contaminantes químicos de los alimentos, siendo el Hg uno de los contaminantes controlados. Cabe destacar que la mayor parte de los resultados relevados en este apartado, se realizaron sobre alimentos elaborados en Argentina con destino de exportación.

NOTA: El origen de una muestra se refiere al punto de extracción de la misma, que puede especificarse con coordenadas geográficas y/o descripción del sitio, especie animal o vegetal de la que proviene, zona de hábitat, parte del animal o planta que se extrae para control, etc.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

A continuación, se presentan los LD y LC de Hg en alimentos, mediante el empleo de ICP-MS, informados por el CIATI para las diferentes matrices y/o tipo de productos analizados. Los datos se resumen en la Tabla N° 9.

Tabla N° 9: Límites de detección (LD) y cuantificación (LC), informados por CIATI, para la determinación de Hg en alimentos mediante el empleo de ICP-MS.

TIPO DE PRODUCTO Y/O MATRIZ	LD	LC	UNIDAD
Agua de consumo	0.06	0.2	µg/l
Jugos y pulpas de fruta, bayas, fruta fresca, legumbre, hortaliza, semilla. Azúcar	3	10	µg/kg
Vino	1	3	µg/l
Aceite vegetal, aceite esencia y esencias. Alimentos en polvo. Harina. Almidón	20	50	µg/kg
Deshidratados vegetales, dulces, envasados naturales de frutas y hortalizas	3	10	µg/kg
Músculo e hígado de ovino, porcino, bovino, equino y aves.	5	10	µg/kg
Golosinas		30	µg/kg
Aditivos alimentarios e insumos industriales		50	µg/kg
Jarabe de azúcares		10	µg/kg
Sal de mesa		50	µg/kg

En la Tabla N° 9 se pueden observar que los límites de cuantificación (LC) para los distintos productos/alimentos son variables, debido al tratamiento de muestra. Estos límites fueron validados cumpliendo con la legislación más exigente. Se puede observar que el agua de consumo es la matriz que tiene menor límite de detección y cuantificación. De los productos procesados, el vino es el que presenta el límite de cuantificación más bajo, mientras que los alimentos de consumo masivo, como vegetales frescos y procesados, tejidos animales, golosinas y jarabes tienen límites de cuantificación acorde a la legislación más exigente. Quedando los aditivos alimentarios, aderezos, esencias, harinas con límites de 50 µg/kg, estos productos se consumen en

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

pequeña proporción en un alimento.

El análisis de los resultados relevados, se presentará según en el siguiente esquema:

- Datos sin especificar origen de las muestras.
- Análisis de concentraciones de Hg en alimentos durante el periodo 2014-2019.
- Datos publicados por la red del SENASA.
- Evaluación de los datos obtenidos con respecto a las legislaciones nacionales

La distribución de los resultados obtenidos por tipo de producto relevado se presenta en la Figura 6, incluyendo a los insumos industriales que corresponden a aditivos y coadyuvantes de la industria elaboradora de alimentos.

Del análisis de la Figura 6 surge que los jugos concentrados de frutas representan el 40% de los datos provistos por CIATI, seguido por jugos simples (10.2%), pulpas concentradas de frutas (7.4%), pulpas simples (3.8%), frutas frescas (3%), vinos (6.8%), golosinas (5.8%). Para el resto de los alimentos, los datos provistos representaron entre un 1 y 2% del total. La menor cantidad de datos recopilados pertenecen a productos tales como miel, aromas de frutas y legumbres (2 muestras por cada producto), lo que no representa la situación real en estos alimentos.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

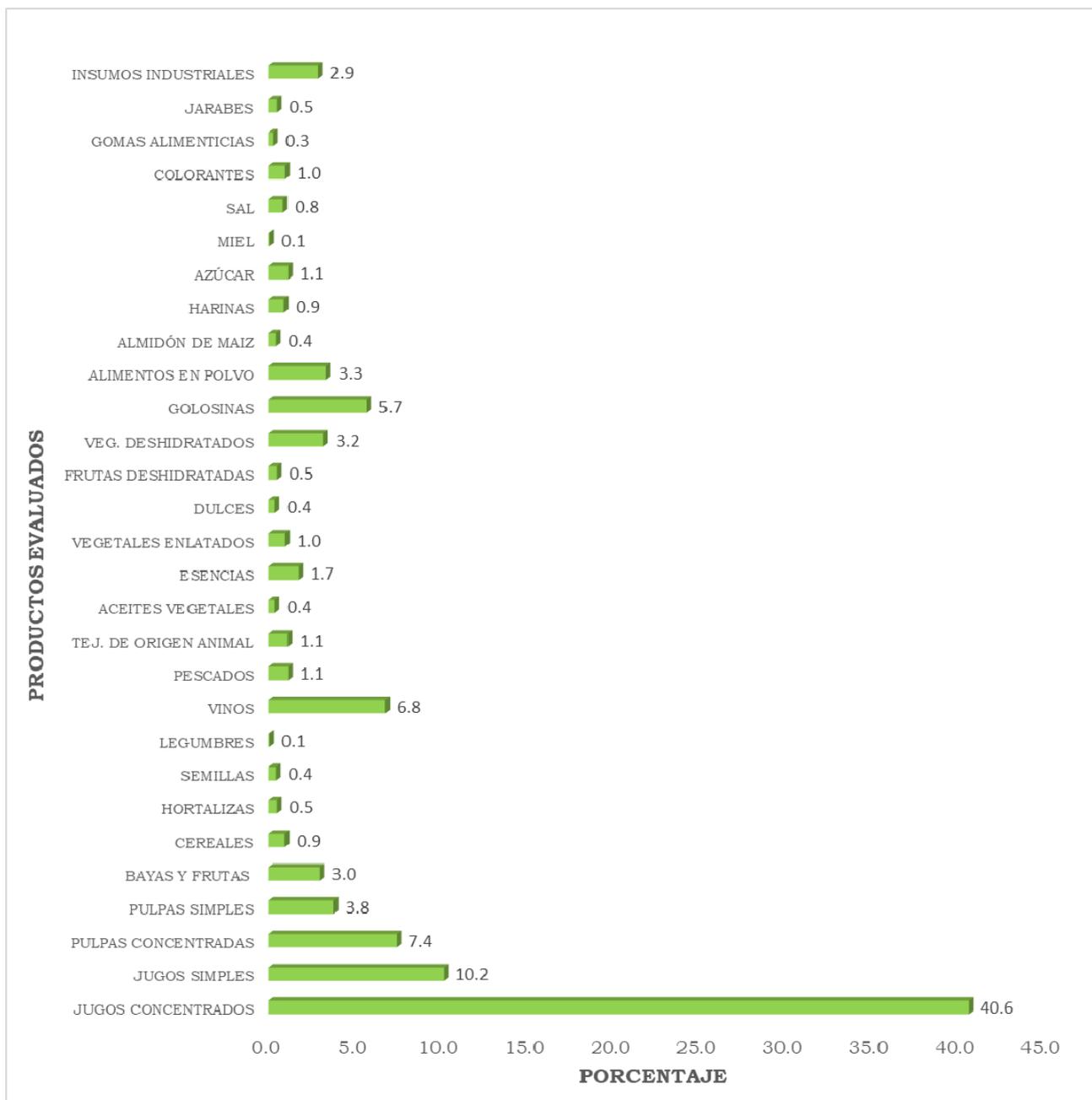


Figura 6: Distribución de resultados de Hg por tipo de producto relevado

6.1 Análisis de datos provistos por CIATI

Para el análisis de los resultados, se agruparon los datos relevados según semejanza de las muestras y concentraciones de Hg relevadas, considerando la coincidencia de

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

los rangos correspondientes a los LD y LC (según lo informado en la Tabla N° 5), de manera de lograr una mejor visibilidad de los resultados.

Dada la dispersión en la cantidad de matrices analizadas, las mismas fueron agrupadas por cantidad de muestra (para obtener gráficos comparables) y por contenido de Hg. Se procede a evaluar los datos por niveles de concentración y por contenido de Hg.

El **grupo A**, corresponde a los productos denominados “**vegetales frescos**”. Para su análisis se consideraron los siguientes rangos de concentración de Hg:

- Menor a 3 µg/kg
- Entre 3-10 µg/kg
- Mayor a 10 µg/kg

Cabe destacar que, para este tipo de productos, los LD y LC fueron 3 y 10 µg/kg respectivamente.

La cantidad total de muestras de vegetales frescos analizadas durante el periodo 2014-2019 fue de 178, de las cuales se destaca la gran cantidad de frutas frescas, bayas y cereales analizadas.

Las matrices analizadas para cada tipo de vegetal fueron:

- Frutas frescas: Ciruela, damasco, durazno, granada, limón, mandarina, manzana, naranja, pera y aceituna.
- Bayas: Arándano, frutilla, uva y mora.
- Cereales: cebada, maíz y trigo.
- Hortalizas: Batata, cebolla, choclo, haba, remolacha y tomate.
- Semillas: Chía, lino, sésamo y quínoa
- Legumbres: Poroto (solamente se obtuvieron resultados provenientes del análisis de 2 muestras).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

En la Figura 7 se presenta la cantidad de muestras analizadas para cada tipo de vegetal fresco estudiado y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

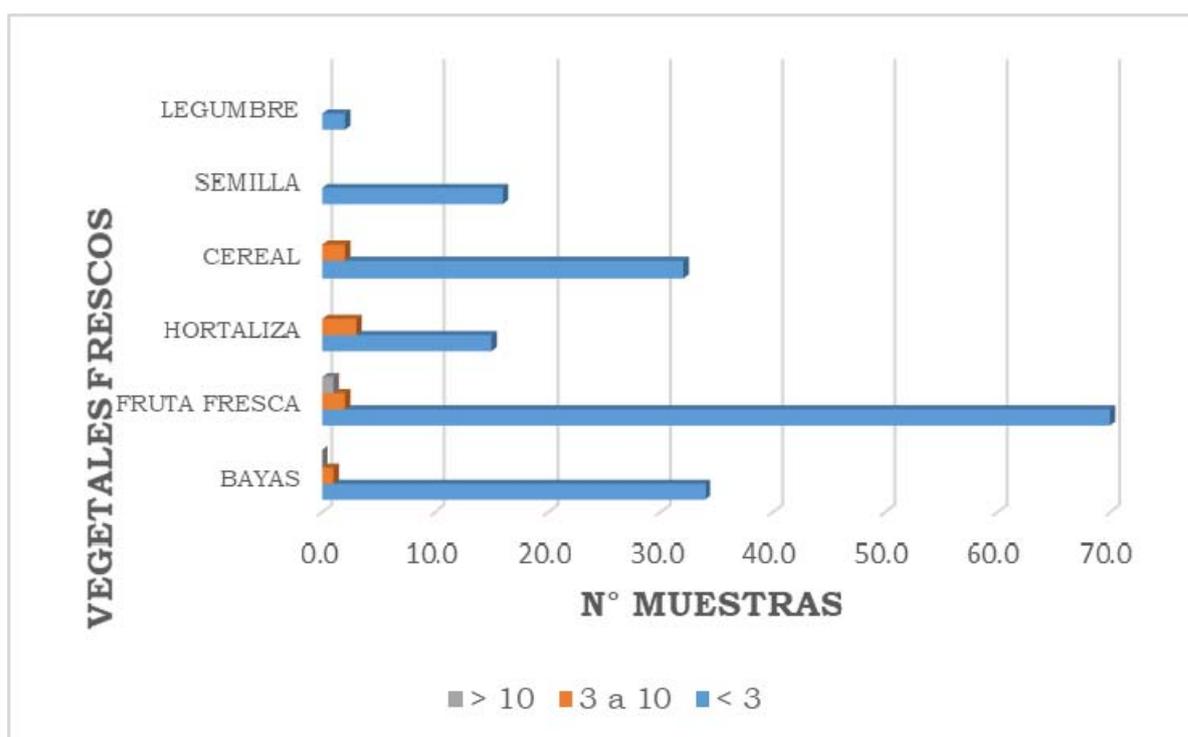


Figura 7: Cantidad de muestras para cada tipo de vegetal fresco estudiado y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

Como podemos observar en la Figura 7, la mayor cantidad de muestras corresponden a frutas frescas, cereales, bayas, hortalizas y semillas. Las frutas frescas son los vegetales frescos que presentan mayor contenido de muestras con valores mayores a 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Al evaluar el porcentaje de muestras de vegetales frescos por rango de concentración de Hg obtenido se obtuvo la Figura 8.

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

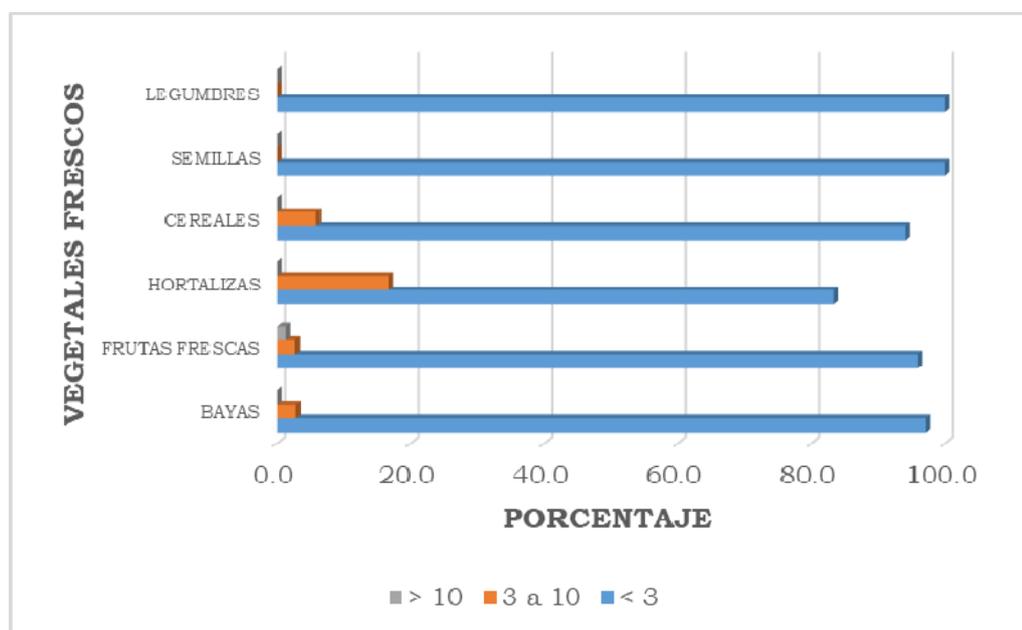


Figura 8: Porcentaje de muestras de vegetales frescos por rango de concentración de Hg obtenido durante el periodo 2014-2019.

Del análisis de la Figura 8 se desprende que, en la mayoría de los datos relevados correspondientes a vegetales frescos, la concentración de Hg fue de $< 3 \mu\text{g}/\text{kg}$ (LD). Asimismo, el 16.7% de las hortalizas analizadas presentaron concentraciones de Hg entre 3 y $10 \mu\text{g}/\text{kg}$. Por último, en el 1.4% de las frutas frescas se observaron concentraciones de Hg superiores a $10 \mu\text{g}/\text{kg}$.

El **grupo B**, corresponde a los productos denominados “**vegetales procesados**”. Para su análisis se consideraron los siguientes rangos de concentración de Hg:

- o Menor a $3 \mu\text{g}/\text{kg}$
- o Entre $3\text{-}10 \mu\text{g}/\text{kg}$
- o Mayor a $10 \mu\text{g}/\text{kg}$

Cabe destacar que, para este tipo de productos, los LD y LC fueron 3 y $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ respectivamente.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

La cantidad total de muestras de vegetales procesados analizadas durante el periodo 2014-2019 fue de 2365. Las matrices analizadas en cada grupo de vegetales procesados fueron:

- Jugos concentrados (JCONC): ananá, ciruela, durazno, granada, limón, membrillo, mandarina, manzana, naranja, pera, pomelo, uva, zanahoria y frutos rojos.
- Jugos pre-concentrados (JPREC): uva, manzana, granada y limón.
- Jugos simples: granada, limón, naranja, pera, manzana y uva.
- Pulpas simples: damasco, durazno, limón, manzana, membrillo, naranja, tomate, pera.
- Pulpas concentradas (PULPA CONC): ciruela, damasco, durazno, manzana, pera y zapallo.
- Frutas deshidratadas: manzana, pera, banana.
- Vegetales deshidratados: lúpulo, garcinia Camboya, hongo, te negro, té verde, yerba mate.
- Envasados naturales: tomate, arveja, choclo, poroto, lenteja, garbanzo, mezcla de hortaliza, durazno, manzana, pera, mezcla de frutas.
- Dulce de frutas.

En la Figura 9 se presenta la cantidad de muestras para cada tipo de vegetal procesado estudiado y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

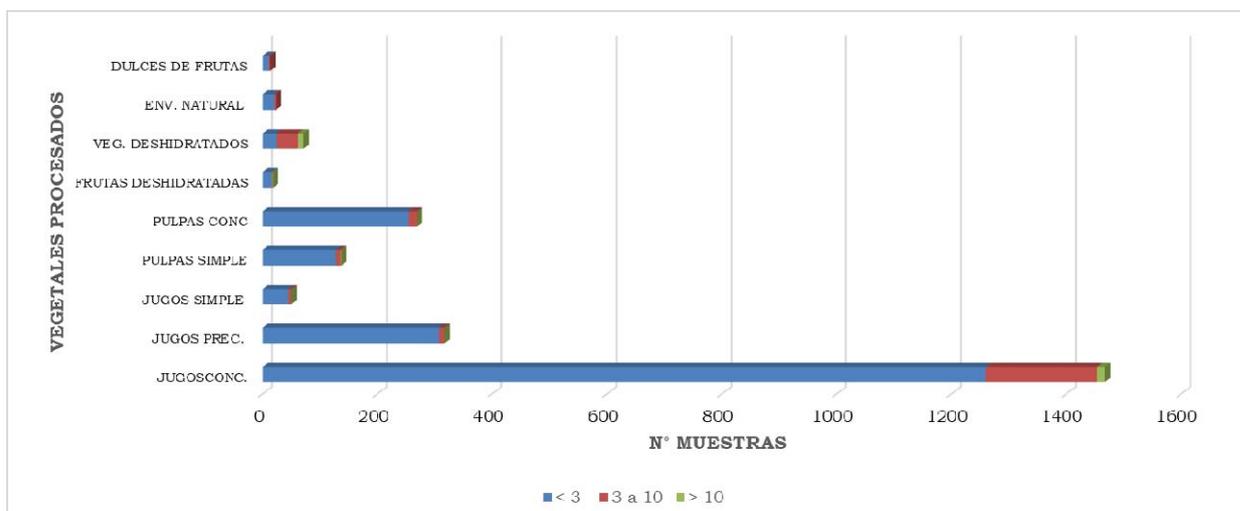


Figura 9: Cantidad de muestras para cada tipo de vegetal procesado estudiado y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

Como se puede apreciar en la Figura 9, la mayor cantidad de muestras analizadas corresponden a jugos y pulpas de frutas; y en menor escala a vegetales deshidratados. Al evaluar el porcentaje de muestras de vegetales procesados por rango de concentración de Hg obtenido se obtuvo la Figura 10.

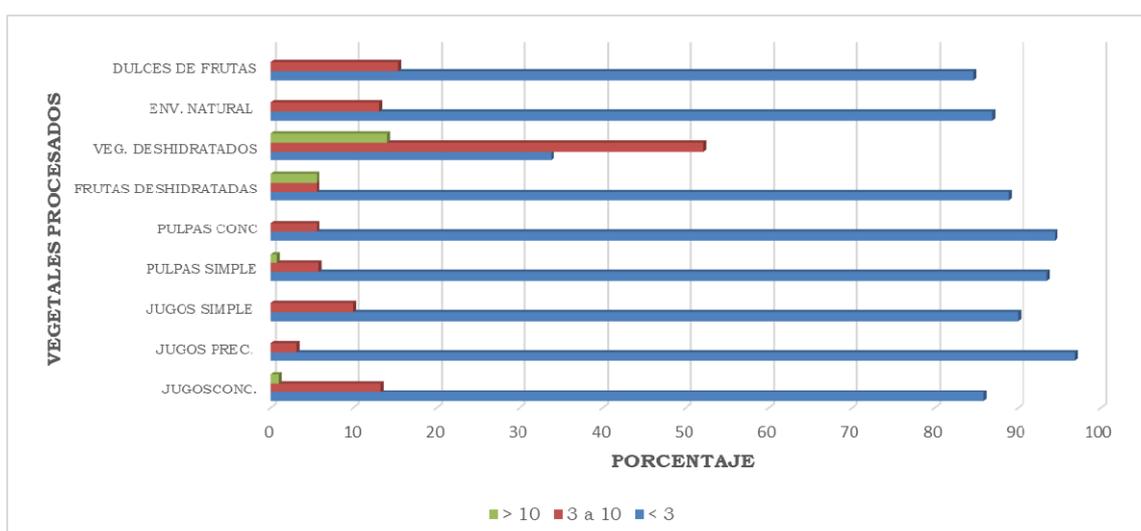


Figura 10: Porcentaje de muestras de vegetales procesados por rango de concentración de Hg obtenido durante el periodo 2014-2019.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Del análisis de la Figura 10 se desprende que, en la mayoría de los datos relevados correspondientes a vegetales procesados, la concentración de Hg fue de $<3 \mu\text{g}/\text{kg}$ (LD). Asimismo, el 52.3 % de los vegetales deshidratados presentaron concentraciones de Hg entre 3 y $10 \mu\text{g}/\text{kg}$. Por último, el 14.1% de los vegetales y el 5.6% de las frutas deshidratadas presentaron concentraciones de Hg superiores a $10 \mu\text{g}/\text{kg}$. Asimismo, para el caso de jugos concentrados y pulpas simples de fruta, el 1% de los datos analizados superaron los $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ de Hg.

El **grupo C**, corresponde a varios alimentos. Los mismos fueron divididos en los siguientes grupos:

- a) Vinos, almidón/harinas, azúcar, sal de mesa, aceite vegetal
- b) Golosinas
- c) Alimentos en polvo para preparar
- d) Productos cárnicos (músculo, hígado) y pescados

En este caso, dada la diversidad de alimentos, para la evaluación de los resultados, los mismos fueron agrupados de acuerdo a diferentes rangos los de concentración de Hg según los LC del método analítico empleado (ICP-MS) determinados en cada caso (Tabla N° 5).

d) Vinos, almidón/harinas, azúcar, sal de mesa, aceite vegetal:

En este caso, para su evaluación, se consideraron los siguientes rangos de concentración de Hg:

- o Menor a $3 \mu\text{g}/\text{kg}$
- o Menor a $10 \mu\text{g}/\text{kg}$
- o Menor a $50 \mu\text{g}/\text{kg}$

En la Figura 11 se presenta la cantidad de muestras para cada tipo de alimento estudiado y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

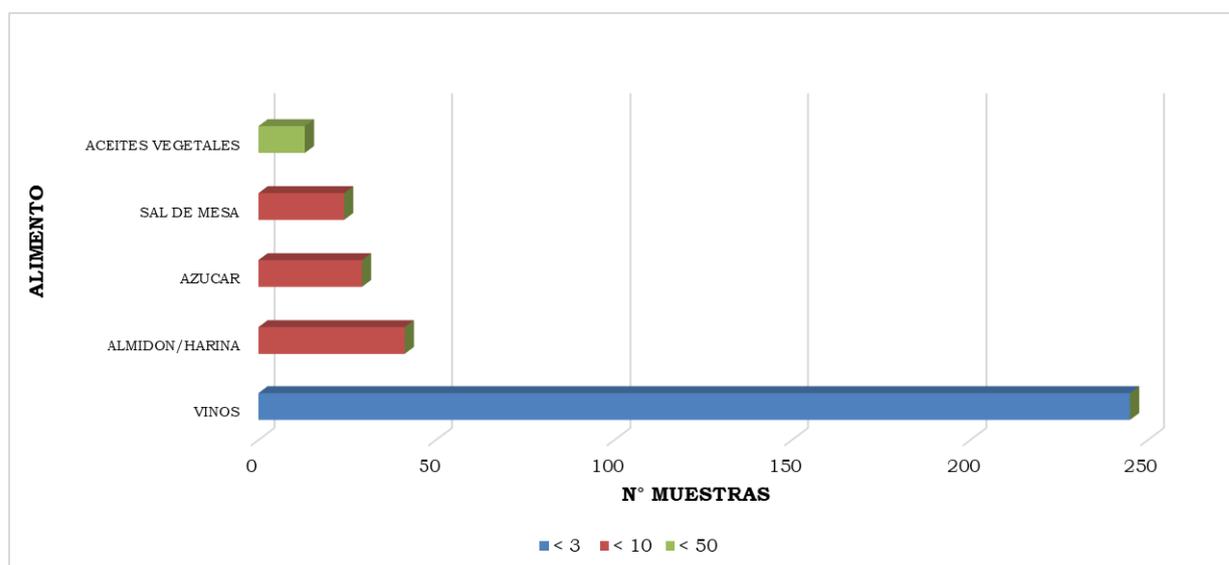


Figura 11: Cantidad de muestras para cada tipo de alimento estudiado y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

De la Figura 11 se desprende la siguiente información:

- **Vinos:** Se analizaron un total de 245 muestras, de las cuales, en ninguno de los casos se superaron los 3 µg/kg de Hg (LC).
- **Almidón y harinas:** En este grupo de productos se analizaron 41 muestras, las cuales corresponden a almidón de maíz, harina de trigo, soja y maíz. En este caso, todas las muestras presentaron concentraciones de Hg por debajo de 10 µg/kg (LC).
- **Azúcar:** Se analizaron 29 muestras, el total de ellas contenían menos 10 µg/kg de Hg (LC).
- **Sal de mesa:** La cantidad de muestras analizadas fue de 24, y la concentración de Hg hallada fue de < 50 µg/kg (LC).
- **Aceite vegetal:** De este producto, solo se analizaron 13 muestras (correspondientes a oliva, girasol y maíz). En este caso, el 15.4% de las muestras presentaron concentraciones de Hg por debajo de 50 µg/kg (LC).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

e) Golosinas:

En este caso, para su evaluación, se consideraron los siguientes rangos de concentración de Hg:

- Menor a 30 µg/kg (LC)
- Menor a 50 µg/kg

En este grupo de alimentos, se analizaron un total de 206 muestras correspondientes a caramelos, chicles, turrónes, chocolates y barras de cereal. El porcentaje de muestras para cada tipo de golosinas relevadas durante el periodo 2014-2019 se presenta en la Figura 12.

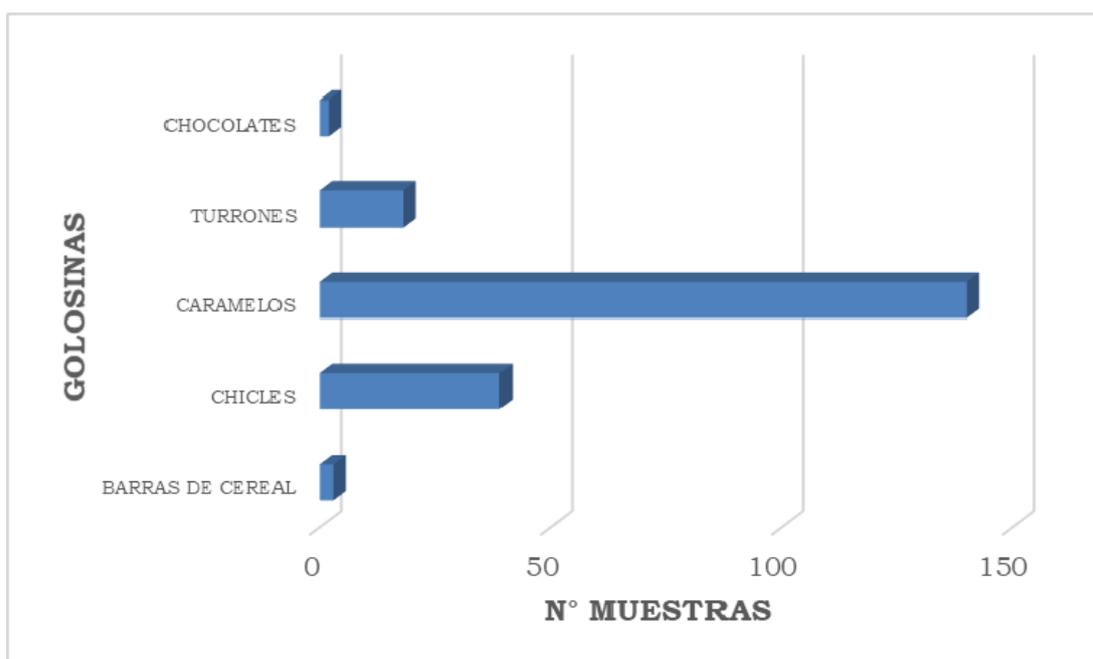


Figura 12: Cantidad de muestras para cada tipo de golosinas relevadas durante el periodo 2014-2019.

De la Figura 12, se puede observar que el mayor control se realizó sobre los caramelos, seguido por los chicles y turrónes. En todos los casos, las concentraciones de Hg se encontraron por debajo del LC (30 µg/kg).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

c) Alimentos en polvo para preparar:

En este caso, para su evaluación, se consideraron los siguientes rangos de concentración de Hg:

- o Menor a 20 µg/kg (LD)
- o Menor a 50 µg/kg (LC)

En este caso, se analizaron un total de 101 muestras correspondientes a bizcochuelo para preparar, gelatina en polvo, jugo en polvo para preparar, flan en polvo y dulce de leche en polvo. El porcentaje de muestras para cada tipo de alimento en polvo relevadas durante el periodo 2014-2019 se presenta en la Figura 13.

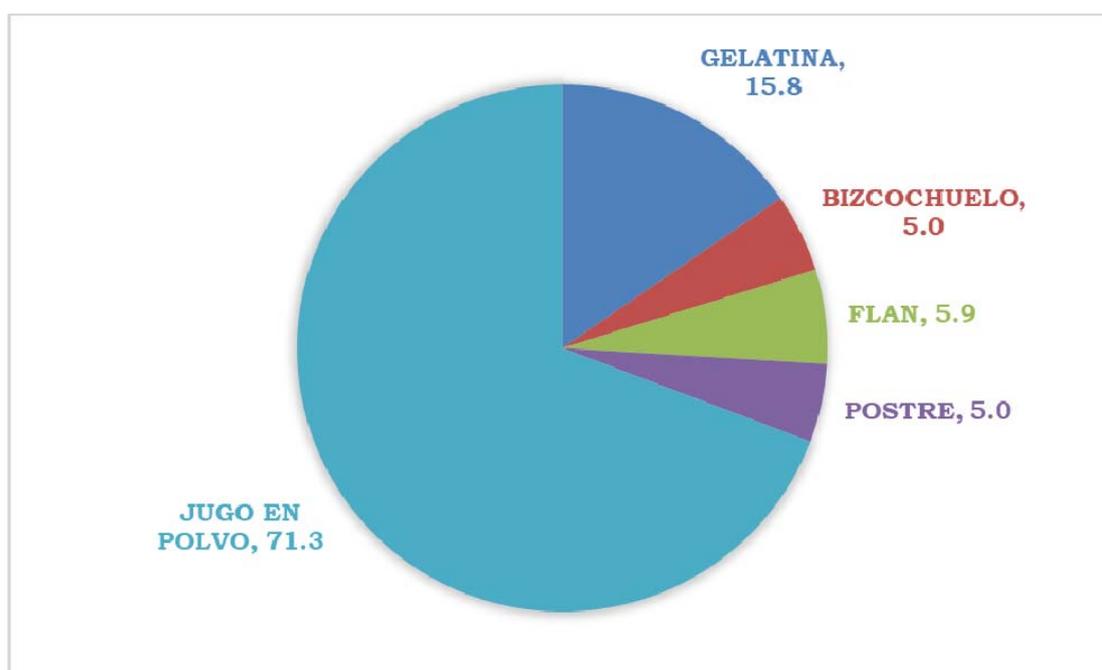


Figura 13: Porcentaje de muestras para cada tipo de alimento en polvo relevados durante el periodo 2014-2019.

En todos los casos, las concentraciones de Hg se encontraron por debajo del LC (50 µg/kg).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

d) Productos cárnicos y pescados:

Para la evaluación de Hg en productos cárnicos y pescados, se consideraron rangos más amplios que los evaluados en los incisos anteriores, debido a que el Hg, en estos productos se encuentra en mayor concentración. Los rangos evaluados fueron:

- Menor a 10 µg/kg (LC)
- Menor a 100 µg/kg
- Menor a 500 µg/kg
- Menor a 1000 µg/kg

En este caso, se analizaron un total de 170 muestras correspondientes a envasado natural de atún, caballa y sardina, músculo de trucha, perca y parca, músculo e hígado bovino, ovino, equino, porcino y aves. Dada la cantidad de muestras analizadas en los distintos tejidos, se decide expresar la misma en porcentaje para su evaluación. Los mismos se presentan en la Figura 14, y corresponden a las muestras de productos cárnicos y pescados relevadas durante el periodo 2014-2019.

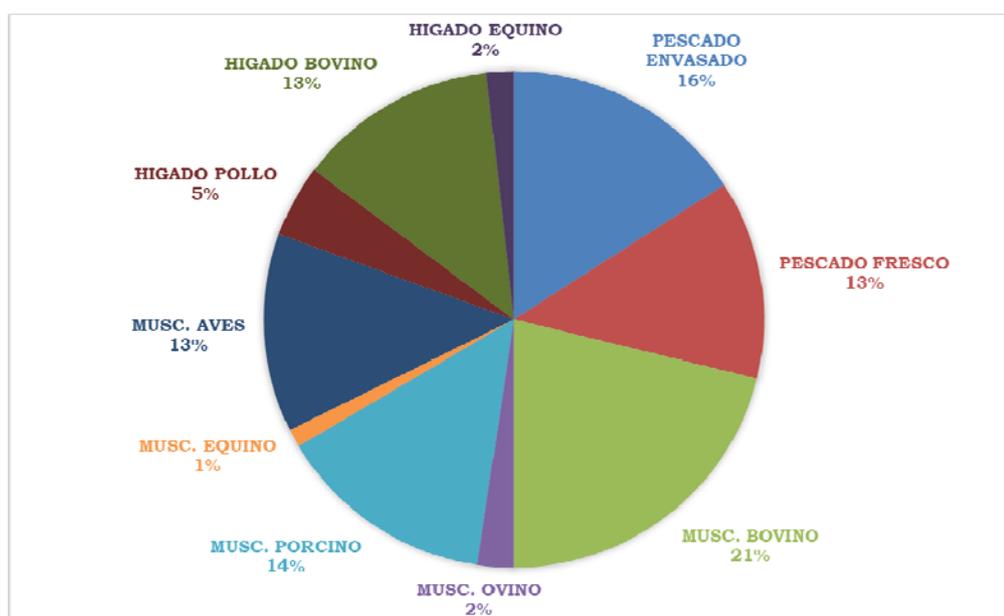


Figura 14: Porcentaje de muestras de productos cárnicos y pescados relevados durante el periodo 2014-2019.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

En este gráfico, se observa que la mayoría de las muestras corresponden a músculo bovino, aves y porcino, envasado de pescado, pescado fresco e hígado de pollo, distribuyéndose la cantidad de muestras entre 5% y 21%. Los demás datos, se encuentran entre 1% y 2% del total de muestras, las mismas corresponden a músculo equino, músculo bovino e hígado equino.

En la Figura 15 se presenta el porcentaje de muestras para cada tipo de producto cárnico y pescado estudiado y el rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

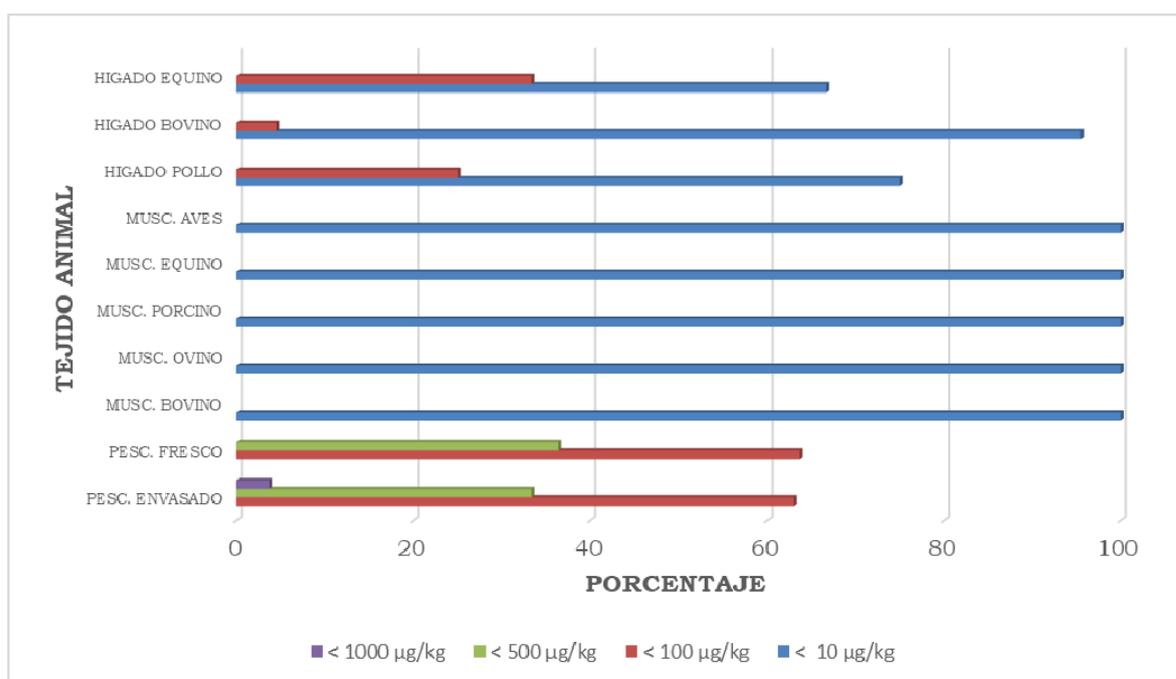


Figura 15: Porcentaje de muestras para cada tipo de producto cárnico y pescado estudiado y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

Del análisis de la Figura 15 se desprende que, en todos los músculos relevados (bovino, ovino, porcino, y aves) la concentración de Hg fue de < 10 µg/kg (LC). Sin embargo, se observó que el 25 % de las muestras de hígado pollo analizadas

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

contenían concentraciones de Hg entre 10 y 100 ($\mu\text{g}/\text{kg}$), mientras que el 4.5 y el 33.3 % de los hígados bovinos y equinos presentaron concentraciones entre 10 a 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Para el caso de pescado envasado, se observó que, del total de datos analizados, el 63.0% presentó concentraciones de Hg por debajo de 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$, un 33.3 % por debajo de 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y el 3.7 % de los datos de pescado envasado analizados superaron los 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de Hg. Asimismo, las especies evaluadas en estos enlatados fueron: atún, caballa y sardina, siendo el atún la especie que presentó muestras con mayor contenido de Hg. La mayor diferencia entre los datos de pescado fresco respecto a pescado envasado, se debe a que en pescado envasado un 3,7% de las muestras superaron los 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

El **grupo D**, corresponde a los productos denominados “aditivos alimentarios e insumos industriales”, tales como: esencias, colorantes, goma, sales, jarabes, antiadherentes, antiespumantes, gelificantes. Para su análisis se consideraron **rangos mayores a los** evaluados en los incisos anteriores, debido a que el LC para estos productos es mayor. Los rangos utilizados para evaluar fueron:

- Menor a 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (LC)
- Menor a 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$
- Menor a 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$

En este caso, se analizaron un total de 232 muestras correspondientes a insumos industriales, sales, ácidos orgánicos, jarabes, goma alimenticia, colorantes y esencias. Dada la cantidad de muestras analizadas en los distintos aditivos, se decide evaluar las mismas considerando los porcentajes de muestras de aditivos alimentarios e insumos industriales relevados durante el periodo 2014-2019, estos datos son presentados en la Figura 16.

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE



Figura 16: Porcentaje de muestras de aditivos alimentarios e insumos industriales relevados durante el periodo 2014-2019.

De la Figura 16, podemos ver que el mayor porcentaje de muestras analizadas, corresponden a insumos industriales. Dentro de este grupo se encuentran gel de sílice, glicerina, carboximetilcelulosa, antiadherentes, antiespumantes, antioxidantes, entre otros. Le siguen en proporción de muestras las esencias y sales (tales como carbonatos, fosfato diamónico, citratos), colorantes y gomas grado alimenticio.

En la Figura 17 se presenta el porcentaje de muestras para cada tipo de producto estudiado y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

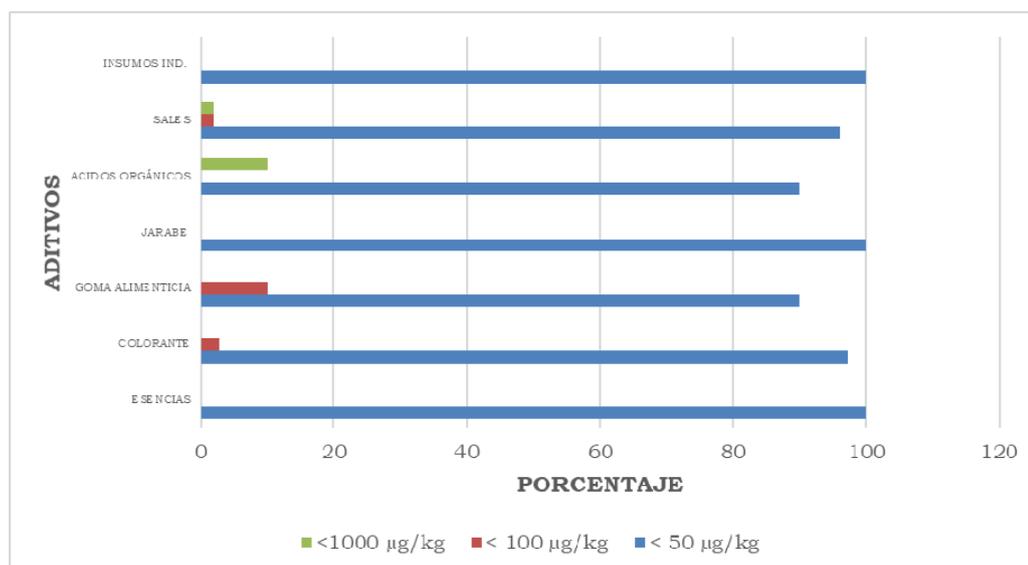


Figura 17: Porcentaje de muestras de aditivos alimentarios e insumos industriales estudiados y rango de concentraciones de Hg relevadas durante el periodo 2014-2019.

De esta figura, se desprende que solamente los ácidos orgánicos y algunas sales presentaron concentraciones de Hg por encima de 100 µg/kg.

Por otra parte, si analizamos los 4 grupos de alimentos estudiados (A, B, C y D), se observa que, para la mayoría de los productos, no se dispone de una gran cantidad de datos (en muchos casos menos de 50) lo que dificulta realizar algún tipo de análisis estadístico. Debido a esto, en los grupos correspondientes a alimentos en polvo, productos cárnicos y aditivos alimentarios, para la evaluación de los datos se utilizó el % de cada uno de los productos del grupo en lugar del número de muestra.

Al evaluar por alimento, se observó que los resultados relevados, en vegetales deshidratados, se distribuyen en los tres rangos de concentraciones de Hg (Figura 9), el 14,1 % de las presentan concentraciones superiores a 10 µg/kg. Por otro lado, se encontró que en “pulpa concentrada” y “jugo pre-concentrado” el 94,4% y el 96,8 % de los datos, respectivamente, se encontraron por debajo del nivel inferior evaluado (3 µg/kg).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Asimismo, los alimentos e insumos que presentaron concentraciones de Hg por encima de 50 µg/kg, fueron los pertenecientes a los grupos de “insumos industriales”, “colorantes”, “envasados y carne de pescado”. Los productos a base de pescado fueron los que presentaron la mayor cantidad de datos en el rango superior (mayor a 50 µg/kg) de concentraciones de Hg.

Por otra parte, los productos “jugos de fruta concentrado turbio”, “alimentos deshidratados”, “carne de pescado” y “envasados de pescado” fueron los que presentaron mayor cantidad de resultados en los rangos superiores de concentraciones de Hg considerado en cada conjunto. Los productos “envasados de pescado” y “carne de pescado” fueron los que mostraron la mayor dispersión con valores que van de < 50 µg/kg a 500 µg/kg, respectivamente.

Observaciones:

Del total de datos relevados pertenecientes a la matriz “alimentos”, solamente 170 correspondieron al tipo de producto “carne de pescado” y “envasados de pescado”. Se dispone de pocos resultados de este origen, a pesar de tratarse del producto en el que se encontraron las mayores concentraciones de Hg.

6.3. Datos provistos por el SENASA

La información presentada a continuación fue obtenida del portal oficial del estado Argentino: Argentina.gov.ar (<https://www.argentina.gov.ar/senasa/programas-sanitarios/plan-creha/plan-creha-animal>) y corresponde a los datos del Plan Nacional de Control de Residuos e Higiene en Alimentos CREHA, correspondientes a los años 2016 y 2018. Para el período 2017, el SENASA no presentó el detalle de los resultados obtenidos, como sucedió en los dos períodos mencionados, pero si indica el análisis de contaminantes químicos en 2351 muestras, sin indicar el cumplimiento de los niveles de aceptación.

Los resultados de los monitoreos correspondientes a los años 2016 y 2018, se presentan en la Tabla N° 6. Los valores obtenidos fueron comparados tanto con los máximos establecidos en el CAA como por el SENASA (Tabla N° 3) clasificando los

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

resultados obtenidos como “No Detectado (ND)” o “Positivo o Excedido (Exc)”.

Tabla N° 6: Valores de Hg ($\mu\text{g}/\text{kg}$), por rangos, obtenidos por el SENASA para productos animales durante los años 2016 y 2018.

SENASA

%	BOVINOS Faenados			OVINOS			PORCINOS			AVES			PESCA			LECHE CRUDA		
	ND	Positivo	Exc	ND	Positivo	Exc	ND	Positivo	Exc	ND	Positivo	Exc	ND	Positivo	Exc	ND	Positivo	Exc
2016	99	1	0,0	0	0	0	93	7	0	94	6	0	45	56	0	100	0	0
2018	90	10	0,0	100	0	0	93	7	0	82	18	0	32	68	0	0	0	0

Exc: corresponde a los valores que exceden al valor permitido

Para una mejor visualización de los datos, los mismos se presentan en la Figura 18.

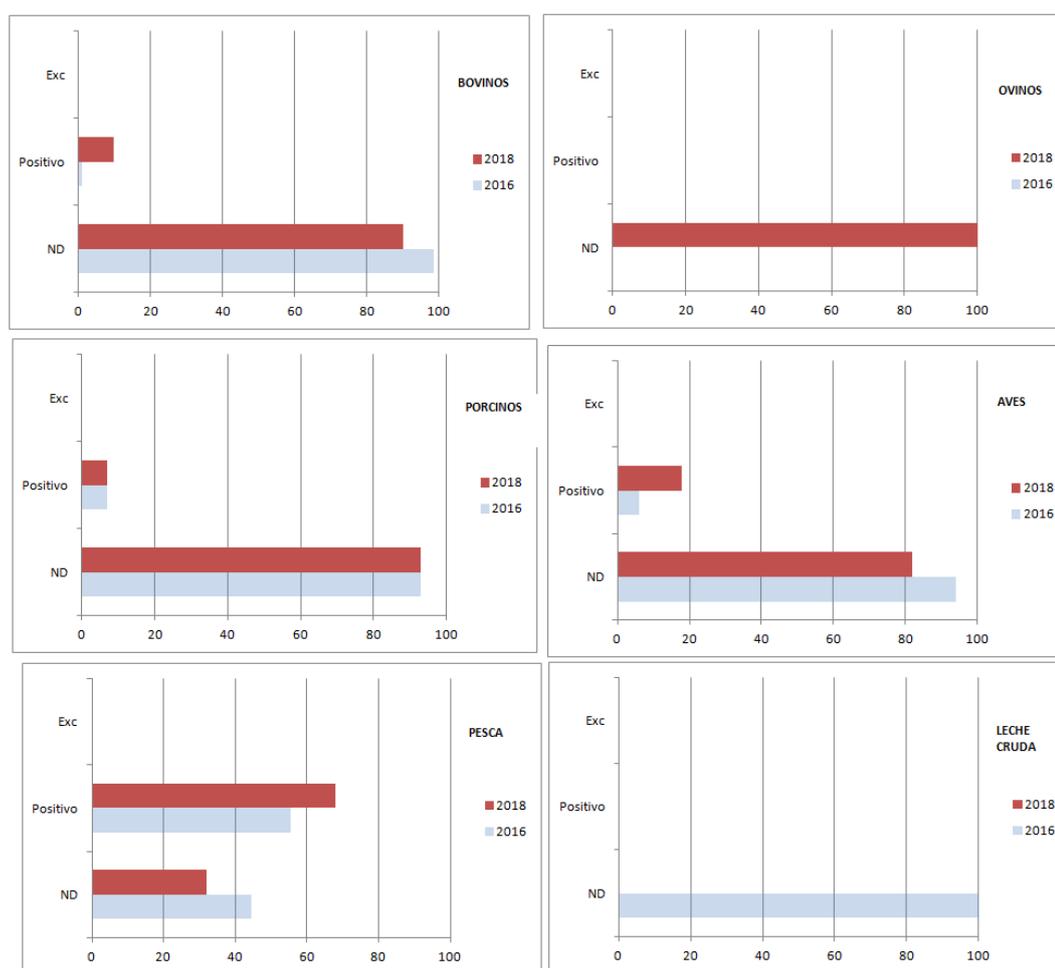


Figura 18: Valores de Hg ($\mu\text{g}/\text{kg}$), por rangos, obtenidos por el SENASA para productos animales durante los años 2016 y 2018.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

De la Figura 18 se desprende que, del total de productos analizados durante los periodos informados (373 en el 2016 y 358 en el 2018), la mayor proporción de resultados “Positivos” estuvo relacionada con los productos de pesca (56% en el 2016 y 68% en el 2018).

Para el caso de aves, los resultados “Positivos” no superaron el 20% (aunque el valor resultó significativo), mientras que, para bovinos y porcinos, los resultados no alcanzaron el 10%. En todos los casos analizados, dichos resultados “Positivos” se encontraron por debajo de las concentraciones de Hg establecidas en la legislación vigente según lo informado por SENASA (Exc: corresponde a los valores que exceden al valor permitido*). Para el caso de leche y ganado ovino no se observaron resultados “Positivos” en ninguno de los períodos informados.

*Valor permitido: Valores máximos detallados en la Tabla N° 3.

7. EVALUACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS CON RESPECTO A LEGISLACIONES VIGENTES

Los diferentes resultados de concentraciones de Hg obtenidos, han sido comparados con las siguientes legislaciones o valores guías:

- A. CODEX STAN 193-1995** – Enmienda 2015: Control de Hg total en agua mineral y sal alimentaria, y Metil Hg en productos de pesca.
- B. Reglamento UE 1881/2006** (última actualización febrero del 2018): Regula el contenido de Hg en “productos de la pesca” y “suplementos alimenticios”.
- C. Reglamento UE 073/2018** (última actualización enero del 2018): Modifica los anexos II y III del Reglamento (CE) n.o 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, en lo relativo a los límites máximos de residuos de compuestos de Hg en determinados productos alimentarios”.
- D. Reglamento (EC) No 149/2008** (Aplica a Suiza): Regula el contenido de Hg y compuestos derivados en productos de origen vegetal.
- E. AIJN – European Fruit Juice Association** – Code of Practice: Establece los

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

valores máximos permitidos de Hg para “jugos y pulpas de fruta y hortalizas”.

- F. Turkish Food Codex** - Gazette number 29899 - 31/12/2016: Regula el contenido de Hg en productos vegetales.
- G. Sanitary and Phytosanitary (SPS) requeriment for exporting to the Russian Federation:** Regula el contenido de Hg y cloruro de etilmercurio en productos de origen vegetal y animal, según lo establecido por la ley Federal de la Federación Rusa (THE RUSSIAN FEDERATION FEDERAL LAW).
- H. Australian New Zealand Food Standards Code, 2015** (Australia): Regula el contenido de Hg en pescados y mariscos.
- I. Chinese National Food Sanitation Standard** (Secretary for Food and Health): Regula el contenido de Hg y metilmercurio en alimentos de origen vegetal y animal de diferentes orígenes.
- J. Specifications and Standards for Foods.** Under the food sanitation act, 2010 (Japón): Regula el contenido de Hg en pescados, para importación de productos.
- K. Sanitation Standard for Contaminants and Toxins in Food of Taiwan:** Establece los niveles máximos de Hg y metilmercurio en distintos alimentos.
- L. Government of Canada.** Maximum levels for chemical contaminants in foods: Regula el contenido de Hg en pescados y mariscos.
- M. MERCOSUR:** Legisla los límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos 2013. Brasil: Regula el contenido de Hg en pescados y mariscos.
- N. Ministerio de Salud de Chile** - Decreto 977 (actualizada). Art. 160: Regula el contenido de Hg en alimentos de origen animal y vegetal.
- O. Código Alimentario Argentino** (Capítulo III): Establece los valores máximos permitidos para contaminantes químicos. Regula el contenido de Hg solamente para productos de la pesca.

De los datos relevados se observa que:

Para el caso de productos tales como pulpas de frutas, jugos de frutas, salsas, vegetales enlatados, frutas frescas, hortalizas, bayas deshidratadas y orejones de frutas, en todos los casos, los valores de Hg obtenidos se encontraron por debajo del valor

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

máximo permitido según la AIJN (10 µg/kg). Cabe destacar que, en algunos casos, para productos tales como deshidratados y jugos concentrados, se observaron valores que excedían los 10 µg/kg de Hg. De todas maneras, se menciona que estos productos se consumen diluidos (al menos 5 veces), con lo cual las concentraciones del contaminante se encontrarían dentro de los valores establecidos.

Para el caso de legumbres, semillas y cereales, las legislaciones que los regulan coinciden en determinar como valor límite de Hg 0,01 mg/kg (10 µg/kg), excepto Chile que para cereales establece un límite de 0,05 mg/kg (50 µg/kg). En todos los casos, los valores obtenidos en el presente trabajo se encontraron dentro de la legislación más estricta.

La legislación que contempla el contenido de Hg en miel, es la UE (Unión Europea), que establece como nivel máximo 0.01 mg/kg (10 µg/kg). El valor evaluado se encuentra dentro de esta legislación. El almidón, también se encuentra legislado por UE, con un límite de 0.01 mg/kg (10 µg/kg), el valor también cumple con esta legislación. Comparando las distintas legislaciones, se observa que la más estricta establece un límite 10 µg/kg para “harina” y “azúcar”, los resultados obtenidos con estos productos, se encontraron por debajo del valor máximo permitido, por lo que se observó que los datos cumplen con dicha legislación.

Dentro del grupo de productos relevados como insumos industriales se incluyeron a los coadyuvantes de proceso y aditivos alimentarios permitidos por el CAA. En este caso, se observó que el 2% de los resultados relevados se encontraron por encima de 100 µg/kg. Al comparar estos resultados con lo establecido en el CAA (Cap. XVIII), en el cual los valores máximos se encuentran entre 100 a 1000 µg/kg, se observó que algunos productos no estarían cumpliendo con dicha legislación, como ocurre con las muestras de ácidos orgánicos. En estos casos, se menciona que la cantidad de este

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

tipo de productos que se adiciona durante la elaboración de algún alimento, en general, se encontraron por debajo del 1%. Esto representa un contenido de Hg despreciable en el producto final a consumir. El mismo comportamiento se observó para el caso del producto colorantes alimentarios.

Finalmente, en cuanto a los tipos de productos a base de pescado, si bien se relevaron algunos valores de concentraciones de Hg positivos (esto es superior al LC), en todos los casos, los mismos se encontraron por debajo de lo establecido en las legislaciones (ya que normalmente el valor máximo permitido se encuentra entre 0,5 y 1 mg/kg). En cuanto a músculos e hígados de animales terrestres, se observó que para el caso de hígado de equinos y aves (pollo), si bien los valores relevados cumplen con la legislación argentina y con la legislación China (Asia) no cumplen con la legislación de UE (Regulation (EU) 2018/73). De las legislaciones encontradas, las 3 mencionadas son las únicas que controlan este tipo de alimento.

8. EVALUACIÓN DE LA PRESENCIA DE Hg EN MERCADERÍAS DE IMPORTACIÓN (ALERTAS Y/O RECHAZOS).

Con el objetivo de recabar información vinculada con alertas y/o rechazos relacionados con la presencia de Hg en mercaderías de importación en los últimos tiempos, se consultaron diferentes sistemas de alertas y/o portales nacionales e internacionales.

A nivel nacional, la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) cuenta con un sistema de alertas y retiros para alimentos, cosméticos y perfumes, domisanitarios, medicamentos y productos químicos. El mismo es de dominio público y se accede desde la página web de la ANMAT (<https://www.argentina.gob.ar/anmat/alertas>). Durante el período 2018-2019 la ANMAT no ha reportado alertas o retiros en alimentos vinculados con la presencia de Hg.

Por otra parte, en la provincia de Córdoba, la Dirección General de Control de la Industria Alimenticia, posee un sistema de alertas en alimentos

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

(<http://www.cba.gov.ar/comunicados-alertas-alimentarias/>). En los períodos relevados (2015-2019), tampoco se observaron alertas por presencia de Hg en alimentos.

Asimismo, en la provincia de Santa Fe, la Agencia Santafecina de Seguridad Alimentaria (ASSAL), también cuenta con un sistema de alertas de productos y alimentos, (https://www.assal.gov.ar/assal_principal/moduloControl/noticiaSearch/). De igual manera, tampoco se detectaron alertas de productos vinculados a la presencia de Hg durante el periodo informado por dicha institución (2016-2019).

A nivel internacional existen varios portales que recaban y publican información relacionada con reclamos/rechazos/alertas de productos. En este caso se relevaron los siguientes portales:

- HorizonScan
- Sistema de alerta rápida para productos alimenticios y piensos (RASFF)
- Gobierno de Canadá
- Gobierno de Hong Kong

Asimismo, ciertos países publican información vinculada con rechazos de productos relacionados con determinados peligros. En este caso se relevó la información provista por el gobierno de Canadá, que tiene establecido el proceso de control de los productos que ingresan y/o se comercializan en Canadá durante 1 año. Realizan evaluación estadística de los datos y ponen a disponibilidad de los interesados el informe de los resultados de contaminantes controlados.

8.1. HORIZONSCAN (<https://horizon-scan.fera.co.uk/>)

Portal con alertas de alimentos, el cual nuclea más de 180 bases a nivel mundial. Portal de acceso arancelado. En inglés.

Se evaluó la cantidad de alertas relacionadas a la presencia de Hg en alimentos transcurridas durante el periodo 2013-2019, obteniéndose un total de 777

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

notificaciones. La Figura 19 presenta la cantidad de alertas detectadas por año.

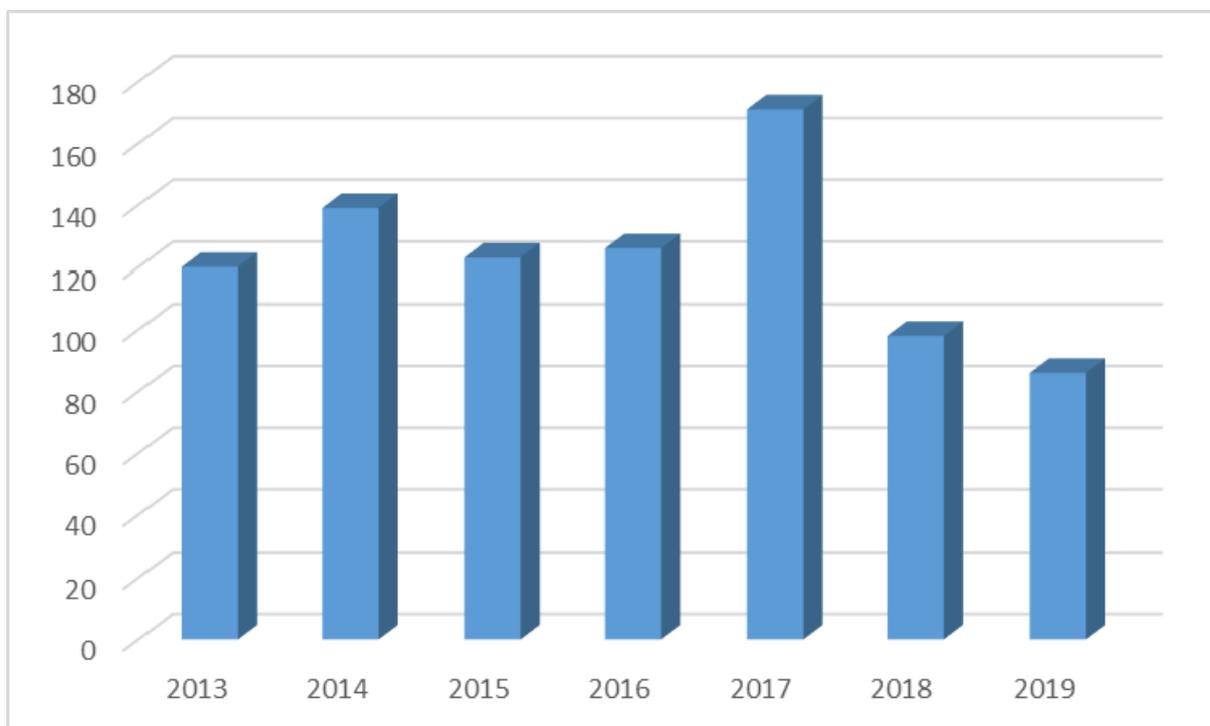


Figura 19: Frecuencia de alertas vinculadas con la presencia de Hg en alimentos durante el período 2013- 2019. Fuente: HorizonScan.

Se observa que el 2019, fue el año con menor número de notificaciones vinculadas a la presencia de Hg. De las 777 notificaciones, se observó que el 90% de los casos, corresponden a pescados frescos y procesados, el 4% a suplementos alimentarios, y el 3% a materias primas. El porcentaje restante corresponde a la detección de Hg en hierbas frescas, carnes de aves y productos avícolas, hongos y frutas pequeñas, carnes y productos cárnicos, alimentos procesados, alimentos enlatados, alimentos para niños y productos químicos utilizados en la industria alimenticia. En estos casos, no se da detalle del contenido de Hg que tiene la muestra, sino que el valor obtenido es superior al nivel legislado por la ley del país de circulación.

En la Figura 20, se representan los resultados obtenidos en el período mencionado y la distribución en las distintas matrices alimentarias analizadas.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

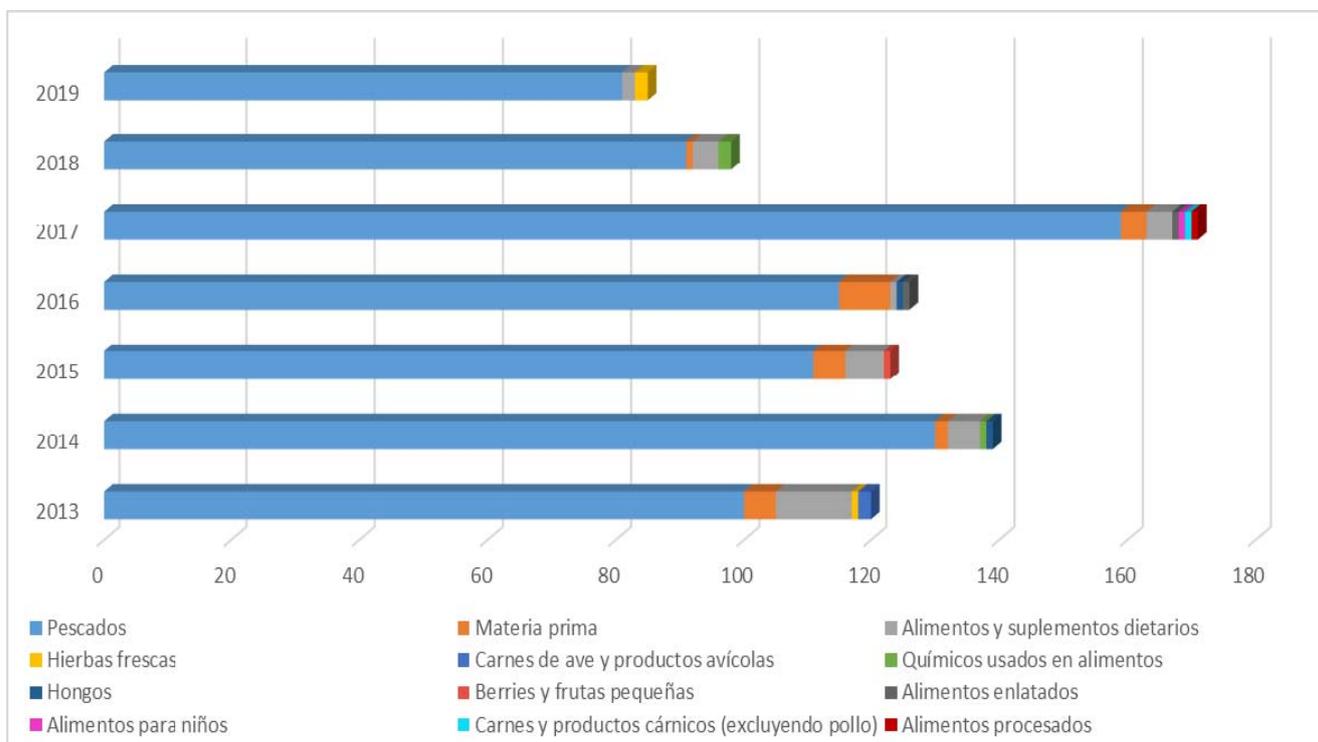


Figura 20: Frecuencia de alertas y tipo de productos vinculados con la presencia de Hg en alimentos durante el período 2013-2019. Fuente: HorizonScan.

Se observa que, durante el periodo relevado, el producto que mayor cantidad de notificaciones presentó fue el pescado. Del total de notificaciones recibidas durante el año 2013, el 83% estuvieron vinculadas a este producto, mientras que, en los períodos restantes, las muestras positivas se encontraron por encima del 90%. Asimismo, también en el 2013, se observó que la cantidad de notificaciones asociadas a la presencia de Hg en suplementos dietarios fue mayor (10% respecto del total) con respecto a los demás períodos.

A continuación, se presentan las alertas en función de los países de notificación, siendo España, Portugal y Vietnam, los países con mayor cantidad de notificaciones recibidas (productos provenientes de estos países). Gráficamente se representan en la

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Figura 21 que corresponde a los países con más de 20 notificaciones y la Figura 22 que corresponde a los países con menos de 20 notificaciones.

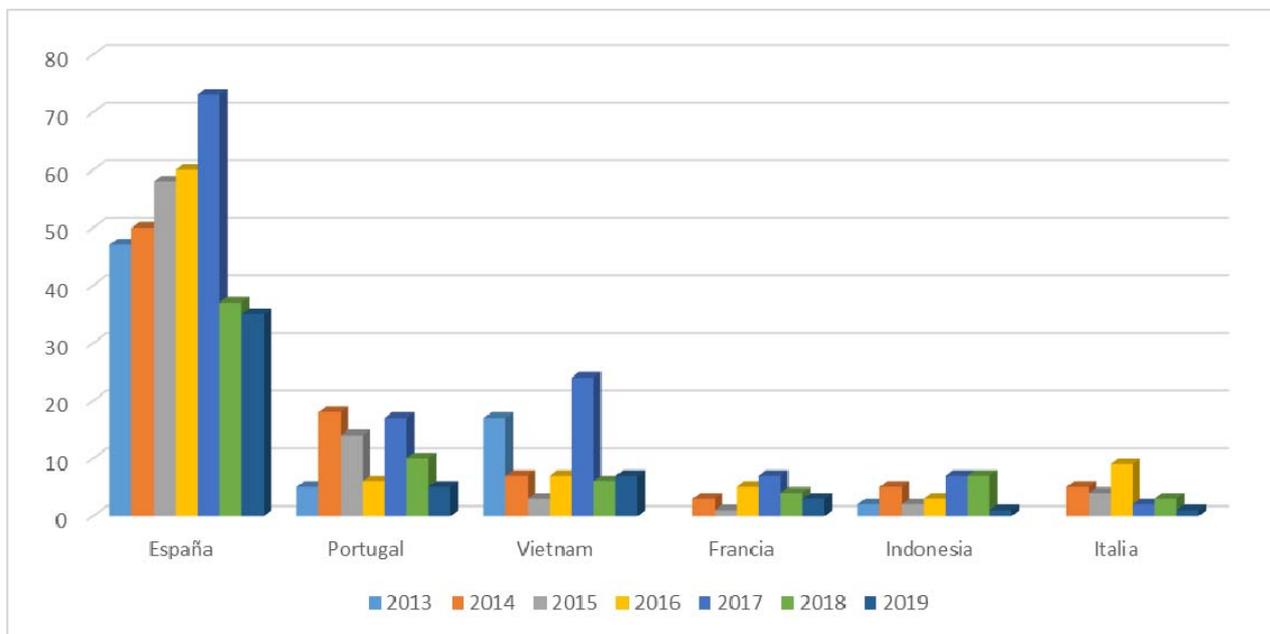


Figura 21: Frecuencia de alertas en función de los países de notificación de Hg en alimentos durante el período 2013-2019 con más de 20 notificaciones.

Fuente: HorizonScan.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

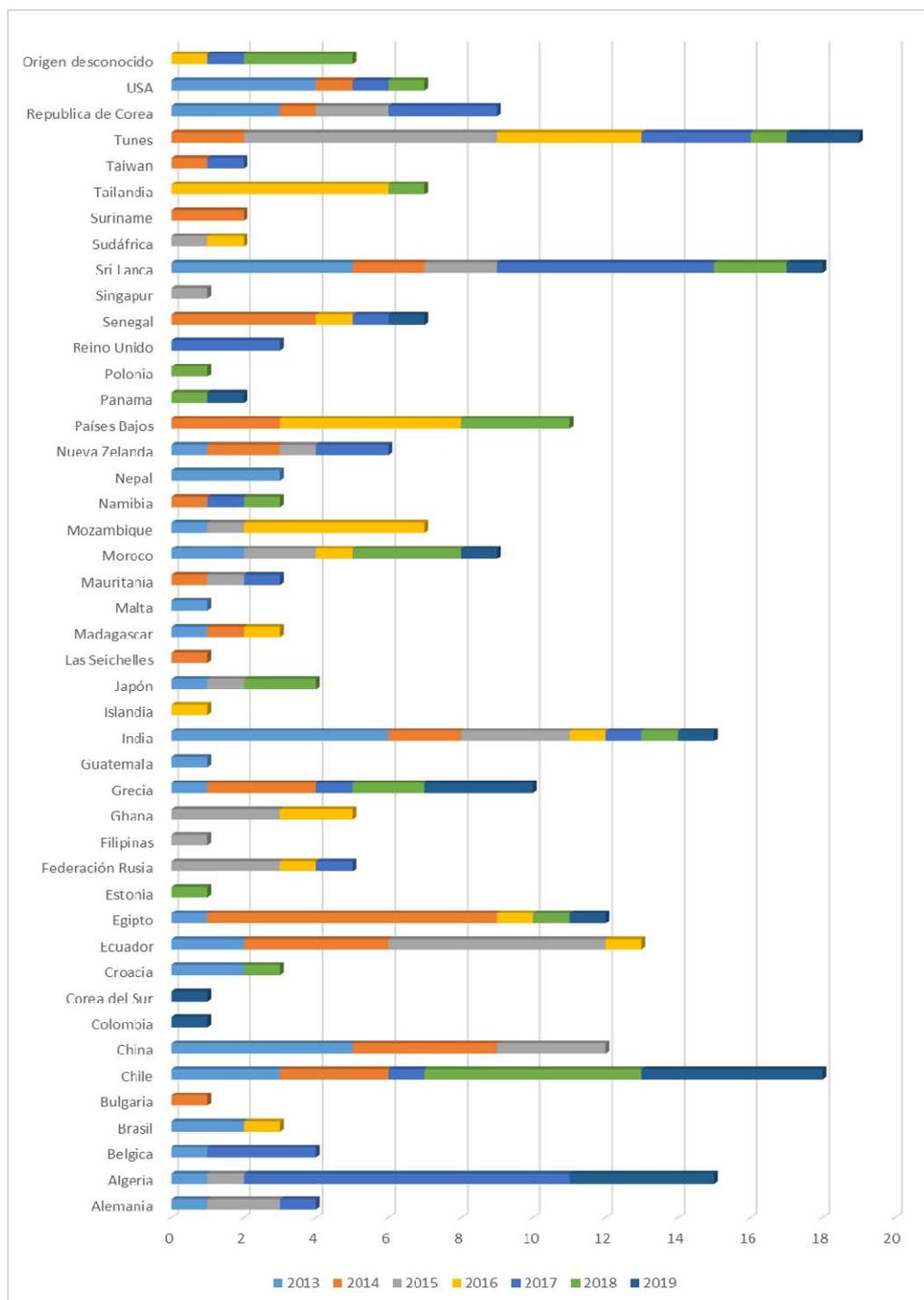


Figura 22: Frecuencia de alertas en función de los países de notificación de Hg en alimentos durante el período 2013-2019, con menos de 20 notificaciones. Fuente:

HorizonScan.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

España es el país que presenta mayor cantidad de rechazos respecto al contenido de Hg. Al evaluar el origen del material rechazado, se observa que las alertas detectadas corresponden a productos de otros países como por ej. Vietnam, Países Bajos, entre otros, que ingresan a España y se comercializan en la UE, identificándose a este último como país de origen.

España, junto con Italia y Grecia, se caracterizan por realizar una dieta mediterránea, la misma implica un alto consumo de productos de mar, lo que hace que estos países realicen mayor control de este contaminante, tanto en productos propios como en productos de importación. Además, publicaciones científicas han publicado que las concentraciones de mercurio en la población española se muestran más elevadas que las referidas a otros países europeos.

8.2 Sistema de Alerta Rápida para los Productos Alimenticios y Piensos (Rapid Alert System for Food and Feed, RASFF)

<https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=SearchForm&clean Search=1>

Este sistema incluye una red en la cual participan la Comisión Europea (CE), que es responsable de la gestión del sistema, la Autoridad Europea de Seguridad Alimenticia (EFSA), los 28 estados miembros de la Unión Europea (UE), la Asociación Europea de Libre Comercio (también conocida por sus siglas en inglés EFTA — European Free Trade Association), Noruega, Liechtenstein, Islandia y Suiza. Portal en inglés. De acceso público.

Se evaluó el período 2014-2019, observándose un total de 117 alertas vinculadas con la presencia de Hg en alimentos y piensos. Cabe destacar que durante el año 2019 tuvieron lugar la mayor cantidad de notificaciones (Figura 23), posiblemente debido a un mayor control en cuanto al contenido de Hg en alimentos, a un mayor incumplimiento de los productos.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

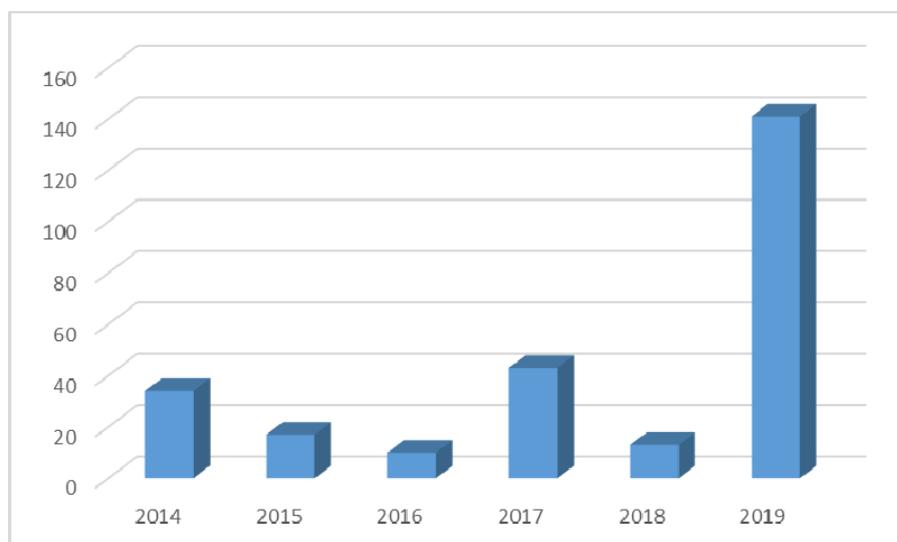


Figura 23: Frecuencia de alertas vinculadas con la presencia de Hg en alimentos durante el período 2014- 2019 - Fuente: RASFF.

De los datos obtenidos, se calculó el porcentaje de notificaciones positivas para distintos tipos de productos (Figura 24).

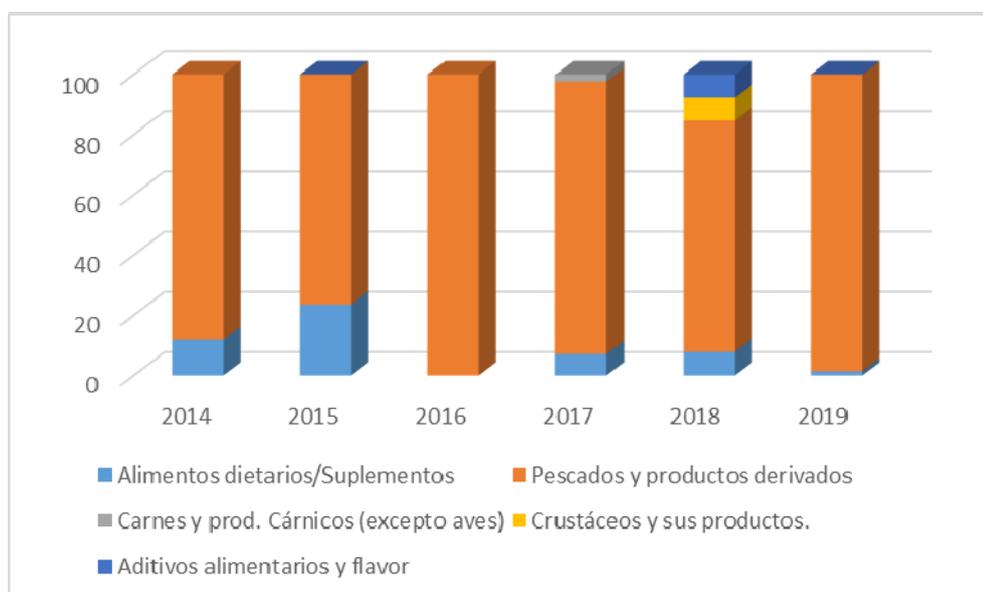


Figura 24: Frecuencia de alertas y tipo de productos vinculados con la presencia de Hg en alimentos durante el período 2014-2019. Fuente: RASFF.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Se observó que, en el año 2016, el 100 % de las notificaciones se asociaron a la presencia de Hg en pescados y productos derivados. En el caso de los períodos restantes, las notificaciones asociadas a productos de origen marino fueron del orden del 76-90%. Durante el año 2015, los aditivos estuvieron vinculados con el 10% de las notificaciones relevadas. Durante el 2019, se detectaron 141 notificaciones de Hg en alimentos, correspondiendo el 98.6% a productos de mar y el 1.4% restante correspondió a aditivos alimentarios.

En este sistema, se declaran los alimentos específicos, incluido alimento para animales, que presentan un riesgo grave para la salud humana o animal o para el medio ambiente, si los alimentos superan el valor máximo permitido, ya pasa a encontrarse dentro del sistema RASFF y aplicándose el artículo 50 del Reglamento N° 178/2002:

“La mejora de la identificación de los riesgos emergentes puede convertirse a largo plazo en un instrumento preventivo importante a disposición de los Estados miembros y de la Comunidad en la aplicación de sus políticas. Por ello es necesario asignar a la Autoridad una tarea anticipatoria de recopilar información y ejercer la vigilancia, así como la tarea de evaluar los riesgos emergentes y facilitar información para su prevención.”

8.3 GOBIERNO DE CANADÁ

<http://www.inspection.gc.ca/about-the-cfia/newsroom/food-recall-warnings/complete-listing/eng/1351519587174/1351519588221>

El Gobierno de Canadá, a través de la Agencia de Inspección Alimentaria, ha implementado un sistema de alertas vinculado a la presencia de determinados peligros en alimentos. Portal en inglés, de acceso público.

Si bien el organismo de salud del país, ha establecido niveles máximos de Hg en diferentes tipos de peces, no posee estándares establecidos para alimentos infantiles. Es por ello que, durante el periodo 2013-2014, se realizó una campaña de control de

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

este tipo de alimentos. Los resultados de este monitoreo pusieron de manifiesto que, en todos los productos evaluados, el contenido de Hg osciló entre 0,1 a 0,5 µg/kg para algunos productos tales como el puré de vegetales.

Por otra parte, en el marco del National Chemical Residue Monitoring Program, durante el periodo 2014-2015, se realizó un monitoreo de contaminantes químicos en 14.141 muestras de alimentos (Figura 25).

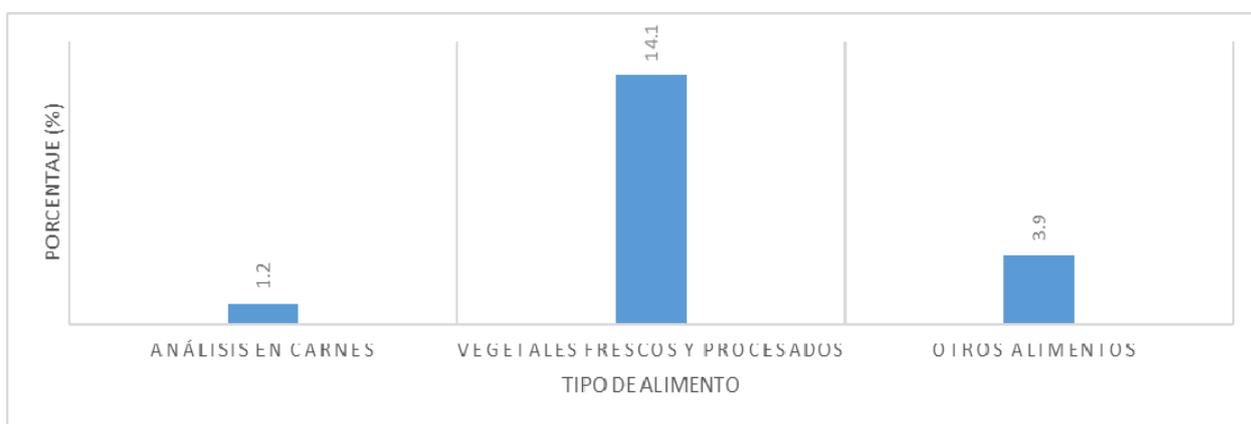


Figura 25: Porcentaje de presencia de metales pesados en alimentos durante el período 2014-2015 en Canadá. Fuente: Gobierno de Canadá.

Se observó la presencia de metales pesados en productos tales como carnes (1,2%); vegetales frescos y procesados (14,1%) y otros alimentos entre los que se incluyen a la leche cruda, quesos, productos de alce, miel, huevos y otros alimentos procesados (3,9%).

Asimismo, durante el período 2015-2016, el National Chemical Residue Monitoring Program junto con el programa de Supervisión de la Seguridad Alimentaria (FSO), generaron información de cumplimiento sobre varios grupos de alimentos básicos consumidos regularmente por los canadienses. Dicho monitoreo se focalizó en el control de residuos de plaguicidas, drogas veterinarias, metales (arsénico, cadmio, plomo, mercurio, estaño y cobre), contaminantes medioambientales en alimentos (dioxinas, furanos, bifenilos policlorados (PCBs), hidrocarburos poliaromáticos (PAHs))

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

y micotoxinas. En ausencia de valores límites o niveles de orientación propuestos por dicho país, los resultados se registraron, pero no se evaluaron.

Cabe destacar que los mismos fueron puestos a disposición del departamento de salud de dicho país, Health Canada, para una posible toma de decisiones vinculada con el establecimiento de estándares y de la evaluación y gestión de riesgos. El Hg, se encuentra dentro de este grupo, debido a que por el momento solo se encuentra legislado para carnes de mar. Los niveles de Hg fueron controlados en diferentes tipos de productos tales como vegetales frescos, vegetales y frutas procesadas, miel y carnes de distintos orígenes. Se consideraron valores “Positivos” aquellos que superaban los 0.0001 mg/kg (0.1 µg/kg) (Dicha información fue solicitada directamente por quien escribe, a la Agencia de Inspección Alimentaria del Gobierno de Canadá a través del link <https://www.inspection.gc.ca/food/chemical-residues-microbiology/food-safety-testing-bulletins/2019-04-17/annual-report-2015-2016/eng/1554904884535/1554905013036>). Un resumen de lo obtenido se presenta en la Figura 26.

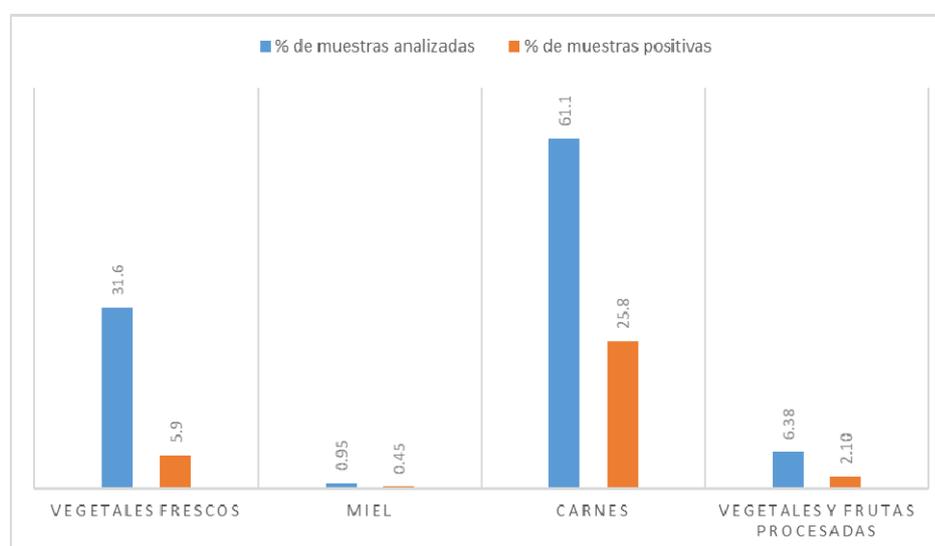


Figura 26: Presencia de Hg en alimentos durante el período 2015-2016 en Canadá.

Fuente: Gobierno de Canadá.

Resultados positivos: muestras que superan los 0.0001 mg/kg de Hg.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Se observa que para todos los productos analizados se obtuvieron resultados “Positivos” de Hg, siendo las carnes los que mayor cantidad de resultados presentaron (25,8%), seguido de los vegetales frescos (5,9%) y procesados (2,10%).

Al graficar los valores positivos de concentraciones de Hg por rangos, para los diferentes tipos de productos se observó que el 73% de los datos se encontraban por debajo de 0.0010 mg/kg (1 µg/kg), el 23% entre 0,001 mg/kg y 0,01 mg/kg (10 µg/kg) y solamente el 1% superó los 0,01 mg/kg (10 µg/kg) como se observa en la Figura 27.

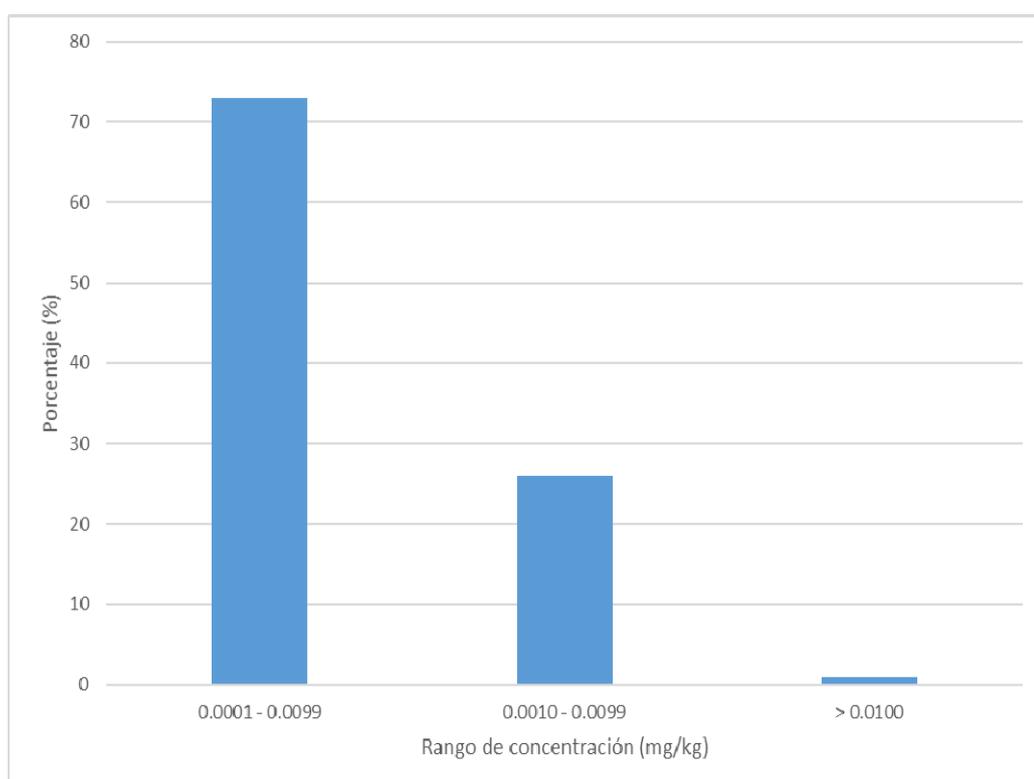


Figura 27: Rango de concentraciones de Hg en alimentos relevados durante el período 2015-2016 en Canadá. Fuente: Gobierno de Canadá.

Resultados positivos: muestras que superan los 0.0001 mg/kg de Hg.

Cabe destacar que no se cuentan con datos más actualizados de monitoreos realizados por el gobierno de Canadá.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

8.4. GOBIERNO DE HONG KONG (<https://www.cfs.gov.hk>)

El centro para la inocuidad alimentaria (Center for Food Safety, en inglés) es la autoridad de seguridad alimentaria del gobierno de Hong Kong. Su misión es garantizar que los alimentos sean seguros y aptos para el consumo a través de la colaboración tripartita entre el gobierno, el comercio de alimentos y los consumidores. En su página web posee un apartado denominando “Food Alert” en donde se pueden consultar las alertas vinculadas con inocuidad alimentaria.

Se detectaron en el 2019 hasta la fecha 28 alertas, 9 de las cuales corresponden al contenido de Hg en distintas variedades de especies de productos marinos.

9. PROPUESTA DEL TRABAJO

Es sabido que año a año tiene lugar un incremento sostenido de la población mundial, donde las fronteras casi no existen, debido tanto al comercio internacional como a la globalización. Esto trae aparejado un aumento en la oferta de productos alimenticios en distintas partes del mundo; como así también la necesidad de producir mayor cantidad de alimentos para satisfacer las necesidades y demandas del mercado.

Actualmente se ha visto un cambio en el perfil de los consumidores, ya que, han incorporado en su hábito cotidiano, la necesidad de querer saber qué es lo que come, de donde proviene, así como aspectos vinculados a la calidad e inocuidad del alimento que se va a consumir. Estos hechos reflejan la necesidad de que los países estén revisando, adecuando y generando permanentemente normativas específicas para los alimentos.

En este trabajo, se presentó, entre otros, un resumen de las diferentes normativas nacionales e internacionales existentes vinculadas al contenido de Hg en diferentes matrices alimentarias. Esto permite conocer las medidas que toman distintos países con respecto a la legislación alimentaria y los contaminantes.

La normativa argentina, actualmente, se encuentra desactualizada y en muchos casos

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

existen vacíos legales para determinados productos alimentarios. Esto se ve reflejado, por ejemplo, en la poca cantidad de alimentos que regula el CAA respecto de límites permitidos, y referencias de técnicas analíticas vinculadas con la determinación de Hg en alimentos.

Por otra parte, el SENASA dispone de la resolución 559/2011 la cual establece niveles máximos de Hg para alimentos de origen animal tanto de tierra, aves y agua, resaltando que los límites de tolerancia y las técnicas a utilizar serán establecidas por el Laboratorio Nacional de Referencia del SENASA. Al comparar los límites máximos que establece el SENASA con la legislación europea, se observa que la legislación argentina resulta ser más flexible.

La propuesta que se desprende del presente trabajo es la actualización imperiosa de la normativa alimentaria argentina respecto al contenido de Hg en alimentos, tomando como modelo las legislaciones ya existentes en otros países respecto a los niveles de Hg permitidos y la metodología analítica destinada para tal fin.

Teniendo en cuenta que las legislaciones internacionales en materia alimentaria establecen parámetros cada vez más estrictos para los contaminantes, con el objetivo de asegurar un adecuado nivel de protección de la vida y salud de la población, y considerando que:

- El Hg es un elemento natural que se encuentra en el aire, agua y suelo, y que su exposición, incluso en pequeñas cantidades, puede causar serios problemas de salud y es una amenaza para el desarrollo del niño tanto en el útero como en los primeros años de vida.
- Puede tener efectos tóxicos en el sistema nervioso, digestivo e inmune, y en los pulmones, riñones, piel y ojos.
- Fue utilizado durante años como ingrediente en algunos productos de agroquímicos.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- o La Organización Mundial de la Salud (OMS) lo considera como uno de los diez principales productos químicos o grupos de productos químicos de mayor preocupación para la salud.

Se propone la actualización del Capítulo III (*Condiciones generales*), Art. 156 del CAA, ampliando el listado de alimentos que se encuentran listados con límites máximos para **Hg total**, ubicado en la parte II, del Anexo REGLAMENTO TÉCNICO MERCOSUR SOBRE LÍMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES INORGÁNICOS EN ALIMENTOS (DEROGACIÓN DE LAS RES. GMC N° 102/94 y N° 35/96), estableciendo límites máximos para distintos tipos de alimentos, en base a las distintas legislaciones evaluadas, como por ejemplo los mencionados en la Tabla N° 10:

Tabla N° 10: Propuesta de valores máximos permitidos para Hg

PRODUCTO/ALIMENTO	LÍMITE MÁXIMO (mg/kg o mg/l)
Frutas frescas y/o procesadas. Raíces y tubérculos. Bulbos. Hortalizas del género <i>Brassica</i> (excepto las raíces de y los brotes de <i>Brassica</i>). Hortalizas de hoja. Leguminosas y leguminosas secas. Tallos. Cereales. Plantas azucareras. Aceitunas	0.01
Frutos de cáscara (secos)	0.02
Hierbas aromáticas y flores comestibles	0.03
Semillas y frutas oleaginosas.	0.02
Té, café, infusiones, cacao y algarrobas. Lúpulo. Especies de semillas, de frutos, de corteza, de raíces y rizomas (excepto jengibre y cúrcuma). Especies de yemas, estigmas de las flores.	0.02
Leche y productos lácteos, huevos de aves. Miel y otros productos apícolas.	0.01
Productos de origen animal (terrestres). Músculo y tejido graso de ovino, bovino, caprino, porcino, equino, aves de corral y otros animales de granja.	0.01
Hígado, riñón y despojos de ovino, bovino, caprino, porcino, equino, aves de corral y otros animales de granja.	0.02

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

Estos límites pueden ser tomados como provisorios, hasta que el país realice el análisis de riesgo correspondiente, considerando el consumo de estos alimentos por la población de Argentina. Dentro de este análisis también incorporaría, a lo que hoy se encuentra legislado, evaluar si los niveles se corresponden al consumo de esos productos en nuestro país. Esto, permitirá realizar recomendaciones en cuanto a consumo de productos de mar, para las distintas franjas etarias (cantidades por semanas, etc.). El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, junto a la Mesa de Promoción del Consumo de pescado y Mariscos, establecieron la Campaña Federal “Pescados y Mariscos Argentinos ¡Sabores que te hacen bien!”, bajo el lema “El 19 de cada mes comemos pescado” a través de la Resolución N° 42/2019, con el objetivo de otorgarle valor a la producción acuícola nacional e incentivar el consumo en nuestro territorio.

Por otro lado, se propone incorporar un nuevo artículo en el Capítulo XX, *Metodología Analítica Oficial*, el cual contemplaría los parámetros de referencia para la determinación de Hg en alimentos. Las siguientes características de eficiencia deben ser demostradas por el método seleccionado por el laboratorio.

Contenido (µg/kg)	Repetibilidad (r)	Precisión Intermedia	Recuperación (%)	LD	LC
Entre 10 y 100	% CV ≤ ½ % CV(r) de Hortwitz	% CV ≤ 2/3 % CV(R) de Hortwitz	80 – 120	LD ≤ 1/3 LM	LC ≤ 3 *LD
>100			90 – 110		

Donde:

LD: Límite de detección.

LC: Límite de cuantificación.

LM: límite especificado, acorde con la normativa vigente.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

CV: Coeficiente de Variación o Desviación Estándar Relativa de la Repetibilidad/Precisión Intermedia: Es el desvío estándar (DS) en condiciones de repetibilidad (precisión intermedia) dividida por la media (x).

Nota: El CV da una medida útil de la precisión en los estudios cuantitativos. Se aplica con el fin de comparar la variabilidad de conjuntos de valores con promedios diferentes. Los valores del CV son independientes de la cantidad del analito dentro de una escala razonable, y facilitan la comparación de la variabilidad en concentraciones diferentes.

CV(r) y CV(R): Corresponden a los Coeficientes de Variación de Horwitz, los cuales son los coeficientes esperados para la concentración analizada. Los mismos se pueden obtener de la Tabla de límites de aceptabilidad de Horwitz. Se calculan a partir de la siguiente ecuación:

- Para repetibilidad (r): $CV(r) \% < 0.67 [2^{(1-0.5 \log C)}]$
 - Para reproducibilidad (R): $CV(R) \% < [2^{(1-0.5 \log C)}]$
- donde C es la concentración esperada del analito en µg/kg.

Esta es una ecuación de precisión generalizada, independiente del analito y de la matriz, y dependiente únicamente de la concentración en la mayoría de los métodos habituales de análisis.

Acorde con normas internacionales, para concentraciones menores a 120 µg/kg, se utiliza la ecuación de Horwitz modificada (datos no mostrados). El valor obtenido experimentalmente (tanto en repetibilidad como en precisión intermedia) se compara directamente con:

$$\%CV \text{ Horwitz} = 22 \%$$

Tener legislado este elemento y evaluados los parámetros de validación que deben cumplir los métodos utilizados para control, nos permitirá armonizar los resultados

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

obtenidos con las diferentes metodologías y realizar un mayor control tanto en productos elaborados en nuestro país como en alimentos que ingresan para ser comercializados en Argentina. Permittiéndonos ofrecer alimentos seguros a la población de nuestro país.

10. REFERENCIAS

1. AMMANN, A. (2007). ICP-MS: una herramienta versátil. *Diario de Espectrometría de Masas*, (42), 419-427.
2. ARCAGNI, M.; CAMPBELL, L.; ARRIBERÉ, M.A.; MARVIN-DIPAQUALE, M.; RIZZO, A.; RIBEIRO GUEVARA, S. 2013. Differential mercury transfer in the aquatic food web of a double basined lake associated with selenium and habitat. *Science of the Total Environment*, 454: 170-180.
3. ARCAGNI, M.; RIZZO, A.; JUNCOS, R.; PAVLIN, M.; CAMPBELL, L.M.; ARRIBERÉ, M.A.; HORVAT, M.; RIBEIRO GUEVARA, S. 2017. Mercury and selenium in the food web of lake Nahuel Huapi, Patagonia, Argentina. *Chemosphere*, 166: 163–173.
4. ARCAGNI, M.; JUNCOS, R.; RIZZO, A.; PAVLIN, M.; FAJON, V.; ARRIBERÉ M.A.; HORVAT, M.; RIBEIRO GUEVARA, S. 2018. Species-and habitat-specific bioaccumulation of total mercury and methylmercury in the food web of a deep oligotrophic lake. *Science of the Total Environment*, 612: 1311–1319.
5. ARRIBERÉ, M.; DIÉGUEZ, M.C.; RIBEIRO GUEVARA, S.; QUEIMALIÑOS, C.P.; FAJON, V.; REISSIG, M.; HORVAT, M. 2010a. Mercury in an ultraoligotrophic North Patagonian Andean Lake (Argentina): concentration patterns in different components of the water column. *Journal of Environmental Sciences*, 22: 1171– 1178.
6. ARRIBERÉ, M.A.; CAMPELL, L.M.; RIZZO, A.P.; ARCAGNI, M.; REVENGA, J.; RIBEIRO GUEVARA, S. 2010b. Trace elements in plankton, benthic organisms, and forage fish of Lake Moreno, Northern Patagonia, Argentina. *Water, Air & Soil Pollution*, 212: 167–182.
7. AVIGLIANO, E.; SCHENONE, N.F.; VOLPEDO, A.V.; GOESSLER, W.; FERNANDEZ CIRELLI, A. 2015. Heavy metals and trace elements in muscle of silverside (*Odontesthes banariensis*) and water from different environments (Argentina): aquatic pollution and consumption effect approach. *Science of the Total Environment*, 15, 506-507.
8. BASU, N.; HORVAT, M.; EVERS, D.C.; ZASTENSKAYA, I.; WEIHE, P.; TEMPOWSKI, J. 2018. A State-of-the- Science Review of Mercury Biomarkers in Human Populations Worldwide between 2000 and 2018. *Environmental Health Perspectives*, 126:1060011-10600114.
9. BARREGARD, L.; SALLSTEN, G.; JARVHOLM, B. 1995. People with high mercury uptake from their own dental amalgam fillings. *Occupational and Environmental Medicine*, 52: 124-128.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

10. BERDOUSES E.; VAIDYANATHAN T.K.; DASTANE A.; WEISEL C.; HOUPPT M.; SHEY Z. 1995. Mercury release from dental amalgams: An in vitro study under controlled chewing and brushing in an artificial mouth. *Journal of Dental Research*, 74: 1185-1193.
11. BERLIN, M.; ZALUPS, R.K.; FOWLER, B.A. 2007. "Mercury". En *Handbook on the toxicology of metals*. Nordberg, G.F; Fowler, B.A.; Nordberg, M.; Friberg, L.T. Ed Elsevier, New York (NY, USA). Chapter 33, 3° ed.
12. BJORKMAN, L.; SANDBORGH-ENGLUND, G.; EKSTRAND, J. 1997. Mercury in saliva and faeces after removal of amalgam fillings. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 144: 156-162.
13. BOLETÍN OFICIAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. 2019. Secretaría general de gobierno de ambiente y desarrollo sustentable. RESOL-2019-75-APN-SGAYDS#SGP. (Disponible en: www.boletinoficial.gob.ar).
14. BRASSO, R.L.; CHIARADIA, A.; POLITO, M.J.; REY, A.R.; EMSLIE, S.D. 2015. A comprehensive assessment of mercury exposure in penguin populations throughout the southern hemisphere: using trophic calculations to identify sources of population-level variation. *Marine Pollution Bulletin*, 97: 408–418.
15. BUBACH, D.F.; CATÁN, S.P.; BAEZ, V.H.; ARRIBERÉ, M.A. 2017. Elemental composition in rainbow trout tissues from a fish farm from Patagonia, Argentina. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 6340-6351.
16. BURG, R.; GREENWOOD, M.R. (1991) In: Merian E (ed) *Metals and their compounds in the environment*. VCH Weinheim New York Basel Cambridge, pp 257–286
17. BUTALA, S.J.M.; SCANLAN, L.P.; CHAUDHURI, S.N. (2006). A detailed study of thermal decomposition, amalgamation/atomic absorption spectrophotometry methodology for the quantitative analysis of mercury in fish and hair *J. Food Prot.*, 69, 2720–2728.
18. CÁCERES SAEZ, I.; DELLABIANCA, N.A.; GOODALL, R.N.P.; CAPPOZZO, L.; RIBEIRO GUEVARA S. 2013. Mercury and selenium in subantarctic Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus c. commersonii*). *Biological Trace Element Research*, 151: 195–208.
19. CÁCERES SAEZ, I. 2013. Estudio de contenidos de metales pesados y otros elementos esenciales en ejemplares de tonina overa (*Cephalorhynchus c. commersonii*) de las costas de Tierra del Fuego. *Mastozoología Neotropical* 21(1).
20. CÁCERES SAEZ, I.; GOODALL, R.N.P.; DELLABIANCA, N.A.; CAPPOZZO, H.L.; RIBEIRO GUEVARA, S. 2015. The skin of Commerson's dolphin (*Cephalorhynchus commersonii*) as a biomonitor of mercury and selenium in subantarctic waters. *Chemosphere*, 138: 735–743.
21. CÁCERES SAEZ, I.; POLIZZI, P.; ROMERO, B.; DELLABIANCA, N.A.; RIBEIRO GUEVARA, S.; GOODALL, R.N.P.; CAPPOZZO, L.H.; GERPE, M. 2016. Hepatic and renal metallothionein concentrations in Commerson's dolphin (*Cephalorhynchus commersonii*) from Tierra del Fuego, South Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 108: 263-267.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

22. CÁCERES-SAEZ, I.; HARO, D.; BLANK, O.; AGUAYO LOBO, A.; DOGNAC, C.; ARREDONDO, C.; CARPOZZO, L.; GUEVARA, S.R. 2018. High status of mercury and selenium in false killer whales (*Pseudorca crassidens*, Owen 1846) stranded on southern South America: a possible toxicological concern? *Chemosphere*, 199: 637-646.
23. CAMPOY-DIAZ, A.D.; ARRIBERÉ, M.A.; GUEVARA, S.R.; VEGA, I.A. 2018. Biondication of mercury, arsenic and uranium in the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae): bioconcentration and depuration in tissues and symbiotic ciliates. *Chemosphere*, 196: 196–205.
24. CAPÓ MARTÍ, M.A. 2009. Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente, Editorial Tébar Flores.
25. CARBONELL, G.; BRAVO, J.C.; FERNANDEZ, C.; TARAZONA, J.V. (2009). A new method for total mercury and methyl mercury analysis in muscle of seawater fish *Bull. Environ. Contam. Toxicol*, 83, 210–213.
26. CARRERA, S.; SANTIAGO, G.; VEGA, M. 2016. Spectrophotometric determination of dithizone-mercury complex by solid phase microextraction in micropipette tip syringe packed with activated carbon xerogel. *Microchemical Journal*, 129: 133-136.
27. CENTRO COORDINADOR CONVENIO BASILEA. CENTRO REGIONAL CONVENIO DE ESTOCOLMO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. (Disponible en: www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy).
28. CLARKSON, T.W. 2002. The three modern faces of mercury. *Environmental Health Perspectives*, 110: 11-23.
29. CLARKSON, T.W.; MAGOS, L. 2006. The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, 36: 609-662.
30. DAGA, R.; RIBEIRO GUEVARA, S.; PAVLIN, M.; RIZZO, A.; LOJEN, S.; VREČA, P.; HORVAT, M.; ARRIBERÉ, M. 2016. Historical records of mercury in southern latitudes over 1600 years: lake Futalaufquen, Northern Patagonia. *Science of the Total Environment*, 553: 541–550.
31. DE JESUS, I. M.; PANIAGUA, J. C.; URIBE, M. V.; DE OLIVEIRA, M. L. (2011) Capítulo 6: Metodologías de análisis de mercurio. COOPERACIÓN TÉCNICA ENTRE BRASIL, BOLIVIA Y COLOMBIA: Teoría y Práctica para el Fortalecimiento de la Vigilancia de la Salud de Poblaciones Expuestas a Mercurio, 47.
32. DE MARCO, S.G.; BOTTÉ S.E.; MARCOVECCHIO, J.E. 2006. Mercury distribution in abiotic and biological compartments within several estuarine systems from Argentina: 1980-2005 period. *Chemosphere*, 65: 213–223.
33. DIÉGUEZ, M.C.; QUEIMALIÑOS, C.P.; RIBEIRO GUEVARA, S.; MARVIN DI PASQUALE, M.; SOTO CÁRDENAS, C.; ARRIBERÉ, M.A. 2013a. Influence of dissolved organic matter character on mercury incorporation by planktonic organisms: an experimental study using oligotrophic water from Patagonian lakes. *Journal of Environmental Sciences*, 25: 1981–1991. *Archives of Toxicology*, 84:

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

741-749.

34. DI GIUSTO, G.; TORRES, A.M. 2010. Organic anion transporter 5 renal expression and urinary excretion in rats exposed to mercuric chloride: a potential biomarker of mercury-induced nephropathy.
35. DI MARZIO, A.; GOMEZ RAMIREZ, P.; BARBAR, F.; LAMBERTUCCI, S.A.; GARCÍA FERNANDEZ, A.J.; MARTÍNEZ LÓPEZ, E. 2018. Mercury in the feathers of bird scavengers from two areas of Patagonia (Argentina) under the influence of different anthropogenic activities: a preliminary study. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 13906-13915.
36. DIRECCIÓN EJECUTIVA DE LA COMISIÓN TRINACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA CUENCA DEL PILCOMAYO. (Disponible en: www.pilcomayo.net).
37. DOMÍNGUEZ, M. A.; GRÜNHUT, M.; PISTONESI, M. F.; DI NEZIO, M. S.; CENTURIÓN, M. E. 2012. Automatic flow-batch system for cold vapor atomic absorption spectroscopy determination of mercury in honey from Argentina using online sample treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 4812– 4817.
38. ENERTROM S.; HULTMAN P. 1995. Does amalgam affect the immune system: a controversial issue? *International Archives of Allergy and Immunology*, 106: 180-203.
39. FRIAS, J. E.; GIL, M. N.; ESTEVES, J. L.; GARCÍA BORBOROGLU, P.; KANE, O. J.; SMITH, J. R.; DEE BOERSMA, P. 2012. Mercury levels in feathers of Magellanic Penguins. *Marine Pollution Bulletin*, 64: 1265–1269.
40. GAONA MARTINEZ, X. (2004) El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para la determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente. *Tesis Barcelona*. Dpto. Química. Unidad química analítica.
41. GONZÁLEZ-E, M.; BODAS-PINEDO, A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, M. J.; TRASOBARES-IGLESIAS, E. M.; BERMEJO-BARRERA, P.; ORDÓÑEZ-IRIARTE, J. M.; PASCUAL, A.C. (2014). Metilmercurio: recomendaciones existentes. Métodos de análisis e interpretación de resultados. Evaluación económica. *Nutrición Hospitalaria*, 31(n01).
42. HALBACH, S. 1994. Amalgam tooth fillings and man's mercury burden. *Human and Experimental Toxicology*, 13: 496-501.
43. HAZELHOFF, M. H.; BULACIO, R. P.; TORRES, A. M. 2012. Gender Related Differences in Kidney Injury Induced by Mercury. *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 1523-1536.
44. HAZELHOFF, M. H.; TORRES, A. M. 2018a. Gender differences in mercury – induced hepatotoxicity: potential mechanisms. *Chemosphere*, 202: 330–338.
45. HOMME, K. G.; KERN, J. K.; HALEY, B. E.; GEIER, D. A.; KING, P. J.; SYKES, L. K.; GEIER, M. R. 2014. New science challenges old notion that mercury dental amalgam is safe. *Biometals*, 27: 19-24.
46. IPCS. 1991. Inorganic mercury. Geneva. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 118).

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

47. IKEM A.; EGIEBOR, N.O. (2005) Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America) *J. Food Compos. Anal.*, (18), 771–787
48. IPOLYI, I.; MASSANISSO, P.; SPOSATO, S.; FODOR, P.; MORABITO, R. (2004). Concentration levels of total and methylmercury in mussel samples collected along the coasts of Sardinia Island (Italy). *Anal. Chim. Acta*, (505) 145–151.
49. KUBOYAMA, K.; SASAKI, N.; NAKAGOME, Y.; KATAOKA, M. (2005). Digestión húmeda. *Analytical Chemistry*, 184-191
50. LA COLLA, N.S. 2016. Bioacumulacion de metales en peces marinos y su distribución en columna de agua, bajo diferentes gradientes en el estuario de Bahía Blanca. Tesis Doctoral Universidad Nacional del Sur.
51. LA COLLA, N. S.; BOTTÉ, S. E.; MARCOVECCHIO, J. E. 2019. Mercury cycling and bioaccumulation in a changing coastal system: from water to aquatic organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 140: 40–50.
52. LEE, R.; MIDDLETON, D.; CALDWELL, K.; DEARWENT, S.; JONES, S.; LEWIS, B.; MONTEILH, C.; MORTENSEN, M.E.; NICKLE, R.; ORLOFF, K.; REGER, M.; RISHER, J.; ROGERS, H.S. WATTERS, M. 2009. A review of Environmental Health Perspectives, 117: 871-878.
53. LEMOS, V.; DOS SANTOS, L. (2014). A new method for preconcentration and determination of mercury in fish, shellfish and saliva by cold vapour atomic absorption spectrometry *Food Chemistry* (149), 203-207.
54. LOHMANN, R.; MUIR, D.; ZENG, E. Y.; BAO, L. J.; ALLAN, I. J.; ARINAITWE, K.; BOOIJ, K.; HELM, P.; KASERZON, S.; MUELLER, J. F., *et al.* 2017. Aquatic Global Passive Sampling (AQUA-GAPS) Revisited: First Steps toward a Network of Networks for Monitoring Organic Contaminants in the Aquatic Environment. *Environmental Science & Technology*, 513: 1060-1067.
55. LOMINCHAR, M. A.; SIERRA, M. J.; RODRÍGUEZ, J.; MILLÁN, R. 2010. Estudio del comportamiento y distribución de mercurio presente en muestras de suelo recogidas en la ribera del río Valdeazoguez. Departamento de medio ambiente. Madrid. España.
56. LONDONIO, A.; MORZÁN, E.; SMICHOWSKI, P. 2019. Determination of toxic and potentially toxic elements in rice and rice-based products by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Food Chemistry*, 284: 149-154.
57. LÓPEZ BERDONCES, M.A.; HIGUERAS, P.L.; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M.; BORREGUERO, A.M.; CARMONA, M. 2017. The role of native lichens in the biomonitoring of gaseous mercury at contaminated sites. *Journal of Environmental Management*, 186: 207-213.
58. MAO DE FERRO, A.; MOTA, A.M.; CANÁRIO, J. 2014. Pathways and speciation of mercury in the environmental compartments of Deception Island, Antarctica. *Chemosphere*, 95: 227–233.
59. MARCOVECCHIO, J. E.; MORENO, V. J. 1993. Cadmium, zinc and total mercury levels in the

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- tissues of several fish species from La Plata river estuary, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 25: 119-130.
60. MARTINEZ, R.; RUCANDIO, I.; PINILLA, I.; BORLAG, F.; GARCIA, F.; LARREA, M. (2015). Evaluation of different digestion systems for determination of trace mercury in seaweeds by cold vapour atomic fluorescence *spectrometry Journal of Food Composition and Analysis* (38), 7–12.
61. MOREL, F.; KRAEPIEL, A.; AMYOT, M. 1998. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 543-566.
62. MORENO, V.J.; PÉREZ, A.; BASTIDA, R.O.; AIZPÚN DE MORENO, J. E.; MALASPINA, A. M. 1984. Distribución del mercurio total en los tejidos de un delfín nariz de botella (*Tursiops geophysus* Lahille 1908) de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 4: 93-102.
63. MOURA, J. F.; TAVARES, D. C.; LEMOS, L. S.; BOAS SILVEIRA, V. B.; SICILIANO, S.; HAUSER DAVIS, R. A. 2018. Variation in mercury concentration in juvenile Magellanic penguins during their migration path along the Southwest Atlantic Ocean. *Environmental Pollution*, 238: 397–403.
64. NORDBERG, G. F.; FOWLER, B.A.; NORDBERG, M. 2015. Handbook on the toxicology of metals. "Mercury". 4° ed. New York (NY, USA). L.T. Ed Elsevier. Chapter 33.
65. ONU. Convenio de Minamata sobre Mercurio. (Disponible en: <http://www.mercuryconvention.org/Convenio/tabid/5690/language/es-CO/Default.aspx>).
66. PANICHEV, N.; PANICHEVA, S. (2015). Determination of total mercury in fish and sea products by direct thermal decomposition atomic absorption *spectrometry Food Chemistry* 166 432–441
67. PARSONS P.J.; BARBOSA, F. (2007). Espectrometría y las tendencias en la medicina clínica de laboratorio Atómica Spectrochimica. *Acta*, parte B, 62, 992-1.003
68. PÉREZ, A.; MORENO, V. J.; AIZPÚN DE MORENO, J. E.; MALASPINA, A. M. 1986. Distribución del mercurio total en pescados y mariscos del mar argentino. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 6: 103-115.
69. PICCICHERO, M. E.; GENTILE, A.; GIGLIO, N.; ALONSO, M. M.; FERNANDEZ MENTABERRI, M. V.; ZAREBA, G.; CLARKSON, T.; GOTELLI, C.; GOTELLI, M.; YAN, L.; TREANOR, J. 2009. Mercury levels in premature and low birth weight newborn infants after receipt of thimerosal-containing vaccines. *Pediatrics*, 155: 495-499.
70. PNUMA. 2008a. Mercury in products and wastes. Module 1. United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland, pp. 4-9.
71. PNUMA. 2008b. Mercury use in healthcare settings and dentistry. Module 4. United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland, pp. 7.
72. POULIN, J.; GIBB, H. 2008. Mercurio: Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Editora, Prüss-Üstün A. OMS, Ginebra. Serie Carga de Morbilidad Ambiental: N° 16.
73. QUEVAUVILLER. P.; FILIPPELLI, M.; HORVAT, M. (2000). Method performance evaluation for

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- methylmercury determination in fish and sediment. *Trends Anal. Chem.*, (19), 157.
74. RAUERT, C.; HARNER, T.; SCHUSTER, J. K.; ENG, A.; FILLMANN, G.; CASTILLO, L. E.; FENTANES, O.; IBARRA, M. V.; MIGLIORANZA, K. S. B.; RIVADENEIRA, I. M.; POZO, K.; ARISTIZÁBAL ZULUAGA, B. H. 2018. Air monitoring of new and legacy POPs in the Group of Latin America and Caribbean (GRULAC) region. *Environmental Pollution*, 243(Pt B):1252-1262.
75. RED DE SEGURIDAD ALIMENTARIA. 2019. Evaluación de mercurio en alimentos y matrices ambientales: Estado de Situación en Argentina.
76. RIBEIRO GUEVARA, S.; HORVAT, M. 2013. Stability and behavior of low level spiked inorganic mercury in natural water samples. *Anal Methods*, 5: 1996-2006.
77. RICHARDSON G.M. 1995. Assessment of mercury exposure and risks from dental amalgam. Ottawa, Ontario, Health Canada, Environmental Health Directorate. Medical Devices Bureau.
78. RIZZO A.; ARCAGNI M.; CAMPBELL, L.; KORON, N.; PAVLIN, M.; ARRIBERÉ, M.A.; HORVAT, M.; RIBEIRO GUEVARA, S. 2014. Source and trophic transfer of mercury in plankton from an ultraoligotrophic lacustrine system (Lake Nahuel Huapi, North Patagonia). *Ecotoxicology*, 23: 1184-1194.
79. RODRÍGUEZ, L. H. (2009). Comparación de dos métodos de determinación de mercurio total en cabello por espectroscopías de absorción atómica con generador de hidruros y diferencial de efecto zeeman con pirolizador. Tesis Maestría en Toxicología, Universidad Nacional de Colombia.
80. RUIZ CHAVES, I. 2016. Metodologías analíticas utilizadas actualmente para la determinación de mercurio en músculo de pescado. *Medio ambiente y salud*, 16: 113-122.
81. RUGGIERI, F.; MAJORANI, C.; DOMANICO, F.; ALIMONTI, A. 2017. Mercury in Children: Current State on Exposure through Human Biomonitoring Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14 pii: E519.
82. SALLSTEN G.; THOREN J.; BARREGARD L.; SCHUTZ A.; SKARPING G. 1996. Long-term use of nicotine chewing gum and mercury exposure from dental amalgam fillings. *Journal of Dental Research*, 75: 594-598.
83. SANDBORGH-ENGLUND G.; ELINDER C.G.; JOHANSON G.; LIND B.; SKARE I.; EKSTRAND J. 1998. The absorption, blood levels, and excretion of mercury after a single dose of mercury vapor in humans. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 150: 146-153.
84. SKARE I.; ENGQVIST A. 1994. Human exposure to mercury and silver released from dental amalgam fillings. *Water, Air, and Soil Pollution*, 80: 59-67.
85. SKOOG, D. A.; HOLLER, J. F.; CROUCH, S. R. 2016. Principles of Instrumental Analysis. 7 Ed. New York (NY, USA). Section 2.
86. SOTO CÁRDENAS, C.; DIEGUEZ, M. C.; RIBEIRO GUEVARA, S.; DI PASQUALE, M. M.; QUEIMALIÑOS, C. P. 2014. Incorporation of inorganic mercury (Hg²⁺) in pelagic food webs of ultraoligotrophic and oligotrophic lakes: The role of different plankton size fractions and species

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

- assemblages. *Science of the Total Environment*, 494: 65–73.
87. SOTO CÁRDENAS, C.; GERA, M.; QUEIMALIÑOS, C.; RIBEIRO GUEVARA, S.; DIÉGUEZ, M.C. 2018a. Inorganic mercury (Hg²⁺) accumulation in autotrophic and mixotrophic planktonic protist: implications for hg trophodynamics in ultraoligotrophic Andean Patagonian Lakes. *Chemosphere*, 199: 223–231.
88. SOTO CÁRDENAS, C.; DIÉGUEZ, M. C.; QUEIMALIÑOS, C.; RIZZO, A.; FAJON, V.; KOTNIK, J.; HORVAT, M.; RIBEIRO GUEVARA, S. 2018b. Mercury in a stream-lake network of Andean Patagonia (southern volcanic zone): partitioning and interaction with dissolved organic matter. *Chemosphere*, 197: 262–270.
89. SPOVIERI, F.; PIRRONE, N.; BENCARDINO, M.; D'AMORE, F.; ANGOT, H.; BARBANTE, C.; GUNTHER BRUNKE, E.; ARCEGA CABRERA, F.; CAIRNS, W.; COMERO, S.; DIÉGUEZ, M.C.; DOMMERGUE, A.; EBINGHAUS, R.; FENG, X. B.; FU, X.; GARCIA, P. E.; GAWLIK, B. M.; HAGESTROM, U.; HANSSON, K.; HORVAT, M.; KOTNIK, J.; LABUSCHAGNE, C.; MAGAND, O.; MARTIN, L.; MASHYANOV, N.; MKOLOLO, T.; MUNTHE, J.; OBOLKIN, V.; RAMIREZ ISLAS, M.; SENA, F.; SOMERSET, V.; SPANDOW, P.; VARDÉ, M.; WALTERS, C. H.; WANGBERG, I.; WEIGELT, A.; YANG, X.; ZHANG, H. 2016a. Five –year records of mercury wet deposition flux at GMOS sites in the Northern and Southern hemispheres. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17: 2689–2708.
90. SPROVIERI, F.; PIRRONE, N.; BENCARDINO, M.; D'AMORE, F.; CARBONE, F.; CINNIRELLA, S.; MANNARIO, V.; LANDIS, M.; EBINGHAUS, R.; WEIGELT, A.; BRUNKE, E.G.; LABUSCHAGNE, C.; MARTÍN, L.; MUNTHE, J.; WÄNGBERG, I.; ARTAXO, P.; MORAIS, F.; DE MELO JORGE BARBANTE, C.; DIEGUEZ, M.C.; GARCIA, P.E.; AURÉLIEN, D.; ANGOT, H.; MAGNAD, O.; SKOV, H.; HORVAT, M.; KOTNIK, J.; ALANA READ, K.; MENDES NEVES, L.; MANFRED GAWLIK, B.; SENA, F.; MASHYANOV, N.; OBOLKIN, V.; WIP, D.; BIN FENG, X.; ZHANG, H.; FU, X.; RAMCHANDRAN, R.; COSSA, D.; KNOERY, J.; MARUSCZAK, N.; NERENTORP, M.; NORSTROM, C. 2016b. Atmospheric mercury concentrations observed at ground-based monitoring sites globally distributed in the framework of the GMOS network. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16: 11915–11935.
91. SYVERSEN, T.; KAUR, P. 2012. The toxicology of mercury and its compounds. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26: 215–226.
92. TASKINEN H.; KINNUNEN E.; RIIHIMAKI V. 1989. A possible case of mercury-related toxicity resulting from the grinding of old amalgam restorations. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 15: 302–304.
93. TORRES, D.P.; MARTINS-TEIXEIRA, M. B.; (2012). Method development for the control determination of mercury in seafood by solid-sampling thermal decomposition amalgamation atomic absorption spectrometry (TDA AAS) *Food Addit. Contam., Part B*, (29), 625–632.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE**

94. TIBAU, A. V.; GRUBE, B. D. 2019. Mercury contamination from dental amalgam. *Journal of Health and Pollution*, 9: 190612.
95. TREBUCOBICH, M.S.; HAZELHOFF, M.H.; CHEVALIER, A.A., PASSAMONTI, S., BRANDONI, A., TORRES, A.M. 2014. Protein expression of kidney and liver bilitranslocase in rats exposed to mercuric chloride a potential tissular biomarker of toxicity. *Toxicology Letters*, 225: 305-310.
96. UNEP. 2013. Global mercury assessment. Sources, emissions, releases and environmental transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, pp. 3-29.
96. UNEP/WHO. 2008. Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure. (Disponible en: <http://www.who.int>).
97. VIEIRA H.P.; NASCENTES, C.C.; WINDMOLLER C.C. (2014). Development and comparison of two analytical methods to quantify the mercury content in honey *J. Food Compos. Anal.*, (34), 1–6.
98. WHO. 2003. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health aspects. Concise International Chemical Assessment Document 50, World Health Organization, Geneva, Switzerland, pp. 7-29.
99. ZERO - Zero Mercury Working Group (ZMWG). (Disponible en: www.zeromercury.org).