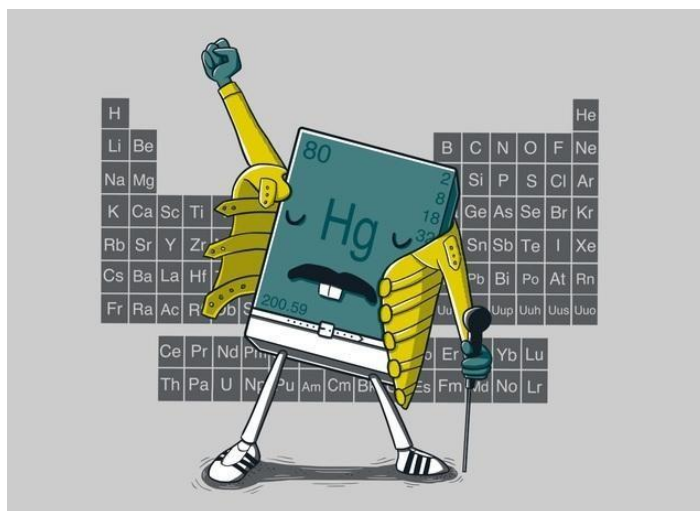




“Evaluación de mercurio en alimentos y matrices ambientales: Estado de situación en Argentina”

- INFORME FINAL -



GRUPO AD HOC “Mercurio en Argentina”

Red de Seguridad Alimentaria
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

31 de Julio de 2019



ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. Descripción de la solicitud	4
2. Conformación del grupo de trabajo	5
3. Resumen ejecutivo	8
4. Introducción	12
5. Objetivo del informe	17
6. Relevamiento de bibliografía vinculada con la presencia de mercurio en suelos, sedimentos, aguas y alimentos en Argentina	18
7. Relevamiento de instituciones públicas y privadas nacionales con capacidades analíticas instaladas para determinar mercurio en suelos, sedimentos, aguas y alimentos	24
7.1. Instituciones públicas	25
7.1.1. Vías de contacto	25
7.1.2. Distribución geográfica	26
7.1.3. Matrices de análisis	27
7.1.4. Técnicas analíticas y equipamiento disponible	30
7.1.5. Sistema de Gestión de la Calidad de los laboratorios	32
7.1.6. Capacidad de muestreo	32
7.1.7. Límites de detección y cuantificación de las técnicas analíticas	33
7.2. Instituciones privadas	37
7.2.1. Vías de contacto	38
7.2.2. Distribución geográfica	38
7.2.3. Matrices de análisis	39
7.2.4. Técnicas analíticas y equipamiento disponible	41
7.2.5. Sistema de gestión de la Calidad de los laboratorios	42
7.2.6. Capacidad de muestreo	43
7.2.7. Límites de detección y cuantificación de las técnicas analíticas	43
8. Identificación de grupos de investigación a nivel nacional vinculados con la problemática del mercurio en matrices ambientales y alimentos	46

9. Relevamiento de resultados analíticos vinculados con la presencia de mercurio en suelos, sedimentos, aguas y alimentos en Argentina	51
9.1. Datos analíticos relevados	54
10. Análisis de normativas provinciales, nacionales e internacionales vinculadas con la determinación de Hg en suelos, sedimentos, aguas y alimentos	76
10.1. Discusión de los valores legislados	79
10.1.1. Aguas	79
10.1.2. Alimentos	84
10.1.3. Suelos, sedimentos y biota	88
10.1.4. Aire	89
11. Evaluación de la situación a nivel global vinculada con la presencia de mercurio en mercaderías de importación (alertas y/o rechazos)	90
12. Existencia de redes regionales de monitoreo de mercurio	98
12.1. Organizaciones destinadas a reducir el impacto del mercurio en el medio ambiente y la salud humana y animal	98
12.1.1. Grupo de trabajo de mercurio cero (Zero Mercury Working Group)	98
12.1.2. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe (BCCC)	106
12.1.3. Centro Tecnológico del Mercurio (España)	107
12.2. Redes de monitoreo de mercurio en el mundo	107
12.2.1. Monitoreo atmosférico	107
12.2.2. Biomonitorio humano	111
12.2.3. Monitoreo en biota	112
13. Conclusiones finales	113
14. Referencias	117

INFORME FINAL

***“Evaluación de mercurio en alimentos y matrices ambientales:
Estado de situación en Argentina”***

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD

A continuación, se detalla la solicitud realizada por la Dirección de Sustancias y Productos Químicos (DSyPQ) de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SGAyDS) a la Red de Seguridad Alimentaria (RSA):

“Argentina ha aprobado el Convenio de Minamata sobre Mercurio mediante la ley Nacional N° 27.356, el cual busca proteger la salud humana y el ambiente de los efectos nocivos del mercurio. Para facilitar la pronta entrada en vigor del Convenio, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable se encuentra realizando una Evaluación Inicial de Mercurio (MIA por sus siglas en inglés) a través del Proyecto PNUD ARG/18/G25.

El proyecto se centra en actividades críticas: 1. Desarrollar un entorno propicio para la toma de decisiones sobre la ratificación e implementación temprana de las provisiones dadas por el Convenio de Minamata sobre el mercurio. 2. Desarrollar el Perfil Nacional de Mercurio y el Informe de Evaluación Inicial de Mercurio.

Al finalizar el Proyecto, se espera que el país cuente con las herramientas necesarias para desarrollar un plan nacional de aplicación del Convenio.

Con relación al componente 2 del Proyecto es que se requiere la asistencia técnica a la Red de Seguridad Alimentaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas a los efectos de conocer si existen: (i) estudios, datos y estadísticas sobre la presencia de mercurio en alimentos; (ii) guías alimentarias que incluyan información relacionada al mercurio; y/o (iii) cualquier otra información que vincule alimentos y mercurio (incluyendo registros de intoxicación con mercurio por ingesta de alimentos). Asimismo, se solicita asistencia técnica para evaluar la factibilidad de realizar estudios en este sentido”.

En este contexto, se propuso de manera conjunta entre el área de la SGAyDS y la RSA, un plan de trabajo integrando actividades específicas con el objeto de llevar a cabo un informe científico-técnico conteniendo la siguiente información:

1) Relevamiento de la bibliografía disponible vinculada con la presencia, en Argentina, de mercurio en suelos, sedimentos, aguas, y alimentos;

Mercurio en Argentina: Estado de situación

- 2) Relevamiento de resultados analíticos aportados por diferentes instituciones (públicas y privadas), vinculados con la presencia, en Argentina, de mercurio en suelos, sedimentos, aguas, y alimentos entre otros;
- 3) Identificación de entidades públicas y privadas, en Argentina, con capacidad analítica instalada para la determinación de mercurio en suelos, aguas, alimentos (mencionando características de las técnicas disponibles, límites de detección y cuantificación, acreditaciones, etc.), así como también con capacidad para realizar el muestreo;
- 4) Análisis, con énfasis en la gestión de la calidad, de los resultados analíticos que generen las diferentes entidades públicas y privadas detectadas en el ítem 3 (mencionando aspectos vinculados a la certificación/acreditación, participación en intercomparaciones, interlaboratorios, etc.) de manera de evaluar necesidades de mejora a nivel nacional;
- 5) Identificación de grupos de investigación, en Argentina, vinculados con la problemática del mercurio tanto en matrices ambientales como en alimentos;
- 6) Análisis crítico de normativas provinciales, nacionales e internacionales que contemplen la determinación de mercurio, en suelos, sedimentos, aguas y alimentos, teniendo en cuenta los valores máximos establecidos en cada una de ellas y su relación con la situación nacional (capacidades analíticas, pertinencia según zonas de aplicación, etc.);
- 7) Evaluación de la situación a nivel nacional/regional/global vinculada con la presencia de mercurio en mercaderías de importación/exportación (estudio de alertas y/o rechazos);
- 8) Existencia de redes regionales de monitoreo de mercurio en matrices ambientales y alimentos;
- 9) Cualquier otra información que resulte de interés para el informe.

Por otra parte, el informe generado por el grupo de trabajo podría significar un insumo para, en un futuro, pensar en el desarrollo de:

- Un perfil nacional de mercurio que contenga información sobre fuentes de contaminación y niveles de dicho contaminante en matrices ambientales y alimentos.
- Un perfil de riesgo para la salud humana en función de los antecedentes sobre la toxicidad del mercurio y los niveles de exposición, identificando los diferentes grupos de riesgo en la población.
- Recomendaciones de manejo y pasos a seguir que contribuyan a la prevención, mitigación o manejo del riesgo asociado a los efectos nocivos del mercurio sobre la salud humana y el ambiente.

2. CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

Coordinador Grupo *ad hoc*, GIAH:

- **Dr. Juan M. Oteiza.** Investigador Adjunto CONICET. Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI), Centenario, Neuquén. Especialista en Seguridad Alimentaria.

Integrantes Grupo *ad hoc*, GIAH (orden alfabético):

Colaboradores (orden alfabético):

Ing. Fabiola J. Alvarez. Investigadora CNEA. Departamento de Fisicoquímica y Control de Calidad- Complejo Tecnológico Pilcaniyeu -Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Especialista en Química Analítica.

Lic. Soraya Bellini. Responsable del laboratorio de análisis de alimentos. Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI), Villa Regina, Río Negro. Especialista en Química de los Alimentos.

Dra. Ana E. Bohé. Investigadora Principal CONICET. Departamento de Fisicoquímica y Control de Calidad- Complejo Tecnológico Pilcaniyeu -Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Especialista en Fisicoquímica.

-**Dr. Mauricio J. Díaz Jaramillo.** Investigador Adjunto CONICET. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras IIMyC, CONICET-UNMDP, Mar del Plata. Especialista en Ecotoxicología.

Dra. Leticia B. Escudero. Investigadora Adjunta CONICET. Laboratorio de Química Analítica para Investigación y Desarrollo (QUIANID), Instituto Interdisciplinario de Ciencias Básicas (ICB), UNCUIYO-CONICET, Mendoza. Especialista en Química Analítica.

Dra. María Herminia Hazelhoff. Docente Investigadora. Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario. Especialista en Farmacocinética y Farmacodinamia.

Bioq. Constanza Llorente. Servicio de Hidrografía Naval, Ministerio de Defensa. Especialista en Química Analítica.

Lic. Daniela Nassini. Becaria Doctoral CNEA. Departamento de Fisicoquímica y Control de Calidad- Complejo Tecnológico Pilcaniyeu -Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Especialista en Química Ambiental.

Dra. Alejandra V. Volpedo. Investigador Independiente CONICET. Instituto de Investigaciones en producción animal (INPA-UBA-CONICET). Especialista en Bioecología.

Colaboradores externos:

Lic. Agustín Harte e Ing. Sofía Lara Schlezak. Asesores técnicos de la Dirección de Sustancias y Productos Químicos, Secretaría de gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

STAFF
Red de Seguridad Alimentaria
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Dirección

Carlos van Gelderen

Coordinación General (CG)

Javier Pardo

Coordinador asistente

María Durrieu

Consejo Directivo (CD)

CIVETAN (Centro de Investigación Veterinaria de Tandil) – Fac. Cs. Veterinarias UNCPBA.
Laura Moreno Torrejón - Paula Lucchesi

ICIVET – LITORAL (Inst. de Ciencias Veterinarias del Litoral) – Fac. Cs Veterinarias UNL.
Laureano Frizzo - Lorena Soto

IGEVET (Inst. de Genética Veterinaria “Ing Fernando Noel Dulout”) – Fac. Cs. Veterinarias UNLP.
Gerardo Leotta - Lucia Galli

INPA (Inst. de Investigaciones en Producción Animal) – Fac. Cs. Veterinarias UBA.
Alicia Fernández Cirelli - Alejandra V. Volpedo

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)
Ricardo Rodríguez - Dante Bueno

3. RESUMEN EJECUTIVO

La Dirección de Sustancias y Productos Químicos (DSyPQ) de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SGAyDS) solicitó, de manera preliminar, a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET asistencia técnica a los efectos de conocer estudios, datos y estadísticas sobre presencia de mercurio en alimentos y matrices ambientales y los mecanismos de obtención de la información a nivel nacional.

Se acordó de manera conjunta entre el área de la SGAyDS y la RSA, un plan de trabajo integrando actividades específicas con el objeto de llevar a cabo un informe científico-técnico conteniendo: A) Relevamiento de la bibliografía disponible vinculada con la presencia, en Argentina, de mercurio en suelos, sedimentos, aguas, y alimentos; B) Relevamiento de resultados analíticos aportados por diferentes instituciones (públicas y privadas), vinculados con la presencia, en Argentina, de mercurio en suelos, sedimentos, aguas, y alimentos entre otros; C) Identificación de entidades públicas y privadas, en Argentina, con capacidad analítica instalada para la determinación de mercurio en suelos, aguas, alimentos (mencionando características de las técnicas disponibles, límites de detección y cuantificación, acreditaciones, etc.), así como también capacidad para realizar muestreo; D) Análisis, con énfasis en la gestión de la calidad, de los resultados analíticos que generen las diferentes entidades públicas y privadas detectadas en el ítem 3 (mencionando aspectos vinculados a la certificación/acreditación, participación en intercomparaciones, interlaboratorios, etc.) de manera de evaluar necesidades de mejora a nivel nacional; E) Identificación de grupos de investigación, en Argentina, vinculados con la problemática del mercurio tanto en matrices ambientales como en alimentos; F) Análisis crítico de normativas provinciales, nacionales e internacionales que contemplen la determinación de mercurio, en suelos, sedimentos, aguas y alimentos, teniendo en cuenta los valores máximos establecidos en cada una de ellas y su relación con la situación nacional (capacidades analíticas, pertinencia según zonas de aplicación, etc.); G) Evaluación de la situación a nivel nacional/regional/global vinculada con la presencia de mercurio en mercaderías de importación/exportación (estudio de alertas y/o rechazos); H) Existencia de redes regionales de monitoreo de mercurio en matrices ambientales y alimentos; I) Cualquier otra información que resulte de interés para el informe.

Con tal motivo, la RSA-CONICET conformó un Grupo de Investigación *ad hoc* (GIAH), de tipo multidisciplinario, constituido tanto por investigadores como por expertos con reconocida experiencia en diferentes aspectos vinculados con seguridad alimentaria, contaminantes químicos, química analítica, y ecotoxicología, entre otros. El objetivo del GIAH fue realizar una evaluación del estado actual del mercurio en Argentina, de manera de identificar los desafíos nacionales y las posibles medidas a adoptar en materia de regulación, política y estrategia ambiental que permitan al país contar con información para cumplir de manera efectiva con las previsiones del Convenio y fortalecer la protección de la salud y el ambiente.

Mercurio en Argentina: Estado de situación
Producto del trabajo del GIAH

Las principales limitaciones del estudio se relacionaron con la dificultad que tuvo el grupo *ad hoc* para relevar datos estadísticamente confiables vinculados con la presencia de Hg en diferentes matrices. Se menciona que, a excepción de las matrices “aguas” y “aire”, en Argentina no se identificaron programas de monitoreo de metales pesados (en donde se incluya al mercurio) en matrices tales, suelos, sedimentos y alimentos. Si bien existe un Plan Nacional de Control de Residuos e Higiene en Alimentos (CREHA), los datos obtenidos no permitieron realizar análisis estadísticos exhaustivos. Por otra parte, resulta dificultoso que los laboratorios privados compartan información propia o de sus clientes con el sector de Ciencia y Técnica para su análisis.

Se relevaron 82 trabajos realizados en Argentina vinculados con la presencia de Hg en diferentes matrices tales como suelos, sedimentos, aire, aguas y alimentos, entre otros. Se observa que en los últimos 35 años 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. Se evidencia la necesidad de profundizar y completar los estudios en las diferentes cadenas tróficas. Además, teniendo en cuenta que Argentina es un país exportador, la realización de estudios en alimentos, principalmente en animales acuáticos, debiera sistematizarse y profundizarse, particularmente en las cadenas tróficas donde participen especies comerciales de consumo humano.

El análisis temporal de la literatura evidencia un aumento relativo de las publicaciones científicas a partir de la ratificación del Convenio de Minamata. Sin embargo, se considera que dicho aumento estaría vinculado con diversos factores tales como un aumento del interés de la comunidad científica y la posibilidad de determinar dicho contaminante con equipamientos preexistentes y de las líneas estratégicas propuestas en el documento de Ciencia y Técnica del Plan Argentina 2020.

Asimismo, se logró contactar y relevar un total de 56 instituciones con capacidad analítica instalada¹ para determinar Hg en diferentes matrices (32 instituciones públicas y 24 privadas), las cuales se encuentran radicadas en diferentes provincias del país, siendo la mayoría de la provincia de Buenos Aires. Un importante número de instituciones públicas cuentan con capacidad para la determinación en “agua, sedimento y suelo” y este número descende considerablemente respecto a la determinación en alimentos y peces, debido a la complejidad del tratamiento de la muestra. Para el caso de “aire y material particulado” se relevó una sola institución pública con capacidad para determinar Hg. Solamente 7 instituciones poseen la

¹ A los efectos de este informe, se entenderá por capacidad instalada a toda institución que cuente con los requerimientos necesarios para realizar determinaciones de mercurio en diversas matrices (equipamiento, personal capacitado e insumos)

Mercurio en Argentina: Estado de situación

capacidad para realizar análisis de especiación de Hg. En cuanto a sus Sistemas de Gestión de la calidad, solamente 3 se encuentran acreditados bajo ISO 17025, y 1 certificado bajo norma ISO 9001. Dentro de los laboratorios acreditados bajo ISO 17025, SENASA posee acreditada la técnica de medición de Hg en productos de pesca. Por otro lado, 2 entidades públicas manifiestan estar en proceso para la acreditación. El 47% de las entidades públicas relevadas manifestó disponer tanto de personal técnico como de capacidades para realizar toma de muestras.

En cuanto a las instituciones privadas, un gran número de laboratorios determinan Hg en la matriz “agua” y “alimentos”. Por otra parte, se relevó un mayor número de laboratorios privados que determinan Hg en las matrices “aire y emisiones gaseosas” (4). Sólo un laboratorio privado manifestó que posee la capacidad para realizar análisis de especiación de Hg. En el caso de la acreditación de los laboratorios privados, se observa que hay un porcentaje levemente mayor que para el caso de los públicos. Además, 15 entidades manifestaron disponer tanto de personal técnico como de capacidades para realizar toma de muestras.

Se considera que Argentina podría disponer de una red de laboratorios de ensayo orientada a aspectos metodológicos y analíticos de la determinación de Hg en diversas matrices donde se puedan discutir y armonizar criterios de ensayo, definir una “metodología estándar”, realizar calibraciones, validaciones, intercomparaciones, y otros estudios de manera de contar con una base de datos compartida. Esto será de gran ayuda a la hora de establecer políticas relacionadas con el control de este contaminante y poder realizar los estudios mediante la aplicación de una metodología normalizada. Se identificaron además 23 grupos de investigación vigentes radicados en 11 provincias del territorio argentino, concentrándose su mayoría en la provincia de Buenos Aires. Se advierte la carencia de datos y/o grupos de investigación que enfoquen el estudio de las concentraciones de Hg en ambientes ubicados en algunas zonas del país, como el norte y cuencas hidrográficas de importancia. Otra carencia advertida radica en la ausencia, o bajo número de grupos de investigación vigentes, de datos vinculados con la determinación de Hg en poblaciones humanas de riesgo. Se advierte poca accesibilidad a información generada por grupos de investigación respecto a las concentraciones de Hg en alimentos de exportación o para el consumo interno. Los estudios relacionados a estas temáticas, fueron primeramente realizados por grupos de investigación del Instituto de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) en la ciudad de Mar del Plata, sin embargo, datan de hace algunas décadas.

Asimismo, se recopiló un total de 53.867 resultados de concentraciones de Hg en diferentes matrices, de los cuales 3.140 se relacionan con matrices alimentarias provenientes de 6 regiones del país. El resto de las muestras corresponden a la matriz “agua” (91,76%), “producto animal” (2,18 %) –es decir, productos animales no incluidos en la categoría “alimentos”-, sedimento” (0,12%) y “peces” (0,11%) –estos dos últimos en el marco de una investigación-científica-. Se observa que para la mayoría de los resultados informados no existe criterio unificado vinculado con la expresión de resultados analíticos.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Del total de datos, 47.864 datos de muestras de agua provienen de la Provincia de Santa Fe (localidades Rosario, Santa Fe y Reconquista, que cuentan con un elevado control por parte de las autoridades sanitarias) y corresponden al período 2008-2017. En todos los casos, los resultados informados fueron menores a 1 µg/l, cumpliendo de esta manera con los valores máximos establecidos en la legislación local y nacional.

Los datos restantes de agua (“agua de pozo”, “agua cloacal”, “mineral” y “efluente”, “agua de proceso industrial”) que principalmente provienen de las provincias de Río Negro y Neuquén, presentaron valores de concentración de Hg en el rango de 0,2-30,7 µg/l. La matriz “agua de proceso industrial” presentó el rango más amplio de distribución de concentraciones, así como el valor observado más elevado. Siendo que los datos evaluados corresponden a un período de 5 años y las muestras a distintas localizaciones, además de que la cantidad de muestras evaluadas no resulta suficiente, no es posible indicar la existencia de una problemática puntual vinculada con la presencia de Hg en los diferentes tipos de aguas evaluados.

En efecto, el GIAH observa que sería interesante que todas las provincias del país cuenten con sistemas integrados de información ambiental, para contribuir a un análisis más completo del país en su conjunto. Esto permitiría por un lado tomar decisiones en pos de la seguridad alimentaria de la población, y por el otro, generar datos propios que permitan fijar posturas frente a determinadas problemáticas, así como colaborar con el cumplimiento de los tratados internacionales a los que el país ha adherido (como es el caso del Convenio de Minamata).

En cuanto a la matriz “alimento”, del total de datos relevados (3140), el mayor número de resultados informados corresponden a los tipos de producto: jugo concentrado clarificado de fruta, jugo concentrado turbio de fruta, y jugo sulfitado de uva. La menor cantidad de datos recopilados pertenecen a los tipos de producto: miel, aroma concentrado de fruta y legumbre. Solamente 135 corresponden al tipo de producto “carne de pescado” y 22 a “envasado de pescado”, a pesar de tratarse de un tipo de producto de gran relevancia por encontrarse regulado por legislación nacional. Cabe destacar que la mayor parte de los análisis se realizaron sobre alimentos elaborados en Argentina con destino de exportación.

Los productos “jugo de fruta concentrado turbio”, “alimento deshidratado”, “carne de pescado” y “envasado de pescado” fueron los que presentaron mayor cantidad de resultados en el rango superior de concentraciones. Sin embargo, en todos los casos, los mismos se encontraron por debajo de lo establecido en las legislaciones.

Sería interesante incluir en el análisis, datos provenientes de industrias de alimentos radicadas en la provincia de Buenos Aires dada la importancia de la zona en cuanto a la actividad pesquera.

Se advierte la poca información accesible respecto a las concentraciones de Hg en alimentos tanto de exportación como destinados al consumo interno.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

En cuanto a la acumulación de Hg en peces, si bien se disponen de un número escaso de datos, se observa que, a modo de tendencia, la mayor concentración de Hg en los peces se concentraría principalmente en hígado, músculos y branquias según los datos relevados.

Se observa que todos los datos correspondientes a sedimentos presentan valores elevados de Hg comparados con los valores detectados en los alimentos antes analizados. A pesar de que la cantidad de datos no resulta significativa, y no se cuenta con estudios sistemáticos, se desprende que los sedimentos de playa serían un indicador de los niveles de Hg en músculo como en hígado de los peces.

En base a los resultados obtenidos, sería interesante establecer un programa de monitoreo de Hg en peces de consumo, tanto interno como de exportación, de manera de avanzar con el conocimiento ya generado en el tema y asimismo acompañar con información científica las campañas de promoción de consumo de pescado. También, se debería fomentar la investigación de Hg en peces y la potencial exposición de la vida acuática vinculada con la presencia de Hg en sedimentos.

Por otro lado, se relevaron un total de 20 leyes nacionales, federales, provinciales, binacionales e internacionales vinculadas con la determinación de Hg en aire, suelos, sedimentos, biota, aguas y alimentos.

Asimismo, se analizaron datos provenientes de 777 notificaciones de alertas y/o rechazos recibidas durante el periodo 2013-2018 a nivel mundial por presencia de Hg en alimentos. Hasta el momento no se han reportado alertas y/o retiros de alimentos por presencia de Hg en Argentina. A nivel mundial, el 90% de los casos, correspondieron a pescados frescos y procesados el 4% a suplementos alimentarios y el 3% a materias primas, siendo España, Portugal y Vietnam, los países con mayor cantidad de notificaciones recibidas (productos provenientes de estos países).

Se realizó una profunda revisión de los principales programas, iniciativas y actividades internacionales, regionales y nacionales en 58 países, vinculados al monitoreo de Hg. Asimismo, se identificaron las principales redes regionales de monitoreo de mercurio en matrices ambientales y alimentos.

El GIAH considera que el presente informe contribuirá, no solo a la generación de conocimiento vinculado al Hg en Argentina, sino también a la toma de decisiones por parte de los gestores de riesgo. Además de contar con la información indispensable para poder cumplir de manera efectiva con las previsiones del Convenio de Minamata.

4. INTRODUCCIÓN

El mercurio (cuyo símbolo químico es Hg) es un metal pesado que existe naturalmente en el ambiente, el cual es altamente tóxico y persistente. Dicho metal y sus compuestos provienen de

Mercurio en Argentina: Estado de situación

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 mercurio, el cual presenta gran estabilidad y puede permanecer en la atmósfera durante meses e incluso años (Clarkson *et al.*, 2006).

-*Compuestos inorgánicos*. Incluyen a los compuestos derivados del mercurio +1 (Hg^+) principalmente como cloruro mercurioso (Hg_2Cl_2) o calomel, y los compuestos derivados del mercurio (Hg^{+2}). El Hg^{+2} es el estado iónico más abundante en el ambiente y generalmente se encuentra formando complejos con diferentes especies aniónicas que contiene 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, y formar metilmercurio, y etilmercurio entre otros (Clarkson, 2002; UNEP, 2013).

La erosión de las rocas y los suelos, y las erupciones volcánicas son las principales fuentes naturales de Hg. Dado que este metal está también presente en los combustibles fósiles, los minerales metálicos y otros, las diversas actividades antropológicas incrementan su liberación a la atmósfera, los suelos y el agua (Clarkson, 2002; WHO, 2003). Cada una de las diferentes especies del Hg participan del "ciclo biogeoquímico del mercurio" (Figura 1). Este ciclo incluye la emisión de Hg^0 desde los suelos y el agua hacia la atmósfera, su transporte, dispersión e interconversión en especies solubles (mediante reacciones de óxido-reducción y metilación/demetilación). A través de distintos procesos, que incluyen la biotransformación llevadas a cabo por bacterias presentes en los cuerpos de agua (Clarkson, 2002; Ruggieri *et al.*, 2017), el Hg retorna a los suelos y al agua.

La exposición de la población en general y en entornos ocupacionales se da principalmente a través de la inhalación de vapores de Hg^0 . A partir de diversos estudios realizados en zonas industriales o cercanas a refinerías o minas de oro de Norteamérica y Europa, se calculó que el nivel promedio en el aire es de 3 a 6 veces mayor que el que existía antes de la revolución industrial (WHO 2003).

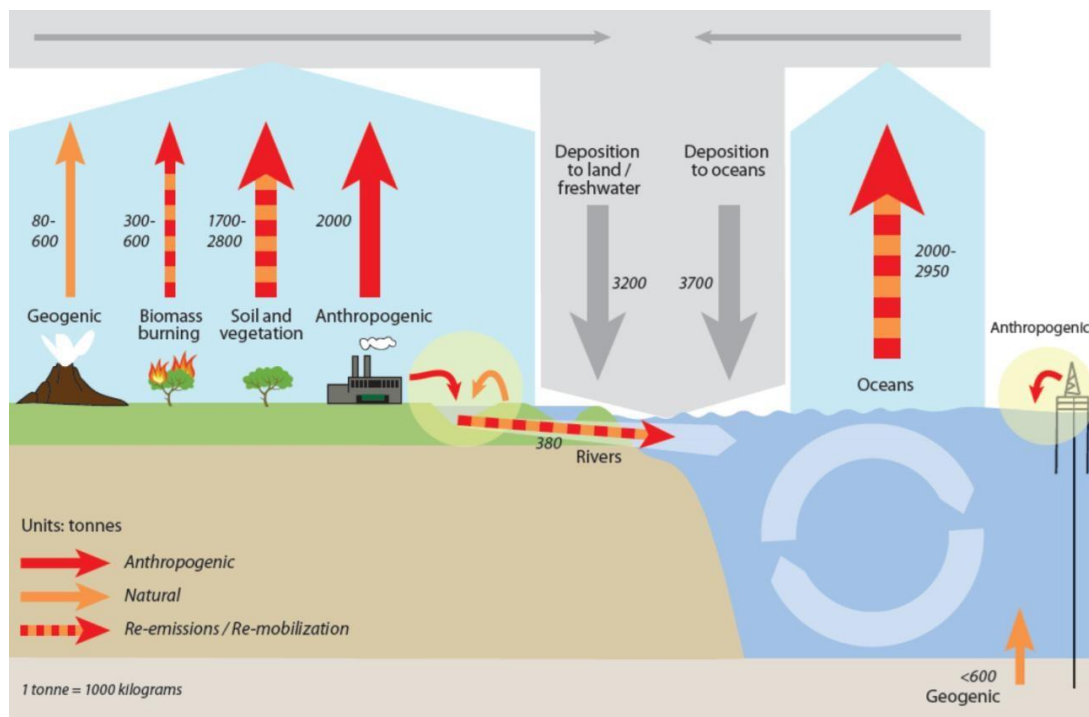


Figura 1. Ciclo biogeoquímico del mercurio (UNEP, 2013)

Tanto en actividades antrópicas como en la vida cotidiana de la población se utilizan diferentes productos derivados del Hg. 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. En primer lugar, sobre los trabajadores dentales en la manipulación de dichas amalgamas. En segundo lugar, diversos estudios han demostrado el impacto de la amalgama sobre la concentración de mercurio 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). Se ha descrito que la concentración del vapor de Hg⁰ 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).

Homme *et al.* (2014) revisaron diferentes ensayos sobre el impacto de las amalgamas dentales en la salud de los individuos que las poseen y concluyeron que en muchos casos la exposición a mercurio a la que se encuentran dichos individuos era poco segura.

Según una reciente revisión (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, las amalgamas dentales representan una importante, pero poco estudiada, fuente de contaminación global con Hg.

Asimismo, otra de las principales fuentes de exposición al Hg⁰, principalmente en niños es la

Mercurio en Argentina: Estado de situación

inhalación de los vapores por el mal manejo de pequeños derrames producidos por la ruptura 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 una 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 mercurio. Ya en el año 2009 a través de la resolución 139/2009, el entonces Ministerio de Salud de la Nación dictaminó un plan de minimización de la exposición y el reemplazo del mercurio en el sector salud, procediendo a partir de dicha fecha, al reemplazo gradual de los insumos hospitalarios que contienen mercurio en gran parte del territorio argentino. Además, en 2010, a través de otra resolución (274/2010) se prohibió la producción, importación, comercialización o cesión gratuita de esfigmomanómetros de columna de mercurio para la evaluación de la tensión arterial destinados al público en general, a la atención médica y veterinaria. Una de las acciones recientemente tomadas por SGAYDS fue prohibir a partir del 1° 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. Actualmente el Hg puede encontrarse como ingrediente común en jabones y cremas destinados a aclarar la piel dado que las sales inorgánicas de mercurio inhiben la formación de melanina y le dan un tono más claro. En Argentina, el mercurio 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 multiviales ya que se utiliza como conservante y como sales de fenilmercurio en productos cosméticos, tales como los destinados a retirar el maquillaje de ojos, y en máscaras, donde también se lo emplea como conservante (PNUMA, 2008a; Ladizinski *et al.*, 2011). Por otra parte, se han encontrados 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, emplean o empleaban celdas y/o electrodos potenciométricos de Hg (Clarkson *et al.*, 2006; Syversen *et al.*, 2012).

Asimismo, algunos países en desarrollo se enfrentan a crecientes problemas de salud y riesgos ambientales a causa de incremento a la exposición debido al crecimiento de la minería de oro a pequeña escala (principalmente artesanal e ilegal) (Gibb *et al.*, 2014) y de la quema de carbón, siendo Sudamérica uno de los principales emisores globales de Hg en el aire (WHO, 2003; UNEP, 2013).

En adición a lo expuesto, cabe destacar la importancia de la exposición al Hg a través del consumo de agua y alimentos contaminados. El metilmercurio generado en el proceso de biometilación, ingresa a la cadena alimenticia acuática donde se produce un proceso de biomagnificación en el que aquellos peces que están en lo más alto de dicha cadena contienen las mayores concentraciones de Hg (principalmente en el tejido muscular) y en consecuencia, el consumo de peces depredadores, mariscos o mamíferos marinos es la principal vía de contaminación con mercurio en los seres humanos (Clarkson *et al.*, 2006; Poulin *et al.*, 2008; Gibb *et al.*, 2014). A lo largo del mundo, se ha demostrado que algunos peces marinos de consumo humano se pueden encontrar contaminados con metilmercurio, principalmente el atún, el pez espada, el mero y la caballa, por lo que aquellas comunidades que tienen una dieta rica en el consumo de dichos peces poseen mayor probabilidad de encontrarse expuestas. Por otro lado, 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).

Cada una de las distintas especies químicas de Hg puede ocasionar efectos tóxicos en gran variedad de órganos y tejidos, principalmente efectos neurotóxicos, respiratorios, nefrotóxicos, hepatotóxicos, reproductivos, gastrointestinales, metabólicos, sobre la respuesta autoinmune, la piel y reacciones de hipersensibilidad (WHO, 2003; Berlin *et al.*, 2007; Poulin *et al.*, 2008).

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

En el año 2001, a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se emprendió una evaluación del Hg y de sus compuestos a nivel mundial, recabando 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, se decidió que existían claras evidencias del carácter nocivo del Hg y sus compuestos a nivel mundial que justificaban continuar adoptando medidas internacionales para reducir los riesgos sobre la salud humana y el ambiente, procedentes de la liberación de este metal y sus compuestos. En 2009, expertos internacionales convocados por PNUMA concluyeron que las medidas voluntarias puestas en marcha no habían sido suficientes para atender la problemática y se acordó la necesidad de adoptar nuevas medidas sobre este metal pesado, destacando la preparación de un instrumento jurídicamente vinculante a nivel mundial sobre el Hg. A raíz de ello, se formó un comité intergubernamental de negociaciones, el cual debería comenzar su labor en 2010 y concluir las negociaciones en 2013 (ONU Medio Ambiente, Convenio de Minamata sobre el Mercurio).

En enero de 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, Japón, octubre de 2013, tras lo cual fue abierto a la firma durante un año, hasta el 9 de octubre de 2014. En dicho período, fue firmado por 127 Estados y una organización regional de integración

Mercurio en Argentina: Estado de situación

económica, lo que representó un total de 128 signatarios. El Convenio de Minamata entró en vigor el 16 de agosto de 2017, en el nonagésimo día contado a partir de la fecha en que haya sido depositado el quincuagésimo instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión.

El objetivo de este tratado global es proteger la salud humana y el ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de Hg y sus derivados. Abarca disposiciones en materia de información pública, educación ambiental, fomento de la participación y fortalecimiento de capacidades. El control de las emisiones antropogénicas a lo largo de su ciclo de vida ha sido un factor clave para la determinación de las obligaciones del Convenio. Los aspectos más destacados del Convenio de Minamata incluyen la prohibición de nuevas minas primarias de Hg, la eliminación gradual de las ya existentes, la reducción de su uso en diversos productos y procesos, la promoción de medidas de control de las emisiones a la atmósfera, al suelo y al agua, así como la regulación del sector de la minería artesanal y a pequeña escala.

El Convenio también se encarga del almacenamiento provisional y su eliminación una vez que se convierte en residuo, los puntos contaminados con Hg, así como de temas sanitarios (ONU Medio Ambiente, Convenio de Minamata sobre el Mercurio). Es de gran importancia establecer medidas y condiciones relativas al uso, el almacenamiento y el comercio de Hg, los compuestos y las mezclas, la fabricación, el uso y el comercio de productos con Hg añadido, así como a la gestión de residuo de este metal, con el fin de garantizar un alto grado de protección de la salud humana y al ambiente frente a las emisiones y liberaciones antropogénicas.

A fin de evaluar la efectividad del Convenio de Minamata, uno de los procedimientos más importantes incluye el monitoreo de la exposición humana al Hg.

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°27 356.

Para facilitar la pronta entrada en vigor del Convenio, la SGAYDS ha realizado una Evaluación Inicial de Mercurio ((Mercury Initial Assessment-MIA) a través del Proyecto PNUD ARG/18/G25. Esta evaluación permitió identificar las medidas necesarias a ejecutar e implementar a nivel nacional para un manejo ambiental del mercurio.

El proyecto se centró en actividades críticas tales como:

1. Desarrollar un entorno propicio para la toma de decisiones sobre la ratificación e implementación temprana de las previsiones dadas por el Convenio de Minamata.
2. Desarrollar el perfil nacional y el informe de evaluación inicial de mercurio.

A partir de este Proyecto, se espera que el país cuente con las herramientas necesarias para desarrollar un plan nacional de aplicación del Convenio.

5. OBJETIVO DEL INFORME

El objetivo del presente estudio fue realizar una evaluación del estado actual del mercurio en

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Argentina, de manera de identificar los desafíos nacionales y las medidas a adoptar en materia de regulación, política y estrategia ambiental que permitan al país generar información para cumplir de manera efectiva con las previsiones del Convenio. En este contexto, y a fin de cumplir con el objetivo MIA en Argentina, en el presente informe elaborado por el grupo *ad hoc* se desarrollarán los siguientes puntos:

- Relevamiento de la bibliografía disponible vinculada con la presencia, en Argentina, de mercurio en suelos, sedimentos, aguas, y alimentos.
- Identificación de instituciones públicas y privadas nacionales con capacidades analíticas instaladas para determinar mercurio en diferentes matrices: suelos, sedimentos, aguas y alimentos.
- Identificación de grupos de investigación a nivel nacional vinculados con la problemática del mercurio tanto en matrices ambientales como en alimentos.
- Relevamiento de resultados analíticos disponibles vinculados con la presencia, en Argentina, de mercurio en suelos, sedimentos, aguas y alimentos, entre otros.
- Análisis de normativas provinciales, nacionales e internacionales que contemplen la determinación de mercurio, en suelos, sedimentos, aguas y alimentos.
- Evaluación de la situación a nivel nacional/regional/global vinculada con la presencia de mercurio en mercaderías de importación/exportación (estudio de alertas y/o rechazos).
- Existencia de redes regionales de monitoreo de mercurio en matrices ambientales y alimentos.

6. RELEVAMIENTO DE BIBLIOGRAFÍA VINCULADA CON LA PRESENCIA DE MERCURIO EN SUELOS, SEDIMENTOS, AGUAS Y ALIMENTOS EN ARGENTINA.

Se realizó un relevamiento de las publicaciones disponibles relacionadas con la presencia de Hg en diferentes matrices tales como suelos, sedimentos, aguas y alimentos realizados en Argentina.

Para ello se consultaron diferentes bases de datos internacionalmente reconocidas (en plataformas como SCIMAGO y/o Thomson & Reuter) tales como ScienceDirect, SCIELO, Google Scholar, Wiley, Springer, SCIRO, Cambridge University Press, Research Gate, entre otras.

Los trabajos sobre mercurio realizados en Argentina, registrados hasta el presente, ascienden a 82, los cuales se han incrementado en la última década (Figura 2).

Mercurio en Argentina: Estado de situación

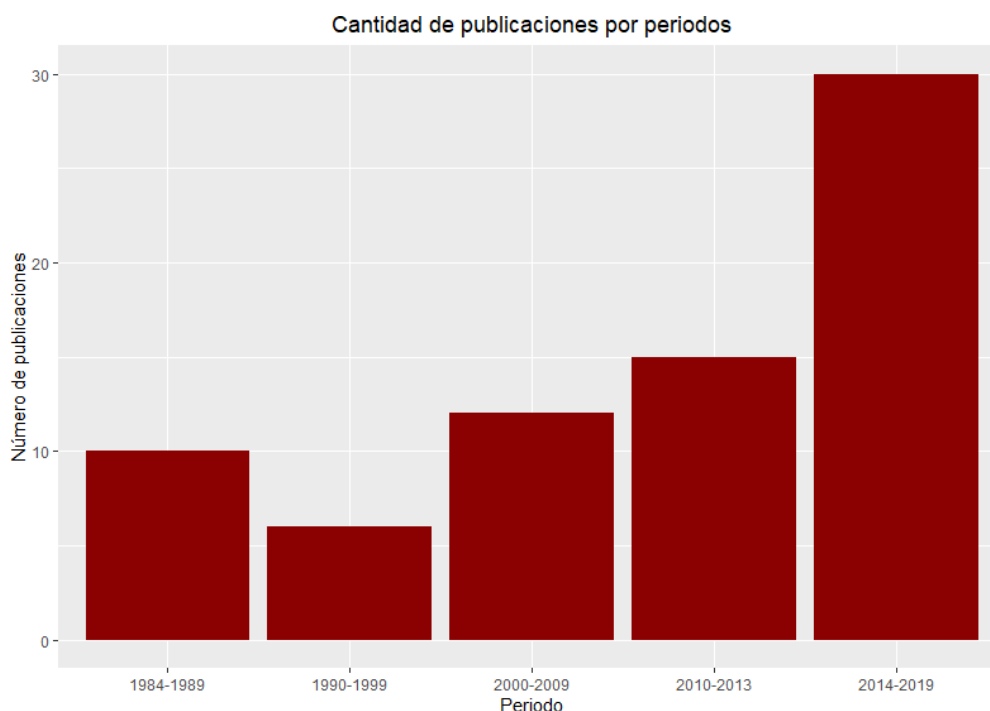


Figura 2. Distribución temporal de los trabajos asociados a mercurio realizados en Argentina.

Del análisis de la Figura surge que el 42% de dichos artículos se focalizaron en estudios de determinación de Hg en distintos componentes de la biota, el 11% a estudios vinculados con ensayos de laboratorio, el 7% al desarrollo y validación de técnicas analíticas para determinar Hg, el 3% a estudiar la prevalencia del contaminante en alimentos y el resto de los artículos se centraron en otras temáticas.

En la década de los 80's se publicaron 10 trabajos relacionados al Hg, de los cuales en su mayoría estaban asociados a su determinación en la biota y uno sólo a la determinación en pescado procesado destinado a consumo humano (Perez et al., 1986). El primer trabajo realizado en Argentina en la temática, fue la determinación de Hg en el delfín nariz de botella del Atlántico Sur (*Tursiops geophysus*), también llamado delfín mular o toninas², desarrollado por el INIDEP en el año 1984 (Moreno et al., 1984) y posteriormente el trabajo realizado por Pérez et al. (1986) los cuales analizaron la presencia de Hg en músculo de peces, crustáceos y moluscos marinos comerciales destinados al consumo humano como besugo, mero, merluza, cazón, gatuzo, atún, corvina, langostino, pez palo, salmón de mar, abadejo, anchoa, calamar, lenguado y pescadilla. Estos autores determinaron que en el caso de algunas especies (cazón y gatuzo) los valores de Hg eran elevados (superan 0,7 mg/kg, límite de Hg establecido a nivel internacional para los años 80s).

² Esta especie habita aguas costeras del litoral marítimo de Argentina, una revisión de su distribución y bioecología puede leerse en Vermeulen, E., Bastida, R., Berninsone, L.G., Bordino, P., Failla, M., Fruet, P., Harris, G., Iñíguez, M., Marchesi, M.C., Petracci, P., Reyes, L., Sironi, M. and Bräger, S. (2017) A review on the distribution, abundance, residency, survival and population structure of coastal bottlenose dolphins in Argentina. Latin American Journal of Aquatic Mammals 12 (1-2): 02-16. <https://doi.org/10.5597/lajam00233>.

A finales de la década el 80, Marcovecchio *et al.* (1988a) analizaron la presencia de Hg total en 19 especies de peces y crustáceos del estuario de Bahía Blanca, siendo el primer trabajo con evidencias de bioacumulación en diferentes especies de la cadena trófica de esa región. Estos mismos autores profundizaron los estudios sobre la biota del estuario de Bahía Blanca (Marcovecchio *et al.*, 1986c, 1988, a, b, c), como así también de la Bahía de Samborombón (Marcovecchio *et al.*, 1986b) y de Mar Chiquita (Marcovecchio *et al.*, 1986a), mientras que Peña *et al.* (1988) determinaron Hg en lobos marinos de Mar del Plata.

Ya en la década de los 90's, se publicaron 6 trabajos científicos asociados con la determinación de Hg en biota y un trabajo asociado a alimentos (crustáceos) destinado a consumo humano (Marcovecchio, 1994).

Las publicaciones vinculadas con la presencia de Hg en la biota se focalizaron en organismos acuáticos marinos como leones marinos (Gerpe *et al.*, 1990), tiburones y peces óseos de Bahía Samborombón y Bahía Blanca (Marcovecchio *et al.*, 1991, Marcovecchio y Moreno, 1993; Marcovecchio *et al.*, 1992, y Marcovecchio, 1994).

En el periodo 2000-2009 se incrementaron los trabajos, alcanzando los 12 artículos y manteniéndose la tendencia de que la mayoría de los mismos (8) se focalizaron en estudiar la presencia de Hg en la biota y solo 4 en determinaciones en matrices ambientales (agua y sedimentos).

Los estudios sobre la presencia de Hg en diferentes organismos acuáticos abarcaron no sólo organismos marinos (Gil *et al.*, 2006); sino también dulceacuícolas (peces andino patagónicos, invertebrados, vegetación) (Riberiro Guevara *et al.*, 2002, 2004 a, b; Arribére *et al.*, 2003, 2006). Por otra parte, en esa década también se iniciaron estudios de bioacumulación en cadenas tróficas de lagos andino patagónicos de nuestro país (Ribeiro Guevara *et al.*, 2002, 2004a, 2008; Arribére *et al.*, 2008).

De Marco *et al.* (2006) publicaron una revisión de los trabajos sobre Hg en tres estuarios (Mar Chiquita, Bahía Blanca y Bahía Samborombón), donde se evidenció la disminución en sedimento en los tres estuarios, pasando de valores de 236 µg/g en Bahía Blanca en la década del 80 a 39 µg/g en el año 2005. Estos resultados infirieron no solo la posible reducción del aporte de Hg de origen antrópico a los cuerpos de agua sino la biotransferencia de los mismos a la cadena trófica y el cambio de especiación de este elemento.

Paralelamente, en la década del 2000 también se desarrollaron nuevas metodologías de detección y cuantificación de Hg y compuestos mercuriales, así como ensayos de laboratorio sobre la metabolización y excreción renal de los mismos, así como también la búsqueda de posibles biomarcadores de toxicidad por mercurio (Di Giusto *et al.*, 2010; Hazelhoff *et al.*, 2012; Trebucovich *et al.*, 2014; Hazelhoff *et al.*, 2018a b). Además, en este periodo se iniciaron los estudios de dinámica de otros componentes de los ambientes acuáticos que influyen la biotransferencia y biodisponibilidad del mercurio, como son la materia orgánica disuelta y

Mercurio en Argentina: Estado de situación

particulada para el proceso de metilación y biotransferencia en la cadena trófica en lagos andino-patagónico (Ribeiro Guevara *et al.*, 2008). Por otro lado, se publicaron artículos científicos asociados a los efectos de la exposición del Hg a nivel de la salud humana producto de las vacunas (Piccicheo *et al.*, 2009) y amalgamas (Rasines, 2008).

En la última década, el número de artículos publicados creció exponencialmente y ascendió a 53, ampliándose las temáticas a la biota (34), a ensayos de laboratorio (9), a metodologías analíticas (6), alimentos (2), y salud humana (1).

En relación a los estudios sobre biota estos artículos se centraron en la determinación de Hg en diferentes tejidos de organismos acuáticos tope de las cadenas tróficas como pingüinos (Frías *et al.*, 2012, Brasso *et al.*, 2015, Moura *et al.*, 2018), delfines, delfín franciscana, tonina overa, y orcas (Cáceres-Saez *et al.*, 2013; 2015, 2016, 2018; Romero *et al.*, 2016) y en diferentes compartimentos del ecosistema como peces (Rizzo *et al.*, 2011, Avigliano *et al.*, 2015; 2016), en las diversas fracciones del plancton (Arribére *et al.*, 2010a, b; Dieguez *et al.*, 2013a, b; Soto Cárdenas *et al.*, 2014; 2018a), e invertebrados (Campoy Díaz *et al.*, 2018).

Asimismo, se han desarrollado estudios integradores sobre tramas tróficas a nivel general los cuales incluyen matrices ambientales como agua y sedimentos. Dichos trabajos se realizaron principalmente en cuerpos de agua continentales del sur de nuestro país (Rizzo *et al.*, 2010, 2011, 2014; Juárez *et al.*, 2016; Arcani *et al.*, 2017, 2018; La Colla *et al.*, 2019), en Córdoba (Griboff *et al.*, 2018) y en Tucumán (Buti *et al.*, 2015). Por otra parte, también se realizaron investigaciones vinculadas con la presencia de Hg y su efecto en organismos acuáticos de la región antártica (Mao *et al.*, 2014).

Las publicaciones sobre matrices ambientales tales como el agua, son variadas y han sido realizadas estudiando diferentes zonas de nuestro país: los lagos andino patagónicos (Soto Cardenas *et al.*, 2018b; Arcagni *et al.*, 2018, Arribére *et al.*, 2010a), los ecosistemas costero-marinos del Atlántico sudoccidental (Gil *et al.*, 2014; La Colla *et al.*, 2016, 2019), y el Delta del Paraná y el Río de la Plata (Avigliano *et al.*, 2015). En todos los casos se evidenciaron concentraciones de Hg medias y moderadas de acuerdo con los niveles establecidos en el Código Alimentario Argentino.

En cuanto a la presencia de Hg en sedimentos, las investigaciones se desarrollaron principalmente estudiando los lagos andino-patagónicos (Ribeiro Guevara *et al.*, 2010; Daga *et al.*, 2016; Soto Cárdenas *et al.*, 2018b), y las lagunas cordobesas (Stupar *et al.*, 2014). En suelos, los estudios se llevaron a cabo en bosques fueguinos (Peña Rodríguez *et al.*, 2014) mientras que en aire, se desarrollaron en el Parque Nahuel Huapi (Sporvieri *et al.*, 2016 a,b; Dieguez *et al.*, 2017).

Respecto de ecosistemas terrestres argentinos, la información disponible es limitada, habiéndose registrado un trabajo realizado por Di Marzio *et al.* (2018) en aves rapaces de la Patagonia (Bariloche) con determinación de valores bajos de Hg similares a los hallados en otras partes del mundo.

Por otra parte, en alimentos, se han realizado determinaciones en diferentes matrices tales como:

Mercurio en Argentina: Estado de situación

miel (Domínguez *et al.*, 2012), algas (Gil *et al.*, 2014), salmones patagónicos de acuicultura (Bubach *et al.*, 2017), pejerreyes (Avigliano *et al.*, 2015, 2016), pescadilla, lenguados, corvinas y cazones (La Colla *et al.*, 2019), arroz y subproductos (Londonio *et al.*, 2019).

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.

En relación con los ecosistemas acuáticos continentales, las publicaciones están dirigidas en su mayoría al estudio de las cadenas tróficas y sus diferentes compartimentos, así como a los factores limnológicos como la materia orgánica que influyen la biodisponibilidad de este elemento en los diferentes cuerpos de agua andino-patagónicos.

Los trabajos en otros ecosistemas acuáticos continentales de Argentina son escasos en relación con la superficie territorial de nuestro país y están limitados a estudios en el Bajo Delta del Paraná, el Río de la Plata, algunas lagunas pampeanas, el Dique los Molinos (Córdoba) y en un cuerpo de agua en la provincia de Tucumán, siendo un único trabajo asociado a fauna de ambiente terrestre (Figura 3).

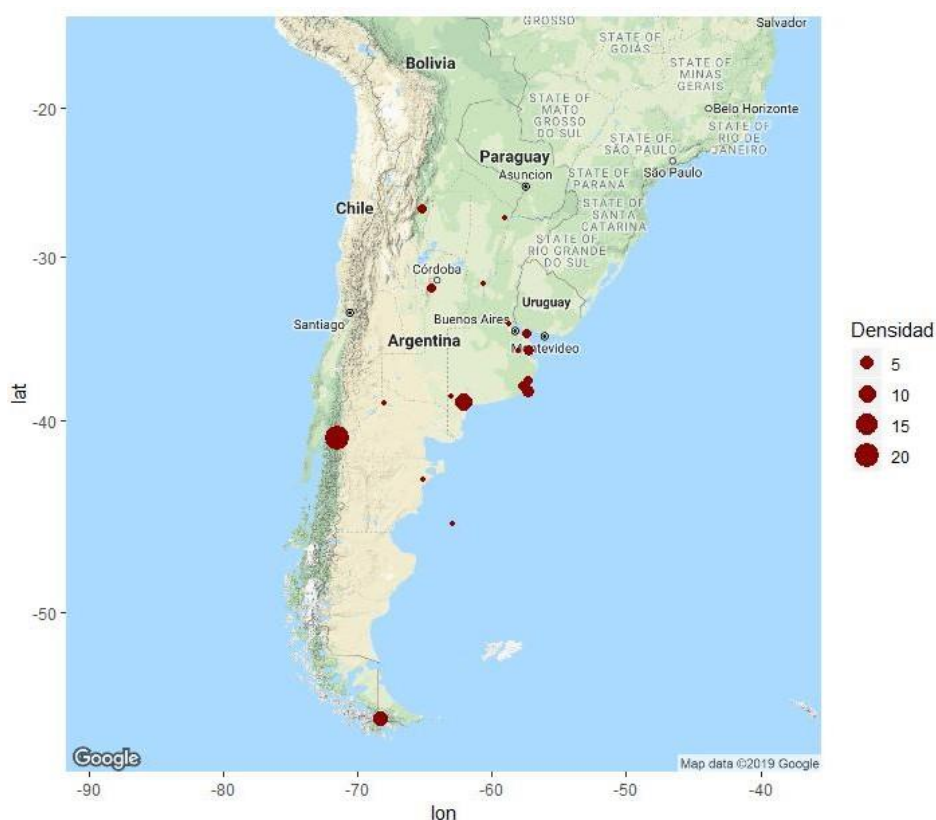


Figura 3. Áreas del país donde se realizaron estudios vinculados con la presencia de Hg. El tamaño de los círculos indica cantidad de trabajos relativos.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

En este sentido, considerando la cantidad de ambientes acuáticos, y biodiversidad de nuestro país se evidencia la necesidad de profundizar y completar los estudios en las diferentes cadenas tróficas. Además, teniendo en cuenta que Argentina es un país agroexportador, la realización de estudios en alimentos animales acuáticos debiera sistematizarse y profundizarse, particularmente en las cadenas tróficas donde participen especies comerciales de consumo humano.

Considerando al menos los principales alimentos exportados y consumidos en el mercado interno, las matrices ambientales de diferentes zonas del país, en particular el agua donde no hay estudios (ver figura 3), se deberían fortalecer diferentes centros de investigación en distintas regiones del país, con la compra de equipamiento y la formación de recursos humanos, a fin de poder dar respuesta a esta necesidad.

Por otro lado, consideramos que sería importante que Argentina disponga de una red de laboratorios de ensayo orientada a aspectos metodológicos y analíticos de la determinación de Hg en diversas matrices donde se puedan discutir y armonizar criterios de ensayo, realizar calibraciones, validaciones, intercomparaciones, y otros estudios, con el objetivo de contar con una base de datos compartida.

De esta manera las autoridades nacionales y locales podrán disponer de datos sólidos para la toma de decisiones de políticas públicas en relación con la temática.

Si consideramos la subscripción de Argentina al Convenio de Minamata, se debe tener presente que las primeras negociaciones comenzaron en 2007, la subscripción del convenio fue el 10 de octubre de 2013 y entró en vigencia el 16 de agosto de 2017, siendo ratificado por nuestro país el 25 de septiembre de 2017.

El análisis temporal de la literatura existente evidencia un aumento relativo de las publicaciones científicas a partir de ese momento (Figura 4).

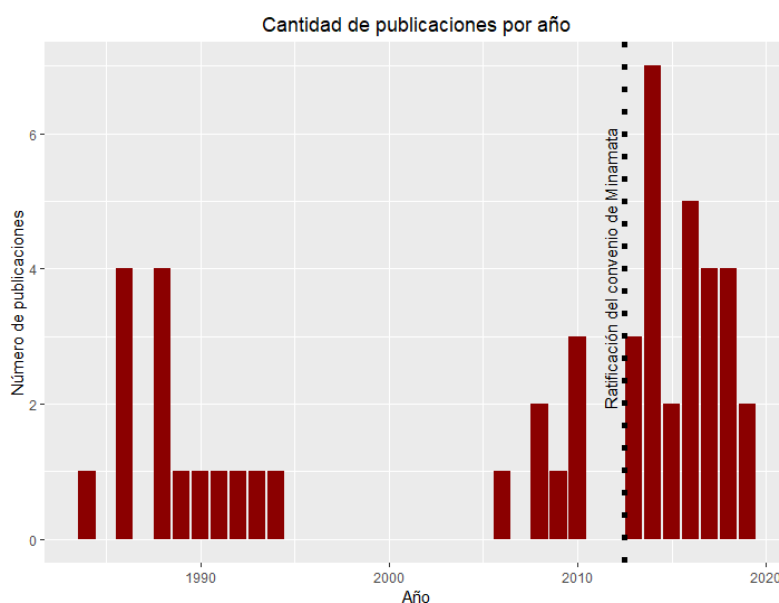


Figura 4. Literatura publicada en Argentina en relación con la ratificación del Convenio de

Mercurio en Argentina: Estado de situación Minamata.

Sin embargo, consideramos que dicho aumento no estaría vinculado directamente con la ratificación del acuerdo, sino con diversos factores tales como un aumento del interés puntual de la comunidad científica por esta temática sumado a la posibilidad de determinar dicho contaminante con equipamientos preexistentes y de las líneas estratégicas propuestas en el documento de Ciencia y Técnica del Plan Argentina 2020.

7. RELEVAMIENTO DE INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS NACIONALES CON CAPACIDADES ANALÍTICAS INSTALADAS PARA DETERMINAR MERCURIO EN SUELOS, SEDIMENTOS, AGUAS Y ALIMENTOS.

Se diseñó una breve encuesta con preguntas referentes a la determinación de Hg tales como: matrices en donde se analiza, equipamiento utilizado, técnica analítica, límite de detección y límite de cuantificación, acreditación del laboratorio, etc. (Figura 5). La misma fue enviada por correo electrónico a instituciones públicas y privadas radicadas en el país, pertenecientes al sector alimentario y ambiental. Por otra parte, se realizó la difusión a través de las páginas web de la RSA (<https://rsa.conicet.gov.ar/adhoc/mercurio/>) y del CONICET (<https://www.conicet.gov.ar/la-red-de-seguridad-alimentaria-colabora-con-la-reduccion-de-mercurio-en-el-mundo/>). En algunos casos el contacto se realizó telefónica y/o personalmente teniendo en cuenta los contactos de cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.

Logo de RSA-CONICET: Instituto de Seguridad Alimentaria del CONICET

Determinación de mercurio: Relevamiento de capacidad analíticas instaladas 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
Gustavo Cruz 2200 Paso 9 • C.A.B.A., Argentina
Tel: +54-11-4899-5400 Fax/mov: 2747 / 2739 / 2737. Tel. 4521-1289/1278 int. 8995

Figura 5: Modelo de encuesta realizada por el grupo *ad hoc* destinada al relevamiento de instituciones públicas y privadas con capacidades analíticas para la determinación de mercurio.

7.1. INSTITUCIONES PÚBLICAS

Se contactaron un total de 80 instituciones públicas, radicadas en Argentina, pertenecientes al sector alimentario y ambiental. En la encuesta enviada figuraba la siguiente pregunta:

¿Realiza determinaciones analíticas de mercurio en su institución?

La Figura 6 se presenta el número total de respuestas positivas (SI: determinan Hg) y negativas (NO: No determinan Hg), así como la cantidad de instituciones públicas que no han respondido a los sucesivos intentos de contacto (NR) por ninguna de las vías antes mencionadas.

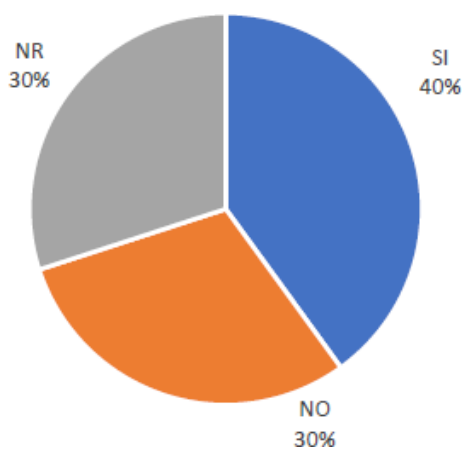


Figura 6: Respuestas obtenidas de las instituciones públicas contactadas por el grupo *ad hoc* (80). NR: sin respuesta

Del total de 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).

Por otro lado, 24 de ellas (30%) han respondido que no realizan ninguna determinación de Hg, mientras que las restantes 24 (30%) no respondieron a ninguno de los intentos de contacto.

7.1.1. Vías de contacto

Las vías de contacto con las que se lograron las respuestas positivas por parte de las instituciones públicas relevadas fueron: personalmente, por mail o teléfono o a través de la página web de la RSA (Figura 7).

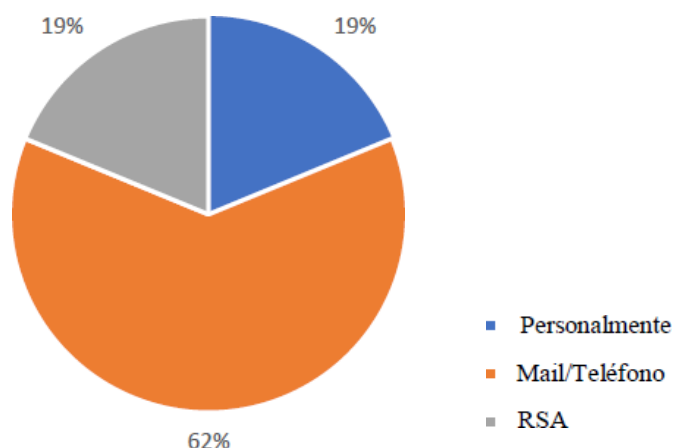


Figura 7: Vías de contacto con las instituciones públicas con capacidad para determinar Hg.

El mayor número de respuestas positivas se obtuvo a partir del contacto por mail o telefónicamente. Sin embargo, se destaca la importancia tanto del contacto vía la página web de la RSA como a través de visitas personalizadas de los integrantes del grupo *ad hoc* a las instituciones.

7.1.2. Distribución geográfica

A continuación, se presenta la distribución geográfica de las 32 instituciones públicas nacionales que han respondido positivamente a la encuesta realizada en el marco del presente informe (Tabla 1 y Figura 8).

Tabla 1: Número de instituciones públicas que realizan determinaciones de Hg por provincia.

Provincia relevada	Número total de instituciones públicas
Buenos Aires	14
Río Negro	5
Santa Fe	4
Mendoza	4
Córdoba	3
Chubut	1
San Luis	1
TOTAL	32

Mercurio en Argentina: Estado de situación

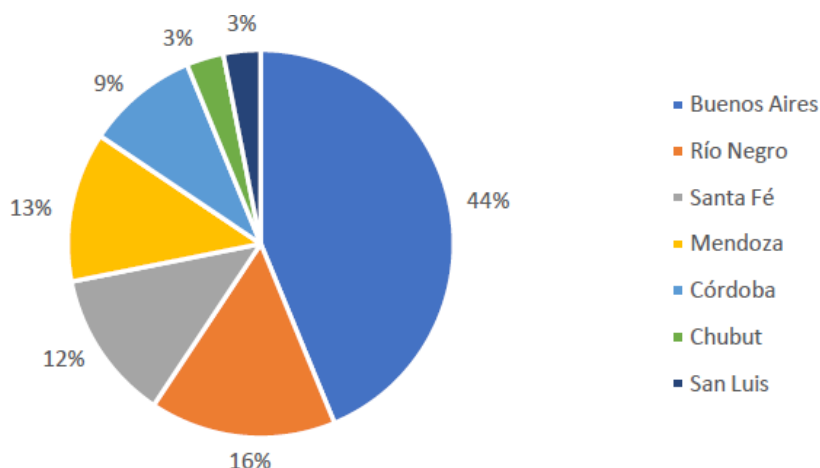


Figura 8: Distribución geográfica de las 32 instituciones públicas relevadas que realizan determinaciones de Hg.

Del análisis de los datos, se observa que el 44% de las instituciones públicas relevadas por el grupo *ad hoc* se encuentran en la provincia de Buenos Aires como es de esperarse por ser la provincia con mayor población y número de industrias alimenticias. Sin embargo, en provincias vecinas con elevada tasa poblacional, como Santa Fe y Córdoba, se obtuvieron menos respuestas de instituciones o laboratorios que hagan estas determinaciones.

Por otra parte, en provincias con un número menor de habitantes (como es el caso de Río Negro y Mendoza) se obtuvieron respuestas positivas similares a las obtenidas en Santa Fe y Córdoba. Esto puede deberse a que en estas provincias se han desarrollado centros científicos tecnológicos importantes. Asimismo, se contactó una institución en la provincia de Chubut y otra en San Luis. En el resto del país, no se pudieron relevar instituciones públicas que determinen Hg en alguna matriz.

7.1.3. Matrices de análisis

Uno de los ítems relevados en la encuesta estaba orientado a recabar información vinculada con las matrices en las que cada institución podía determinar Hg:

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

Se obtuvieron diversas respuestas que fueron desde muy generales hasta muy específicas.

En la Tabla 2 se presenta el número de instituciones públicas que, según las encuestas, determinan Hg en matrices sólidas y/o líquidas.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Tabla 2: Número de instituciones públicas que realizan determinaciones de Hg en matrices sólidas y/o líquidas.

Matrices de análisis	Número de instituciones que realizan determinaciones en estas matrices
Sólidas	6
Líquidas	6
Todas (aguas, suelos, sedimentos y alimentos)	2

Del total de instituciones públicas que informaron que realizan determinaciones de Hg (n=32), aproximadamente un 44% (14) los realiza únicamente en matrices sólidas y/o líquidas.

Respecto del análisis de Hg en aguas, la Tabla 3 presenta el número de instituciones públicas que, según las encuestas, realiza dicha determinación.

Tabla 3: Número de instituciones públicas que realizan determinaciones de Hg en la matriz “agua”.

Tipos de agua	Número de instituciones que realizan determinaciones en estas matrices
No especificadas	19
Efluente	6
Líquido cloacal	2
Superficial	3
Subterránea	4
De consumo	3

Respecto del análisis en alimentos, la Tabla 4 presenta el número de instituciones públicas que, según las encuestas, realiza la determinación de Hg así como las principales matrices de análisis.

Tabla 4: Número de instituciones públicas que realizan determinaciones de Hg en la matriz “alimento” y principales matrices de análisis.

Tipo de alimento	Número de instituciones que realizan determinaciones en estas matrices
No especificados	7
Peces	3
Molusco	1

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Crustáceo	
Carne	1
Huevo	
Miel	
Arroz	
Leche	1
Gelatina	
Vegetal deshidratado	
Vegetal	
Harina	1
Materia prima	1
Forraje	1

Asimismo, se relevaron instituciones públicas que realizan determinaciones de Hg en otras matrices (sedimento, suelo, barro, aire, etc). Estos resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5: Número de instituciones públicas que realizan determinaciones de Hg en matrices denominadas “Otras”.

Tipo de matriz	Número de instituciones que realizan determinaciones en estas matrices
Sedimento	11
Suelo	10
Roca	1
Lixiviado inorgánico	1
Barro cloacal	1
Biota	4
Medicamento	1
Material biológico y hemoderivado	1
Orina	1
Aire	1
Material particulado	1

Del análisis de las Tablas se desprende que existe una gran variedad de matrices en las que se determina Hg en el país. Sin embargo, asociado a estas matrices existen muy pocas instituciones

Mercurio en Argentina: Estado de situación

públicas con capacidad analítica para realizar su determinación (siendo solo una institución en la mayoría de los casos).

Por otra parte, se observa que, asociado a matrices tales como “agua, sedimento y suelo”, existe en el país un importante número de instituciones públicas con capacidad para determinar Hg, mientras que asociado a la determinación en alimentos este número desciende considerablemente. Asimismo, resultaron muy pocos los laboratorios relevados con capacidad para determinar Hg en la matriz “peces” específicamente, siendo esta, según la bibliografía relevada, una de las matrices de mayor acumulación de Hg. Para el caso de “aire y material particulado”, matrices de interés por encontrarse directamente en contacto con los seres vivos, se relevó una sola institución con capacidad para determinar Hg.

Si se realiza una división general de las matrices relevadas en:

- Agua (consumo, superficial, subterráneas, efluente y líquido cloacal)
- Alimento (peces, molusco, crustáceo, carne, huevo, miel, arroz, leche, gelatina, vegetal deshidratado, vegetal, forraje, materia prima)
- Sólido (sedimento, suelo, roca, barro cloacal, material particulado, medicamento)
- Líquido (lixiviado inorgánico, material biológico y hemoderivado, orina)
- Aire
- Biota

El número de instituciones públicas con capacidad para determinar Hg sería la siguiente:

Agua: 23

Alimento: 10

Sólido: 21

Líquido: 7

Aire: 1

Biota: 4

7.1.4. Técnicas analíticas y equipamiento disponible

Otro de los ítems relevados en la encuesta estaba orientado a recabar información vinculada con técnicas analíticas disponibles para determinar Hg:

¿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.

En la Tabla 6 se presentan las diferentes técnicas analíticas relevadas, así como la cantidad de instituciones públicas que, según las encuestas, las emplean.

Tabla 6: Técnicas analíticas destinadas a la determinación de Hg y cantidad de instituciones públicas que las emplean.

Siglas	Técnica analítica	Número de instituciones que las emplean
CV-AAS	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío	18
ICP-MS	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente	7
CV-AFS	Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío	4
GF-AAS	Espectrometría de absorción atómica en horno de grafito	3
ICP-OES	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	3
SAM-CV-AAS	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío con solución amalgama	1
DMA	Analizador de mercurio	1
AANI	Análisis por activación neutrónica	1
UV	Espectrofotometría UV-visible	2

Como puede observarse, la mayoría de las instituciones públicas nacionales relevadas emplean la Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS) como método para la determinación de Hg en diversas matrices, siendo este método económico y relativamente sencillo de realizar en comparación con otros métodos analíticos.

Por otra parte, la mayoría de estas instituciones informan que poseen la capacidad de determinar el contenido de Hg total, mientras que solamente 7 instituciones (Grupo GESAP, CEFOBI, INVAP, DDA-CAC-CNEA, QUIANID, INQUISAL y LTS-CAC-CNEA) poseen la capacidad para realizar análisis de especiación de Hg, para lo cual emplean sistemas de separación previos que se conectan en serie con el equipo de determinación:

Siglas	Técnica analítica	Número de instituciones que las emplean
HPLC	Cromatografía líquida de alta presión	5
EC	Electroforesis capilar	1

Mercurio en Argentina: Estado de situación

CV-AFS + módulo	Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío acoplado a un módulo de especiación	1
-----------------	---	---

Del análisis de los datos presentados se desprende que 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 aquellas muestras donde no se detectó 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.

7.1.5. Sistema de Gestión de la Calidad de los laboratorios

Si bien la mayoría de los laboratorios pertenecientes a instituciones públicas determinan Hg empleando técnicas analíticas estandarizadas (ASTM, EPA), solamente 3 (13%) de los laboratorios relevados (INTI, INPA, y SENASA) se encuentran acreditados bajo ISO 17025, mientras que 1 (CEPROCOR) está certificado bajo la norma ISO 9001. El SENASA posee la técnica de medición de Hg en productos de pesca acreditada, mientras que otro laboratorio manifiesta poseer acreditaciones, pero para otras técnicas analíticas. Por otro lado, 2 entidades públicas manifiestan estar en proceso para la acreditación.

Cabe destacar que un total de 9 laboratorios participan (o han participado), al menos anualmente, de determinaciones de mercurio en matrices varias en el marco de interlaboratorios organizados a nivel nacional y/o internacional. Estos hechos muestran un gran interés en trabajar bajo norma y un grado de confiabilidad en los resultados muy alto.

7.1.6. Capacidad de muestreo

En cuanto a la capacidad de las instituciones para realizar muestreo, 15 de las entidades (47%) manifestaron disponer tanto de personal técnico como de capacidades para realizar toma de

muestras, 9 de las entidades manifestaron no disponer de dichas capacidades (28%) y el resto no respondió a la pregunta (25%).

7.1.7. Límites de detección y cuantificación de las técnicas analíticas

Es sabido que cada una de las metodologías analíticas posee su LD y su LC para las matrices de análisis. Asimismo, los LD y LC los determina cada laboratorio en la matriz de interés y con las condiciones de operación que emplea habitualmente, entre las que se menciona el equipamiento disponible y los analistas que realizan los ensayos, entre otras variables. Por esta razón, pueden ser diferentes dentro de un rango esperado.

El análisis de Hg en aguas o alimentos requiere de una digestión previa por microondas y posterior análisis por cualquiera de las metodologías mencionadas en la Tabla 6 (ICP-OES, ICP-MS, CV-AAS, CV-AFS) a la que se le puede sumar la FI-CV-AAS (Espectrometría de absorción atómica de vapor frío por inyección de flujo), a excepción del DMA que la digestión térmica se produce directamente en el instrumento.

Por otra parte, las tecnologías CV-AAS, FI-CV-AAS, CV-AFS, ICP-OES requieren que, luego de la digestión, las distintas especies de Hg pasen al estado Hg^0 , mientras que la metodología ICP-MS, permite realizar el análisis de manera directa a partir de la digestión inicial de la muestra, lo cual le confiere una clara ventaja sobre el resto.

En el análisis de costos entre las distintas tecnologías, surge que DMA, CV-AAS, FI-CV-AAS, CV-AFS y ICP-OES poseen menor costo que la metodología ICP-MS. Sin embargo, esta última permite el análisis de más de 30 muestras en corto tiempo, con límites que se encuentran en el orden de las ppt (ng/kg o ng/l). La determinación de Hg por ICP-MS no presenta interferencias de matriz o ruido de fondo como puede suceder con las otras metodologías.

Para el análisis de los LD y LC se dividieron las matrices alimenticias relevadas en aguas, productos de pesca, matrices líquidas, matrices sólidas y aire.

A continuación, se presentan los valores de LD y LC informados en la encuesta para diversas matrices de análisis, las técnicas analíticas empleadas, y las instituciones públicas que corresponden en cada caso. Las unidades de medida ($\mu g/l$, mg/Kg, %, ppm) corresponden a las informadas por cada una de las instituciones relevadas.

Tabla 7: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en matrices alimentarias, técnicas analíticas empleadas, e instituciones públicas que corresponden en cada caso.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Tipo de producto	Técnica analítica	LD (µg/l)	LC (3LD) * (µg/l)	Institución
No especificado	ICP-OES	2	- (6)	INPA
	ICP-MS y CV-AAS	1	- (3)	DDA-CAC-CNEA
	CV-AAS	1	- (3)	CENATOXA
	ICP-OES	-	0,5	INTI
Arroz	ICP-MS	0,017	- (0,0511)	DDA-CAC-CNEA
Leche, gelatina, vegetal deshidratado, otros	FI-CVAAS	-	1	PRINARC
	CV-AFS	-	0,5	
	ICP-MS	-	0,01	

*En los casos que no se disponía del LC, se estimó como 3 veces el LD

Tabla 8: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en aguas, técnicas analíticas empleadas, e instituciones públicas que corresponden en cada caso.

Técnica analítica	LD (µg/l)	LC (3LD) * (µg/l)	Institución
UV-vis	1	- (3)	Laboratorio de Materiales Nanoestructurados
Química	1	- (31)	CENATOXA
	-	1	LQA-CAB-CNEA
	0,3	1	QUIANID
	-	1	INVAP
	0,5	1	IMA
	0,5	1	QUÍMICA AGUAS
	-	1	PRINARC
	0,3	1	LECA-INA
	-	0,5	INTI
	-	0,2	LGRC-GEMP-CNEA
CV-AFS	-	0,5	PRINARC
SAM-AAS	-	0,10	LQA-CAB-CNEA
ICP-MS	0,015	- (0,05)	CAC-CNEA
	-	0,5	AySA
	0,02 µg/l	- (0,06)	CEPROCOR
	-	0,01	PRINARC

*En los casos que no se disponía del LC, se estimó como 3 veces el LD

Tabla 9: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en productos de pesca, técnicas analíticas empleadas, e instituciones públicas que corresponden en cada caso.

Tipo de producto	Técnica analítica	LD (µg/l)	LC (3LD) *	Institución
Biota (Peces)	DMA	-	0,1	SHN
Peces, molusco, crustáceo	CV-AAS	-	55	CRQ-SENASA
Peces	CV-AAS	-	1	INVAP

Tabla 10: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en matrices sólidas y líquidas, técnicas analíticas empleadas, e instituciones públicas que corresponden en cada caso.

Tipo de producto	Técnica analítica	LD	LC (3LD) *	Institución
Sedimento	CV-AAS	-	10 mg/kg	LGRC-GEMP-CNEA
	DMA	-	0,0001 mg/kg	SHN
	CV-AAS	-	1 µg/l	INVAP
Suelo	GF-AAS y CV-AAS	0,2 mg/kg	0,6 mg/kg	LECA-INA
	CV-AAS	-	1 µg/l	INVAP
	HG-AAS	0,2 µg/l	0,5 µg/l	IMA
	FI-CV-AAS	-	1 µg/l	PRINARC
	CV-AFS	-	0,5 µg/l	
	ICP-MS	-	0,01 µg/l	
Suelo y sedimento	ICP-OES	2 µg/l	- (6 µg/l)	INPA
Suelo y sedimento	HG-AAS	1 µg/l	- (3 µg/l)	CENATOXA
Suelo y sedimento	CV-AAS	-	0,5 µg/l	INTI
Matriz sólida	Absorción de RX	1%	- (3%)	IADO
	EDS-SEM	0,10%	- (0,3%)	
Matriz acuosa	UV-VIS	1µg/l	- (3 µg/l)	Laboratorio de Materiales Nanoestructurados
	ICP-MS y CV-AAS	0,02 µg/l	- (0,06 µg/l)	CEPROCOR
Solución ácida	CV-AAS	-	0,5 µg/l	INTI

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Líquido de desagüe	ICP-OES	-	2 µg/l	AySA
Efluente	FI-CVAAS	-	1 µg/l	PRINARC
	CV-AFS	-	0,5 µg/l	
	ICP-MS.	-	0,01 µg/l	
Matriz Sólida y líquida	Absorción de RX	10 ppm	- (30 ppm)	INIFTA
	FRX	0,1 ppm	- (0,3 ppm)	IADO
	AAS con trampa de agua	0,01 ppm	- (0,03 ppm)	
	CV-AAS	0,01 ppm	- (0,03 ppm)	

*En los casos que no se disponía del LC, se estimó como 3 veces el LD

Tabla 11: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en aire, técnicas analíticas empleadas, e instituciones públicas que corresponden en cada caso.

Técnica analítica	LD (µg/m³)	LC (3LD) * (µg/m³)	Institución
CV-AFS	0,0001 (velocidad de flujo: 1 l/min)	- (0,0003)	INIBIOMA-UNCo

*En los casos que no se disponía del LC, se estimó como 3 veces el LD

Aquellas instituciones que indicaron realizar determinaciones de Hg en todas las matrices (incluye agua, alimentos, sedimento y suelo) se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en todas las matrices presentadas anteriormente, técnicas analíticas empleadas, e instituciones públicas que corresponden en cada caso.

Técnica analítica	LD (µg/l)	LC (3LD) * (µg/l)	Institución
ICP-OES	50	100	INQUISAL
ICP-MS	0,004	0,020	
CV-AAS e ICP-MS	-	1	CAC-CNEA

Como puede observarse, se refleja una enorme diversidad de LD y LC dependiendo tanto de la matriz como de la técnica empleada. Por ejemplo, para el caso de alimentos se observa que el LC de Hg varía de 6 µg/l, empleando ICP-OES, a 0,01 µg/l al utilizar ICP-MS.

Para el caso de aguas, los LC varían desde 3 µg/l, empleando la metodología de UV-visible, hasta 0,01 µg/l mediante el empleo de ICP-MS.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

En matrices de “sedimento y suelo”, se observan valores desde 10 µg/l con CV-AAS hasta 0,01 µg/l con ICP-MS. Las técnicas con mayores LC son las de Absorción de RX y Fluorescencia de RX, para el caso de matrices “sólido y líquido”.

Las instituciones públicas relevadas han informado el LD y/o el LC referentes a la técnica analítica y al equipamiento indicado. Sin embargo, en matrices como “alimento y sólido” es usual expresar estos límites en unidades de masa de Hg por unidad de masa de matriz seca (por ejemplo, mg/kg, µg/kg, µg/g, ng/g). Como no se dispone del dato de la cantidad de masa de matriz alimenticia o sólida de la cual se partió en el análisis, no es posible expresar los resultados de manera unificada para su comparación.

7.2. INSTITUCIONES PRIVADAS

Se contactaron un total de 71 instituciones privadas (laboratorios), radicadas en Argentina, pertenecientes al sector alimentario y ambiental.

La Figura 9 se presenta el número total de respuestas positivas (SI: determinan Hg) y negativas (NO: No determinan Hg), así como la cantidad de instituciones privadas que no han respondido a los sucesivos intentos de contacto (NR) por ninguna de las vías antes mencionadas.

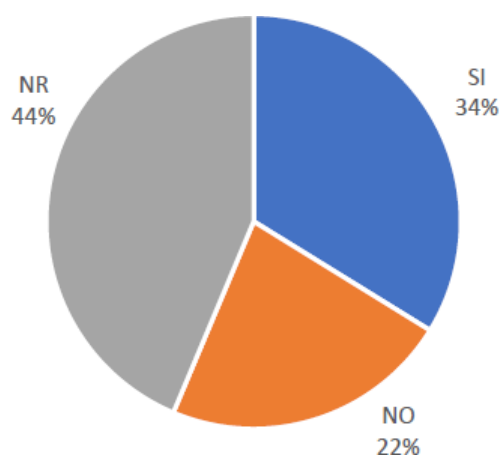


Figura 9: Respuestas obtenidas de las instituciones privadas contactadas por el grupo *ad hoc* (71). NR: sin respuesta

Del total de laboratorios privados contactados, 24 de ellos (34%) informaron que realizan determinaciones de Hg en diversas matrices (el análisis exhaustivo de estas instituciones se detalla más adelante). Por otro lado, 16 de ellos (22%) han respondido que no realizan ninguna

Mercurio en Argentina: Estado de situación

determinación de Hg, mientras que los restantes 33 (44%) no respondieron a ninguno de los intentos de contacto.

7.2.1. Vías de contacto

A continuación, se presentan las vías de contacto con las que se lograron las respuestas positivas por parte de las instituciones privadas relevadas. En algunos casos la misma fue personalmente, por mail o teléfono o a través de la página web de la RSA (Figura 10).

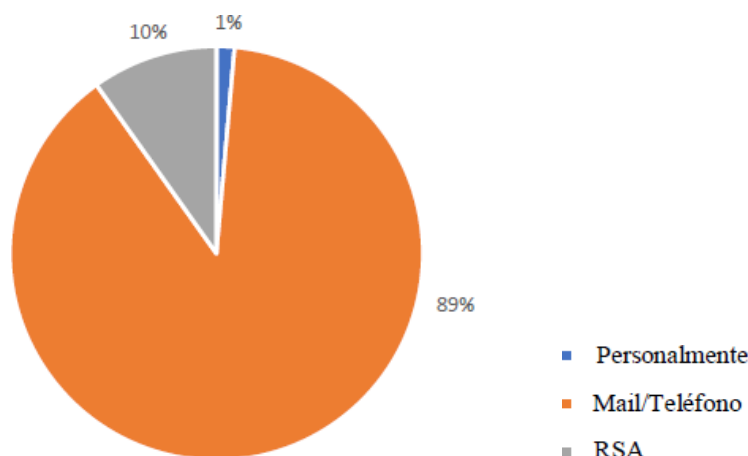


Figura 10: Vías de contacto con las instituciones privadas con capacidad para determinar Hg.

7.2.2. Distribución geográfica

A continuación, se presenta la distribución geográfica de los 24 laboratorios privados que han respondido positivamente a la encuesta realizada en el marco del presente informe (Figura 11).

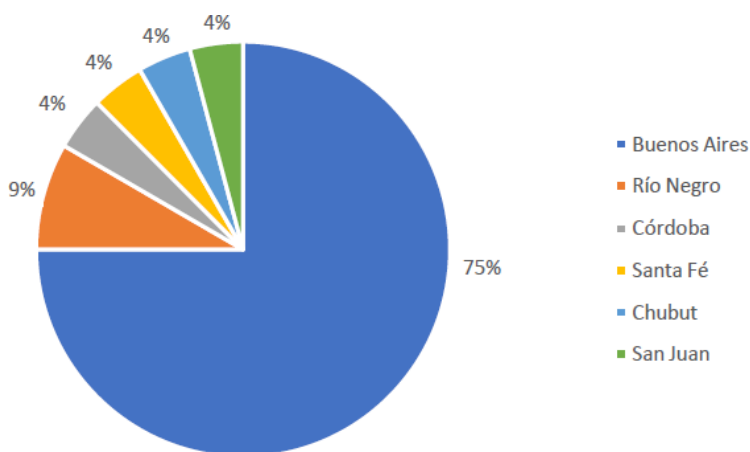


Figura 11: Respuestas obtenidas de las instituciones privadas contactadas por el grupo *ad hoc* (71). NR: sin respuesta

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Se observa claramente que el mayor porcentaje (75%) de los laboratorios privados que determinan Hg se encuentran radicados en la provincia de Buenos Aires. Asimismo, se relevaron 2 laboratorios en la provincia de Río Negro, mientras que en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Chubut y San Juan solamente se relevó un laboratorio en cada una de ellas.

7.2.3. Matrices de análisis

En la Tabla 13 se presenta el número de laboratorios privados que, según las encuestas, determinan Hg en matrices sólidas y/o líquidas. Algunos de estos laboratorios indicaron realizar determinaciones en muestras sólidas o líquidas sin especificar cuáles.

Tabla 13: Número de laboratorios privados que realizan determinaciones de Hg en matrices sólidas y/o líquidas.

Matrices de medición	Número de laboratorios que realizan determinaciones en estas matrices
Sólida	5
Líquida	3

El resto de los laboratorios privados relevados, especificaron en que matrices determinan Hg. Las mismas se presentan en las tablas 14, 15 y 16.

Tabla 14: Número de laboratorios privados que realizan determinaciones de Hg en aguas.

Tipo de producto	Número de laboratorios que realizan determinaciones en estas matrices
Sin especificar	17
Bebida	1
Agua saborizada	1
Efluente	6

Tabla 15: Número de laboratorios privados que realizan determinaciones de Hg en alimentos.

Tipo de producto	Número de laboratorios que realizan determinaciones en estas matrices
Sin especificar	13
Aceite	2
Granos y derivados	1
Cereal	1
Oleaginosa y subproducto	1
Insumo Industrial	1

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Materia prima	1
Alimento animal	1

Tabla 16: Número de laboratorios privados que realizan determinaciones de Hg en otras matrices.

Tipo de producto	Número de laboratorios que realizan determinaciones en estas matrices
Sedimento	11
Suelo	15
Barro cloacal	3
Muestras farmacéuticas	1
Tejido biológico	1
Aire	4
Emisión gaseosa	2
Pieza de automotor	1

De la información presentada se concluye que existe un gran número de laboratorios privados que determinan Hg en alimentos, aunque la mayoría no especifica en cuáles. Asimismo, en la matriz “agua”, el número de instituciones relevadas también resultó importante al igual que lo ocurrido con las instituciones públicas. Por otra parte, se relevó un mayor número de laboratorios privados que determinan Hg en las matrices “aire y emisiones gaseosas” respecto al relevamiento realizado de instituciones públicas (1).

Si se realiza una división general de las matrices relevadas en:

-Agua (agua, efluente, bebida)

-Alimento (aceite, granos y derivados, oleaginosa y subproducto, insumo industrial, materia prima, alimento animal)

-Sólido (sedimento, suelo, barro cloacal, muestra farmacéutica, pieza de automotor, tejido biológico)

-Líquido

-Aire (emisión gaseosa)

El número de laboratorios privados con capacidad para determinar Hg sería la siguiente:

Agua: 20

Alimento: 16

Sólido: 21

Líquido: 3

Aire: 4

Cabe destacar que un laboratorio privado puede determinar Hg en una o más matrices.

7.2.4. Técnicas analíticas y equipamiento disponible

En la Tabla 17 se presentan las diferentes técnicas analíticas relevadas, así como la cantidad de laboratorios privados que, según las encuestas, las emplean.

Tabla 17: Técnicas analíticas destinadas a la determinación de Hg y cantidad de laboratorios privados que las emplean.

Siglas	Técnica analítica	Número de laboratorios que las emplean
CV-AAS	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío	18
ICP-MS	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente	4
GF-AAS	Espectrometría de absorción atómica en horno de grafito	2
ICP-OES	Espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente	2

Puede observarse que, para el caso de los laboratorios privados, el abanico de técnicas utilizadas para determinar Hg en diferentes ambientes es menor que el observado en las instituciones públicas y que la gran mayoría utiliza la CV-AAS como técnica de elección, de igual manera que lo observado para el caso de las instituciones públicas.

La Figura 12 presenta los porcentajes de cada una de las técnicas analíticas relevadas siendo la CV-AAS la mayoritaria (69%), seguido por la técnica de ICP-MS (15%) y luego la GF-AAS y la ICP-OES (8% cada una).

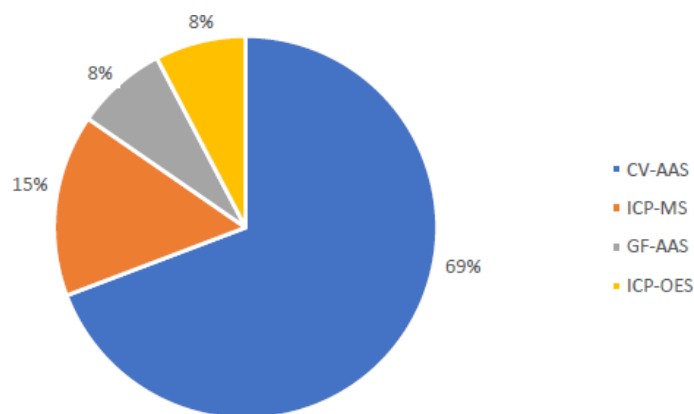


Figura 12: Técnicas analíticas empleadas por laboratorios privados para determinar Hg (%).

Resulta importante destacar que sólo un laboratorio privado manifestó que posee la capacidad para realizar análisis de especiación de Hg; el resto al parecer no dispone del equipamiento y las capacidades para realizar dicho análisis. Nuevamente, resulta importante destacar que sería interesante trabajar para, a futuro, definir una metodología analítica la cual sea considerada como “standard” para el análisis de Hg en diferentes matrices. Esto permitiría a los laboratorios privados dar cumplimiento a legislaciones y/o normativas establecidas.

7.2.5. Sistema de Gestión de la Calidad de los laboratorios

De los 24 laboratorios privados relevados que determinan Hg, solamente 4 de ellos (17%) se encuentran acreditados bajo la norma ISO 17025 en alguna matriz de análisis (Dr. Rapella, INDUSER, JLA y CIATI). Solamente el “Laboratorio Dr. Rapella”, posee acreditación para las matrices pescado y matrices cárnicas. En general los laboratorios poseen como entidad acreditadora al OAA (a excepción de “CIATI” que cuenta con la Entidad Nacional de Acreditación Española, ENAC, como entidad acreditadora para el caso de la determinación de Hg en aguas).

Asimismo, 1 de los laboratorios relevados manifiesta contar con la certificación bajo ISO 9001 (Laboratorio Control de Calidad “Dr. Alberto Graffigna”), mientras que el laboratorio “Alimentaria San Martín” manifiesta contar con acreditaciones bajo ISO 17025 para otros analitos no relacionados con Hg. Por último, un laboratorio indicó contar con un sistema integrado de calidad (Bolsa de Comercio Rosario) y otro, se encuentra en proceso de acreditación (LABCA).

En el caso de la acreditación de los laboratorios privados, se observa que hay un porcentaje levemente mayor que para el caso de los públicos, sin embargo, sigue siendo muy bajo (17%) en relación con la capacidad de análisis instalada en el país.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Cabe destacar que un total de 17 laboratorios participan (o han participado), al menos anualmente, de determinaciones de mercurio en matrices varias en el marco de interlaboratorios organizados a nivel nacional y/o internacional.

7.2.6. Capacidad de muestreo

En cuanto a la capacidad de las instituciones para realizar muestreo, 15 de las entidades (63%) manifestaron disponer tanto de personal técnico como de capacidades para realizar toma de muestras, 1 de las entidades manifestó no disponer de dichas capacidades (4%) y el resto no respondió a la pregunta (33%). El porcentaje de laboratorios privados con capacidad de realizar muestreos resultó mayor (63%) que para el caso de instituciones públicas (47%).

7.2.7. Límites de detección y cuantificación de las técnicas analíticas

A continuación, se presentan los valores de LD y LC informados en la encuesta para diversas matrices de análisis, las técnicas analíticas empleadas, y las instituciones privadas que corresponden en cada caso. Las unidades de medida ($\mu\text{g/l}$, mg/kg , %, ppm) corresponden a las informadas por cada una de las instituciones relevadas.

Tabla 18: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en matrices alimentarias, técnicas analíticas empleadas, e instituciones privadas que corresponden en cada caso.

Tipo de producto	Técnica analítica	LD	LC (3LD) *	Laboratorio
Sin especificar	CV-AAS	0,01 mg/kg	0,05 mg/kg	FARESTAIE
	ICP-MS	0,01 mg/kg	0,05 mg/kg	JLA
	CV-AAS	-	0,05 mg/kg	LADIAC
	CV-AAS	0,01 mg/kg	0,05 mg/kg	Laboratorio Bioquímico Mar del Plata S.A.
	ICP-OES	0,01 mg/kg	- (0,03 mg/kg)	MELACROM
	ICP-MS	-	0,03 mg/kg	CIATI
	CV-AAS	0,07 mg/kg	- (0,02 mg/kg)	Dr. RAPELLA
	ICP-OES	-	10 $\mu\text{g/l}$	MICROQUIM
	CV-AAS	2 $\mu\text{g/l}$	5 $\mu\text{g/l}$	PRAXIS
	CV-AAS	-	0,7 $\mu\text{g/l}$	Dr. ALBERTO GRAFFIGNA
	ICP-MS	-	0,1 $\mu\text{g/l}$	INDUSER

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Grano y derivado, alimento animal, aceite y agua	CV-AAS y GF-AAS	0,017 µg/l	- (0,05 µg/l)	BOLSA DE COMERCIO ROSARIO
--	-----------------	------------	---------------	---------------------------

*En los casos que no se disponía del LC, se estimó como 3 veces el LD

Tabla 19: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en aguas, técnicas analíticas empleadas, e instituciones privadas que corresponden en cada caso.

Técnica analítica	LD	LC (3LD) *	Laboratorio
CV-AAS	-	10 µg/l	MICROQUIM
CV-AAS	2 µg/l	5 µg/l	PRAXIS
CV-AAS	1 µg/l	- (3 µg/l)	AMBIENTAL PEHUEN
CV-AAS	0,5 µg/l	1 µg/l	FARESTAIE
CV-AAS	0,3 µg/l	1 µg/l	LABCA
CV-AAS	-	1 µg/l	LABTESA
CV-AAS	0,5 µg/l	1 µg/l	Laboratorio Bioquímico Mar del Plata S.A.
CV-AAS	-	0,7 µg/l	Dr. RAPELLA
CV-AAS	-	0,7 µg/l	Dr. ALBERTO GRAFFIGNA
CV-AAS	-	0,5 µg/l	GEMA ESTUDIOS AMBIENTALES
CV-AAS	-	0,5 µg/l	ALIMENTARIA SAN MARTIN
ICP-MS	0,1 µg/l	0,3 µg/l	JLA
ICP-OES	1 µg/kg	- (3 µg/kg)	MELACROM
ICP-MS	1 µg/kg	3 µg/kg	CIATI
ICP-MS	0,06 µg/kg	0,2 µg/kg	CIATI

*En los casos que no se disponía del LC, se estimó como 3 veces el LD

Tabla 20: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en matrices sólidas y líquidas, técnicas analíticas empleadas, e instituciones privadas que corresponden en cada caso.

Tipo de producto	Técnica analítica	LD (mg/kg)	LC (3LD) * (mg/kg)	Laboratorio
Suelo	CV-AAS	-	0,01	AMBIENTAL PEHUEN
	ICP-OES	-	0,01	MELACROM
	ICP-MS	0,2	0,8	CIATI
	CV-AAS	-	0,1	GEMA ESTUDIOS

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Suelo y sedimento				AMBIENTALES
	CV-AAS	0,01	0,05	LADIAC
Suelo, sedimento y muestra farmacéutica	CV-AAS y ICP-MS	-	0,1	INDUSER
Suelo, barro, efluente, sedimento	CV-AAS	-	0,05	FARESTAIE
Sólido	CV-AAS	-	0,01	INDUSTRIA Y AMBIENTE
	CV-AAS	-	0,007	Dr. RAPELLA
Sólido y semisólido	CV-AAS	-	100	ALIMENTARIA SAN MARTIN
Suelo y sedimento	CV-AAS	2	5	PRAXIS
	CV-AAS	0,3	1	LABCA
	CV-AAS	-	1	LADIACX
	ICP-MS	-	1	LABTESA
Líquido	CV-AAS	-	10	INDUSTRIA Y AMBIENTE
Efluente	ICP-MS	-	1	JLA

Tabla 21: Límites de Detección (LD) y Cuantificación (LC) relevados para análisis de Hg en aire, técnicas analíticas empleadas, e instituciones privadas que corresponden en cada caso.

Tipo de producto	Técnica analítica	LD	LC (3LD) *	Laboratorio
Aire	CV-AAS	0,00003 mg/m ³	0,03 µg/m ³	INDUSTRIA Y AMBIENTE
Aire: Hg (partícula); Hg (vapor); Hg y compuestos	CV-AAS	-	0,1 µg/Nm ³ ; 0,1 µg/Nm ³ ; 10 µg/Nm ³	ALIMENTARIA SAN MARTIN
Emisión gaseosa	CV-AAS	0,00003 mg/Nm ³	0,03 µg/Nm ³	INDUSTRIA Y AMBIENTE
	CV-AAS	-	10 µg/Nm ³	ALIMENTARIA SAN MARTIN

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Como puede observarse, la información presentada refleja una diversidad de LD y LC dependiendo tanto de la matriz como de la técnica empleada. Para el caso de la matriz “alimento”, los laboratorios privados informan LC que van desde 0,02 mg/kg hasta 0,05 mg/kg, ambos empleando CV-AAS (mientras que las instituciones públicas informaron valores de LC de Hg que varían entre 6 µg/l, empleando ICP-OES, a 0,01 µg/l al utilizar ICP-MS).

Para el caso de la matriz “agua”, los laboratorios privados informan LC que van desde 10 µg/l con CV-AAS hasta 0,3 µg/l empleando ICP-MS (mientras que las instituciones públicas informaron valores de LC de Hg que varían entre 3 µg/l, empleando la metodología de UV-visible, hasta 0,01 µg/l mediante el empleo de ICP-MS).

Finalmente, para la matriz “sólido” se observa que el LC varía entre desde 0,001 mg/l para el caso de ICP-MS hasta 0,1 mg/l para CV-AAS, y desde 0,007 mg/kg con CV-AAS hasta 0,8 mg/kg con ICP-MS (mientras que las instituciones públicas informaron valores de LC de Hg para las matrices “sedimento y suelo” las cuales que variaron entre 10 µg/l con CV-AAS hasta 0,01 µg/l con ICP-MS).

8. IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN A NIVEL NACIONAL VINCULADOS CON LA PROBLEMÁTICA DEL Hg EN MATRICES AMBIENTALES Y ALIMENTOS.

Se identificaron grupos de investigación vigentes relacionados con la temática del Hg, los que fueron relevados mediante el análisis de las filiaciones registradas en las publicaciones, mail directo y la información que disponían los integrantes del presente informe. El presente relevamiento se basa en el número de grupos, localización, cantidad de publicaciones y los temas de investigación de cada grupo. Se diseñó una breve encuesta, similar a la realizada para relevar información de instituciones públicas y privadas (Figura 13). La misma fue enviada por correo electrónico tanto a centros de investigación como a universidades públicas y privadas radicadas en el país, pertenecientes al sector alimentario y ambiental. Por otra parte, se realizó la difusión a través de las páginas web de la RSA. En algunos casos el contacto se realizó telefónica y/o personalmente teniendo en cuenta los contactos de cada uno de los integrantes del grupo.

Mercurio en Argentina: Estado de situación



Determinación de mercurio: Relevamiento de Grupos de Investigación en Argentina

- 1) ¿Cuáles son las incumbencias generales del Grupo de Investigación?
- 2) ¿Realiza investigaciones relacionadas con presencia de Hg en agua, suelos, biota, sedimentos, efluentes y/o alimentos?
- 3) ¿Podría indicar el lugar de estudio de donde se toman las muestras?
- 4) ¿Dispone de capacidad para realizar muestreos vinculados con la determinación de mercurio?
- 5) ¿Realiza en su laboratorio las determinaciones analíticas de mercurio para dichas investigaciones?

En caso positivo:

- a. ¿Podría indicar la/s matrices de análisis (agua, suelos, sedimentos, alimentos)?
- b. ¿Realiza o requiere de pretratamientos de las muestras como digestiones, liofilización, etc?
- c. ¿Podría indicar el equipamiento analítico que dispone para la determinación de mercurio? ¿En caso positivo podría indicar Marca y Modelo?
- d. ¿Podría indicar qué 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.
- e. ¿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.
- f. ¿Ofrece como servicio a terceros las mediciones de Hg o en trabajos en colaboración con otros Grupos de Investigación?

En caso negativo:

- a. ¿Trabaja en colaboración con otro Grupo de Investigación de una Entidad Pública que realiza las determinaciones? ¿Podría indicar cuál para contactarnos con ellos también?
- b. ¿Envía sus muestras a un laboratorio Privado? ¿Podría indicar cuál?

Figura 13: Modelo de encuesta realizada por el grupo *ad hoc* destinada al relevamiento de grupos de investigación nacionales con capacidades analíticas para la determinación de mercurio.

Se logró relevar un total de 23 grupos de investigación los cuales comprenden principalmente a investigadores de instituciones gubernamentales correspondientes a Comisiones Nacionales, Institutos de Investigación del CONICET y de doble dependencia con universidades públicas.

Localización:

Se identificaron grupos de investigación relacionados a la problemática del Hg en 11 provincias del territorio argentino. La mayor cantidad de grupos se concentran en la provincia de Buenos Aires (9) y Río Negro (4), correspondiente al 39% y 18% respectivamente del total de grupos en Argentina. Asimismo, en la provincia de San Luis se han identificado 2 grupos de investigación correspondiente al 9% del total de grupos relevados en el territorio. En las provincias restantes (Santa Fe, Tierra del Fuego, Tucumán, Chubut, Córdoba, Corrientes, La Pampa y Mendoza) se relevaron solo 1 grupo de investigación por provincia, correspondiente al 4-5% del total de grupos relevados para el territorio argentino (Figura 14).

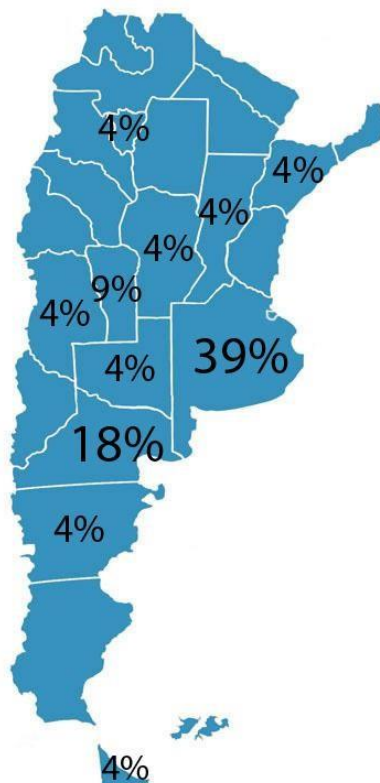


Figura 14: Mapa de porcentajes de grupos de investigación relevados por provincias, relacionados a la problemática del Hg en la República Argentina.

Publicaciones:

Las publicaciones relevadas por grupo de investigación, correspondieron principalmente a artículos científicos publicados en revistas de corriente principal (ISI). A continuación, se muestran los porcentajes de publicaciones científicas relevadas por grupo y/o centro de investigación, relacionados a la problemática del Hg en la República Argentina (Figura 15).

El presente relevamiento pudo identificar que un porcentaje mayoritario de estas publicaciones (34) ha sido realizado por el grupo de investigación de la División Análisis por Activación Neutrónica, Comisión de Energía Nuclear, Gerencia de Ingeniería Nuclear (AAN, CNEA), San Carlos de Bariloche, Río Negro. Igualmente, un porcentaje importante (5) de publicaciones relacionadas a la problemática del Hg ha sido realizadas por el grupo de Ecología de Sistemas Acuáticos a escala de Paisaje (G.E.S.A.P), Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente, CONICET, Universidad Nacional del Comahue (INIBIOMA-CONICET-UNCOMA) ubicado igualmente en la ciudad de Bariloche.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

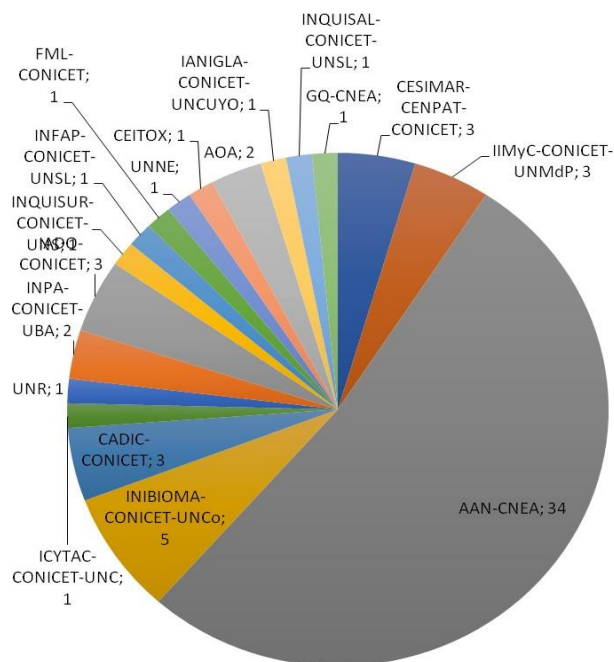


Figura 15: Número de publicaciones científicas relevadas por grupo y/o centro de investigación, relacionados a la problemática del Hg en la República Argentina.

Dentro de los grupos de investigación con un número considerable de publicaciones y que registran 3 artículos científicos, se encuentran las instituciones bonaerenses tales como el Instituto Argentino de Oceanografía, en la ciudad de Bahía Blanca (IADO-CONICET) y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, en la ciudad de Mar del Plata, (IIMyC-CONICET-UNMdP), representado este último por los grupos de Ecotoxicología y Estresores Múltiples en el Ambiente (E.M.A). Por otro lado, y con un número similar de publicaciones, se encuentran el Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR-CENPAT-CONICET) representado por el Laboratorio de Química Ambiental y Ecotoxicología (L.A.Q.U.I.A.E), ubicado en la localidad de Puerto Madryn, Chubut y el Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET), ubicado en Ushuaia, Tierra del Fuego.

Con un número menor de publicaciones (2), se encuentra el Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA-CONICET-UBA), y la Comisión de Odontología Basada en la Evidencia de Asociación Odontológica Argentina (AOA), ambos ubicados en la provincia de Buenos Aires. El resto de los grupos de investigación y/o instituciones relevadas relacionadas al estudio del Hg estuvieron representadas por una publicación relevada y abarca a grupos o centros de investigación ubicados en distintas provincias del país.

Temáticas de investigación vinculadas con mercurio:

La Figura 16 refleja el número de grupos de investigación según temática de estudio, relacionados a la problemática del Hg en Argentina.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

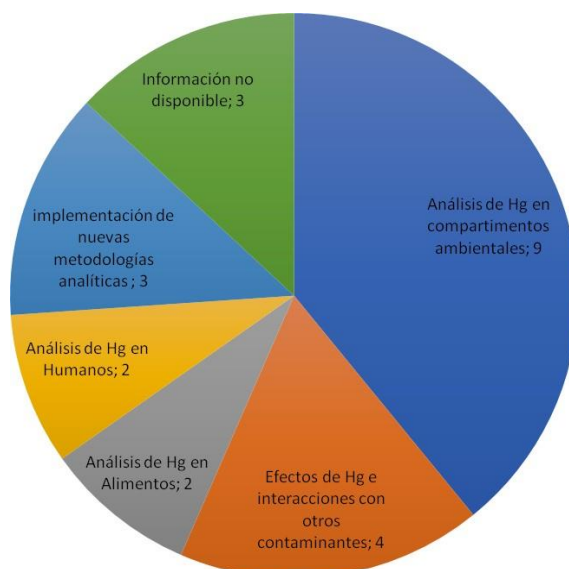


Figura 16: Número de grupos de investigación según temática de estudio, relacionados a la problemática del Hg en la República Argentina

Se observa que, dentro de las temáticas de investigación relevadas en el presente informe, se destaca que mayoritariamente las mismas se encuentran asociadas al estudio de las concentraciones de Hg en los diferentes compartimentos ambientales. En este grupo, se destacan las investigaciones realizadas en componentes tanto bióticos y abióticos de cuerpos de agua continentales del país.

En este sentido, un número importante lo representa el estudio de las concentraciones de Hg en lagos oligotróficos de la Patagonia Argentina y sus potenciales relaciones tróficas de las especies presentes en estos cuerpos de agua. Asimismo, destacan los registros históricos de acumulación de Hg en sedimentos lacustres como también el legado de una planta de cloro-álcali sobre cuerpos de agua continentales de la Patagonia Argentina. Por otra parte, el estudio de las concentraciones de Hg en el componente atmosférico desde ciertas regiones del país también resulta de importancia.

Otros ambientes estudiados se relacionan principalmente a ecosistemas estuarinos de la Provincia Buenos Aires y ciertas cuencas de la provincia de Córdoba. Dentro de los compartimentos ambientales estudiados destacan el estudio de concentraciones de Hg en invertebrados, peces, aves y mamíferos acuáticos desde diferentes ecosistemas del territorio argentino.

El segundo número de grupos de investigación de importancia se relaciona con trabajos científicos vinculados a efectos e interacciones con otros contaminantes y/o elementos traza principalmente en organismos acuáticos. En esta temática destacan los estudios de toxicidad y su relación con otros metales como el Selenio (Se) en tejidos de organismos acuáticos. Por otra parte, en un número menor de los grupos de investigación relevados, se desconocen sus líneas o temáticas de investigación en torno al Hg, debido a la ausencia de publicaciones científicas

relacionadas a dichos grupos relevados.

Otro número similar en cuanto a temáticas de investigación en relación al Hg, lo representan la implementación de nuevas tecnologías analíticas para el análisis del Hg. Este ítem se encuentra representado principalmente con la implementación de métodos de micro-extracción, nuevas metodologías de análisis de Hg por activación neutrónica y el uso de nanocompuestos para el análisis de Hg.

Finalmente, un número menor lo representan las temáticas relacionadas a la determinación de Hg en humanos y en alimentos que solo se relacionan a 2 grupos de investigación. En este sentido, se destacan las investigaciones realizadas en infantes en relación con el contenido de Hg posterior a la vacunación con timerosal y el estudio de Hg relacionado a actividades odontológicas en niños. Por otro lado, destacan los estudios de concentraciones de Hg realizados en ciertos alimentos como el arroz y ciertos recursos pesqueros.

Los resultados de este relevamiento dan cuenta de una importante contribución al estudio de la problemática del Hg a los grupos de investigación vigentes ubicados en la provincia de Río Negro (AAN, CNEA; G.E.S.A.P-INIBIOMA-CONICET-UNCOMA), los que destacan el estudio de las concentraciones de Hg en los diferentes compartimentos de ecosistemas acuáticos patagónicos, como asimismo el estudio atmosférico de Hg en zonas remotas.

Se advierte la carencia de datos y/o grupos de investigación que enfoquen el estudio de las concentraciones de Hg en ambientes ubicados en otras zonas del país como en el norte y otros ecosistemas como cuencas hidrográficas de importancia ubicadas en el resto del país. Otra carencia advertida radica en la ausencia, o bajo número de grupos de investigación vigentes, de datos vinculados con la determinación de Hg en poblaciones humanas de riesgo.

Por otra parte, se advierte la poca información accesible respecto a las concentraciones de Hg en alimentos de exportación o para el consumo interno. En este sentido, los últimos estudios del tema fueron realizados hace algunas décadas por investigadores del Instituto de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) en la ciudad de Mar del Plata. Esto evidencia la falta de actualización sobre la información relacionada a concentraciones de Hg en recursos pesqueros de exportación y/o consumo interno del país.

9. RELEVAMIENTO DE RESULTADOS ANALÍTICOS VINCULADOS CON LA PRESENCIA DE MERCURIO EN SUELOS, SEDIMENTOS, AGUAS Y ALIMENTOS EN ARGENTINA.

Se realizó un relevamiento de resultados analíticos disponibles (generados en Argentina) relacionados con la presencia de Hg en diferentes matrices tales como “suelo, sedimento, agua y alimento”. Los resultados fueron provistos por laboratorios pertenecientes a instituciones públicas, grupos de investigación y laboratorios privados radicados en diferentes localidades del

Mercurio en Argentina: Estado de situación

país, previo contacto con cada uno de ellos.

En el análisis no se incluyeron los resultados hallados en revistas científicas relevadas (con excepción de algunos datos provistos por miembros del presente GIAH que se encuentran en proceso de publicación). Los estudios científicos tienen como objetivo revelar hallazgos, que permitan definir en cuáles sistemas sería necesario hacer un control sistemático en las matrices que signifiquen un potencial riesgo. Por ello, en este apartado sólo se comparan los datos provenientes de controles de calidad realizados en distintos laboratorios distribuidos en el país. Con el objetivo de determinar las matrices de diversos orígenes que actualmente se monitorean, con qué niveles y con qué frecuencia se detecta la presencia de mercurio.

Se contó con un total de 10 fuentes diferentes de información (todos relevados en la encuesta realizada): 4 entidades públicas, 3 laboratorios privados y 3 grupos de investigación. No 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 a que las instituciones aportantes solicitaron mantener la confidencialidad de estos. Asimismo, la norma ISO 17025 y los convenios de confidencialidad establecidos a nivel industrial determinan que los resultados le pertenecen al cliente y que el laboratorio/institución no tiene derechos sobre su difusión.

Cabe destacar que solamente 2 de las fuentes relevadas informaron los LD y LC empleados en cada técnica de análisis. Por otra parte, 1 fuente reportó solamente el LD, mientras que otras 4 indicaron los casos en que los resultados eran menores a un valor, sin aclarar si el mismo correspondía al LC o al LD. Otras 2 fuentes solamente indicaron la cantidad de muestras con resultados como “no detectados” o como “positivos”. La décima fuente no especificó ningún límite utilizado.

Se recopilaron un total de 53.867 resultados pertenecientes a diferentes matrices y tipos de productos, de los cuales el 2% corresponden a datos aportados por grupos de investigación, el 5,9% por laboratorios privados y el 92,1% por instituciones públicas.

En la Figura 17 se indica la distribución porcentual de los resultados, de acuerdo a como han sido informados:

- Resultados informados con LD y LC (4119)
- Resultados informados solamente con LD (463)
- Resultados no detectados o positivos (1250)
- Resultados de mediciones de aguas menores a cierto valor (48035)

Mercurio en Argentina: Estado de situación

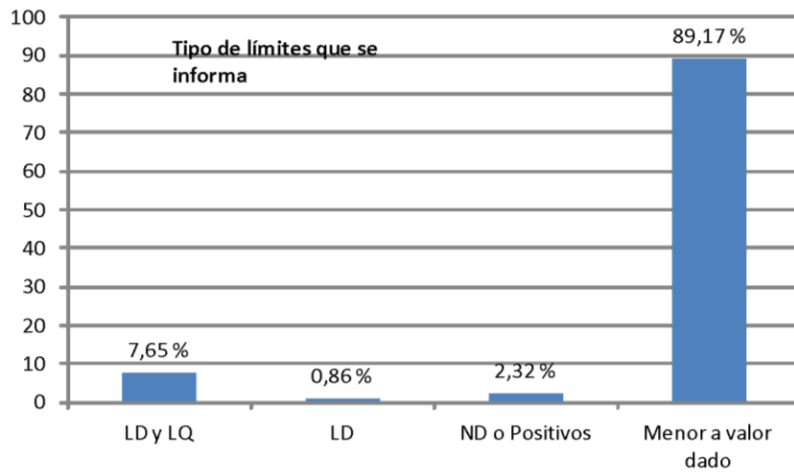


Figura 17: Distribución de los resultados analíticos relevados según el LD y LC informados.

Se observa que la mayoría de los resultados relevados (89,2%) fueron informados como "Menor a un valor", el cual generalmente coincide con algún tipo de especificación técnica. Esto pone de manifiesto que no existe criterio unificado vinculado con la expresión de resultados analíticos. En general existen dos tipos de límites permitidos para los contaminantes: los establecidos por los gestores de riesgo (a nivel municipal, provincial, nacional, e internacional) y que forman parte de las normativas y/o legislaciones, y los propuestos en las transacciones comerciales entre privados (que pueden o no coincidir con los límites establecidos en las legislaciones).

La totalidad de las mediciones recopiladas en el informe, provienen de análisis de diferentes matrices y tipos de productos realizados durante los siguientes períodos:

-Agua superficial (lago, río y arroyo): 2003-2019

-Sedimento de playa: 2015-2018

-Peces: Año 2017

-Producto de origen animal: 2016-2018

-Agua de diversos orígenes (pozo, suministro, proceso, efluente, mineral y cloacal): 2018-2019

-Alimento (pulpa de fruta, vino, envasado de fruta, salsa, dulce, deshidratado, jugo y postre en polvo, gelatina, azúcar, harina, golosina, jugo, legumbre, cereal, semilla, fruta fresca, jarabe, insumo industrial, colorante, aceite, esencia y aroma, carne y envasado de pescado: 2014-2019.

La Figura 18 refleja la distribución de los datos relevados según las matrices analizadas.

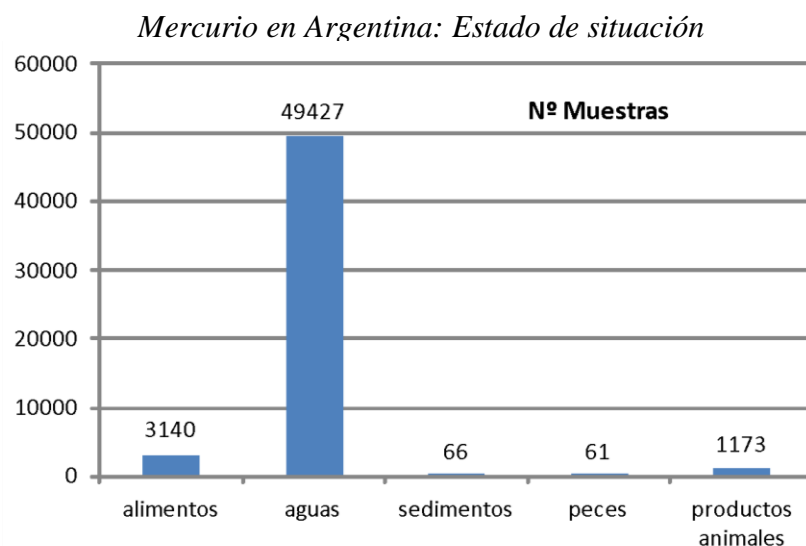


Figura 18: Distribución de los datos analíticos relevados según la matriz analizada.

Como puede observarse, las muestras pertenecientes a la matriz “agua” representaron el 91,76% del total de los datos relevados, luego continúan los correspondientes a la matriz “alimento” (5,83%) y en tercer lugar los pertenecientes a la matriz “producto animal” (2,18 %) (corresponden a los datos provistos por el SENASA para el plan CREHA: bovinos faenados, ovinos, porcinos, aves, pesca y leche cruda).

Cabe destacar que se relevaron muy pocos datos de las matrices “sedimento” y “peces”, 0,12 y 0,11%, respectivamente, a pesar de la relevancia de estas dos matrices asociadas a la problemática del Hg, como se discute más adelante en el informe. Es probable que la gran cantidad de datos relevados correspondientes a la matriz “aguas” se deba a que los mismos provengan, en su mayoría, por instituciones públicas (como la empresa Aguas Santafecinas), que disponen de datos públicos. Por otra parte, los datos de la matriz “alimento” fueron provistos, casi en su totalidad, por laboratorios privados (que en general suelen ser más reticentes a compartir este tipo de información).

El agua y el aire son las vías más eficientes de distribución del Hg, sin embargo, mientras que las determinaciones de Hg en aguas son factibles de realizar en cualquier laboratorio equipado adecuadamente, las mediciones de Hg en aire requieren, para poder detectar contaminación, ya sea de una preconcentración o del empleo de equipamiento específico *in situ* lo cual dificulta su análisis. Esto se debe a que el agua presenta, en general, una mayor homogeneidad en los puntos donde es necesario realizar el análisis.

9.1. DATOS ANALÍTICOS RELEVADOS

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

A. Aguas

A.1. Datos sin especificar origen de las muestras

A.2. Datos de la provincia de Santa Fe

A.3. Distribución geográfica de los datos relevados

A.4. Evaluación de los datos obtenidos con respecto a las legislaciones nacionales

B. Alimentos

B.1. Datos sin especificar origen de las muestras

B.2. Distribución geográfica de los datos relevados

B.3. Análisis de concentraciones de Hg en alimentos durante el periodo 2014-2018

B.4. Evaluación de los datos obtenidos con respecto a las legislaciones nacionales

C. Peces y sedimentos

C.1. Datos sin especificar origen de las muestras

C.2. Evaluación de los datos obtenidos con respecto a las legislaciones nacionales

D. Bovinos, porcinos, aves y peces

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. Los datos relevados que no disponen de la especificación del origen son útiles para establecer en donde se dispone de mayor número de muestras y qué matrices presentan niveles de Hg detectables.

A. AGUAS

En esta sección del análisis se incluyeron datos de los siguientes tipos de producto:

-Cloacal

-Mineral

-Efluente

-Proceso industrial

-Superficial

-Suministro

-Pozo

A.1. Datos sin especificar origen de las muestras

La Figura 19 presenta los datos de concentraciones de Hg en la matriz “agua” relevados en el presente estudio, agrupados según la matriz y según si el valor de concentración se encuentre dentro de alguno de los siguientes rangos:

Mercurio en Argentina: Estado de situación

-Menor al LD (0,06 $\mu\text{g/l}$)

-Entre el LD y el LC (LD: 0,06 $\mu\text{g/l}$ -LC: 0,2 $\mu\text{g/l}$)

-Mayores al LC (LC: 0,2 $\mu\text{g/l}$)

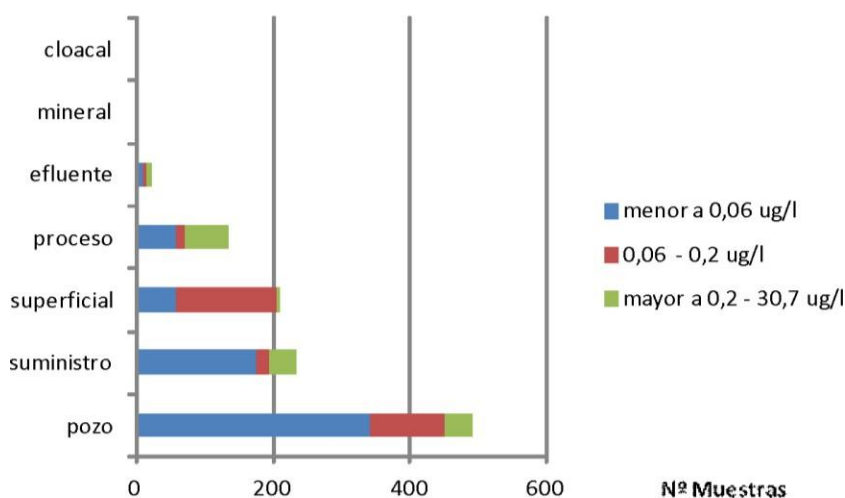


Figura 19: Concentración de Hg en distintos tipos de aguas en función del número de muestras relevadas.

Como puede observarse en el gráfico, el mayor número de muestras relevadas corresponden a la matriz “agua de pozo” y el menor a muestras correspondientes a las matrices “agua cloacal”, “mineral” y “efluente”. Cabe destacar que todas las matrices relevadas presentaron algunos valores de concentración de Hg por encima del LC correspondiente al rango 0,2-30,7 $\mu\text{g/l}$. Esto indicaría que sería conveniente realizar un análisis más exhaustivo de estas matrices aumentando el número de datos.

A continuación, se presentan los gráficos porcentuales de las matrices con mayor cantidad de datos relevados (Figura 20). De esta manera, se puede visualizar mejor la fracción de la totalidad de las muestras de esa matriz que contiene resultados significativos.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

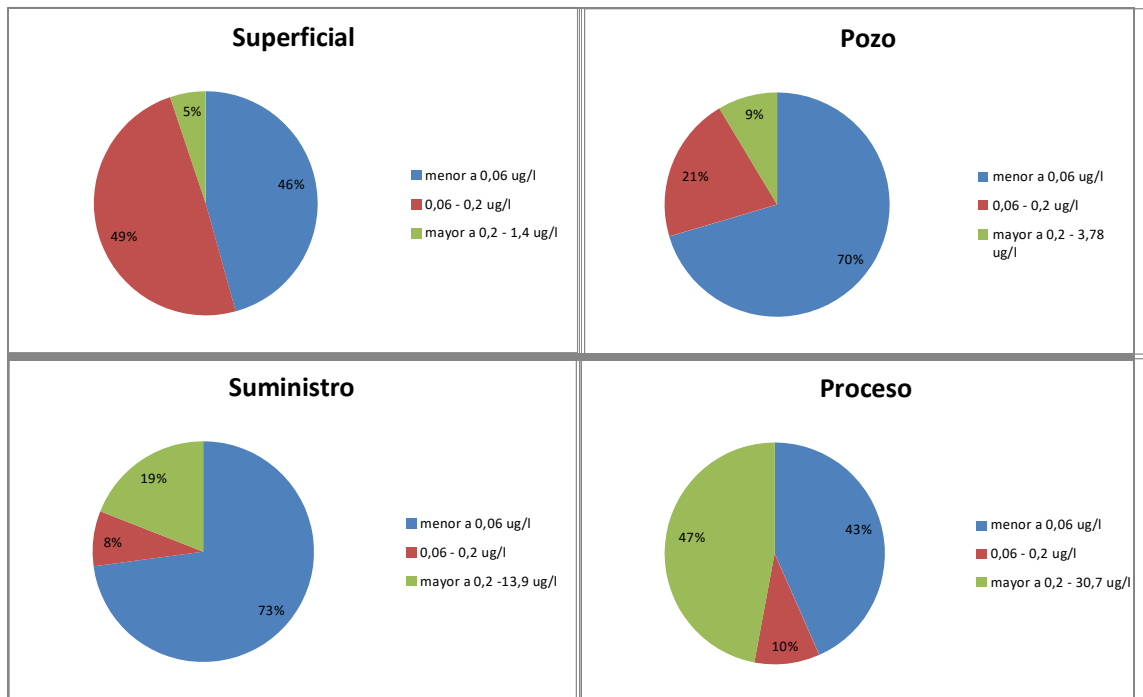


Figura 20: Representación porcentual de los rangos de concentraciones de Hg para distintos tipos de producto pertenecientes a la matriz “agua”.

Se observa que las muestras pertenecientes a la matriz “agua de proceso industrial” contienen el mayor porcentaje de resultados con un 47% en el rango por encima del LC, y en segundo lugar se encuentran las pertenecientes a la matriz “agua de suministro” con un 20%. Por otro lado resulta importante resaltar que para los rubros “agua superficial” y “agua de pozo” se observó un 49% y un 21% de datos que presentaron concentraciones de Hg en el rango medio (entre 0,06 y 0,2 µg/l).

Asimismo, las muestras pertenecientes a la matriz “agua de proceso industrial” presentaron el mayor porcentaje de resultados con un 48% en el rango por encima del LC, y en segundo lugar las pertenecientes a la matriz “agua de suministro” con un 17 %.

Resulta importante resaltar que para “agua superficial” y “agua de pozo” un 71% y un 22% de datos respectivamente presentaron valores en el rango medio de concentraciones de Hg (entre 0,06 y 0,2 µg/l).

A continuación, se presentan los valores mínimos y máximos de los datos relevados pertenecientes a la matriz “agua” (Figura 21).

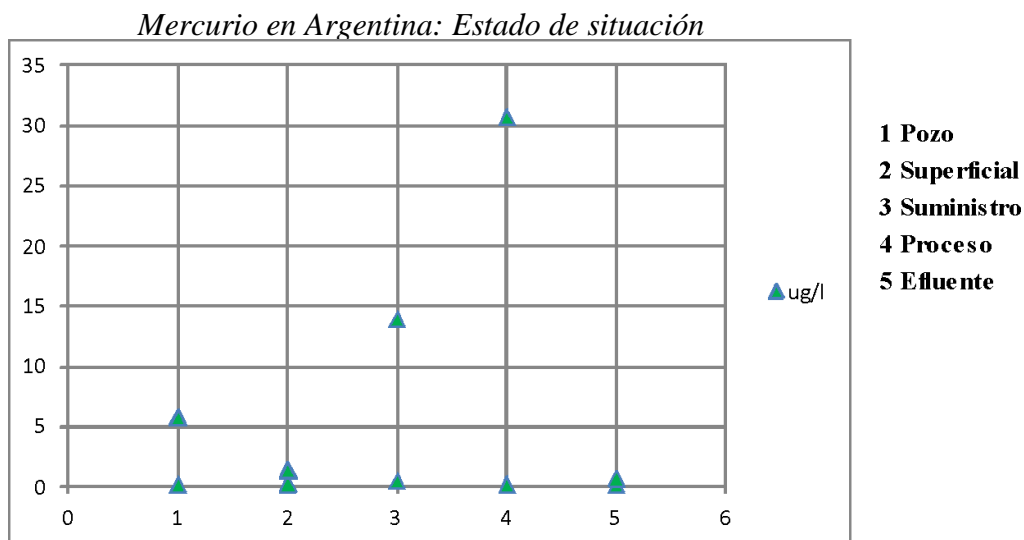


Figura 21: Concentraciones mínimas y máximas (en µg/l) de Hg en función de la matriz “agua”.

Como puede observarse, la matriz “agua de proceso industrial” presento el rango más amplio de distribución de concentraciones, así como el valor observado más elevado (30,7 µg/l). Por otra parte, resulta importante la distribución de los valores de Hg provenientes de las matrices “agua de pozo” y “suministro”.

Estos datos demuestran la importancia de controlar los descargos de las aguas de proceso industrial en fuentes de agua, ya que los mismos podrían presentar, en general, concentraciones de Hg significativas cuando se trate de sectores industriales con actividades que involucren la presencia de esta sustancia. Se sugiere que para identificar qué tipo de industrias son las que generan estas descargas, es necesario que desde los organismos de control pertinentes se realicen estudios más exhaustivos y focalizados tendientes a determinar las concentraciones de Hg en este tipo de productos.

A.2. Datos de la provincia de Santa Fe

La empresa Aguas Santafesinas informa periódicamente en su página web (<https://www.aguassantafesinas.com.ar/portal/calidad-del-agua/>) resultados de los monitoreos de contaminantes en cuerpos de agua realizados en la provincia (acceso libre y gratuito).

Cabe destacar que se seleccionó esta fuente de información por ser de fácil acceso. Asimismo, el análisis de la misma podría brindar un escenario extrapolable a otras regiones del país.

De esta manera se recabaron un total de 47.864 datos provenientes de tres localidades diferentes (Rosario, Santa Fe y Reconquista) correspondientes al periodo 2008-2017, los cuales no se incluyeron en el análisis anterior. Cabe destacar que, en la ciudad de Rosario, durante el periodo 2008-2017, se informaron un total de 16.830 resultados de Hg en aguas de suministro y 12.400

Mercurio en Argentina: Estado de situación

de Hg de efluentes tratados. En Santa Fe, durante el periodo 2011-2017, se informaron un total de 8.540 resultados de Hg en aguas de suministro y 5.894 de Hg de efluentes tratados. Por último, en Reconquista, durante el periodo 2014-2017, se informaron un total de 1280 resultados de Hg en aguas de suministro y 2920 de Hg en efluentes tratados.

En todos los casos, los resultados informados fueron menores a 1 µg/l, cumpliendo de esta manera con los valores máximos establecidos en la legislación de la provincia de Santa Fe (Registro N° 13743), los cuales por un lado deben cumplir con lo establecido en el CAA, así como con la normativa provincial vigente, incluida la referida a saneamiento y servicio de agua potable - Ley N° 11.220, como así también con la Ley Nacional 24051 de Residuos Peligrosos, decreto 831/931.

La cantidad de muestras analizadas de distinto origen fueron las siguientes:

-26.650 determinaciones en muestras de agua de red de distribución domiciliaria (agua de suministro).

-21.214 determinaciones muestras de agua tratada, provenientes de la planta depuradora (efluente tratado).

La Figura 22 refleja la procedencia de las muestras de agua analizadas en el período indicado para las 3 localidades relevadas.

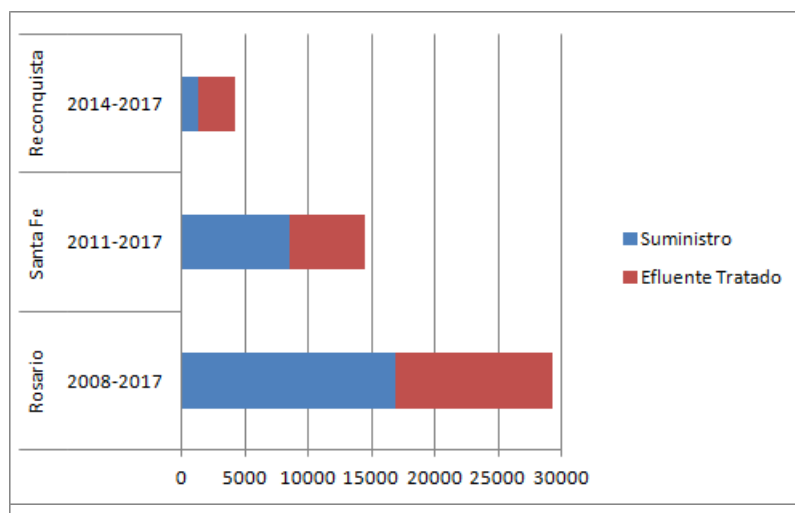


Figura 22: Procedencia de las muestras de agua en función del número total de muestras informadas.

El gran número de datos relevados pone de manifiesto el elevado control de las aguas que ejercen las autoridades sanitarias de la provincia en esas tres regiones. Sin embargo, el control ha sido asimétrico en cuanto al origen, ya que, por ejemplo, en la localidad de Reconquista se

Mercurio en Argentina: Estado de situación

analizaron un mayor número de muestras proveniente de efluentes tratados mientras en Rosario y Santa Fe se analizaron mayor cantidad de aguas de suministro. Esta asimetría probablemente se deba a que las aguas residuales que luego deben ser tratadas pueden haber presentado una anomalía que obligó al municipio de Reconquista a realizar un mayor control de estas aguas.

Asimismo, el número de determinaciones de Hg en aguas de suministro en cada una de las ciudades, estaría relacionada con la demanda de cada población y con el período de control.

El GIAH observa que sería interesante que todas las provincias del país cuenten con sistemas integrados de información ambiental de este tipo, para contribuir a un análisis más completo del país en su conjunto. Esto permitiría por un lado tomar decisiones en pos de la seguridad alimentaria de la población, y por el otro generar datos propios que permitan fijar posturas frente a determinadas problemáticas, así como colaborar con el cumplimiento de los tratados internacionales a los que el país ha adherido (como es el caso del convenio de Minamata).

NOTA: Según el censo de 2010 las poblaciones correspondientes son:

Rosario: 1.198.528 hab.

Santa Fe: 484.000 hab.

Reconquista: 77.000 hab.

A.3. Distribución geográfica de los datos relevados

Debido a que la cantidad de datos obtenidos de la provincia de Santa Fe corresponden al 98.7% del total de datos relevados de aguas, esto no permitiría evaluar la situación de las demás provincias. Por esta razón, se excluirán para realizar el siguiente análisis. Considerando solamente los datos relevados provistos por otras provincias, se calcula el porcentaje de datos vinculados con la presencia de Hg en aguas provenientes de cada una de las regiones y se grafica su distribución (Figura 23).

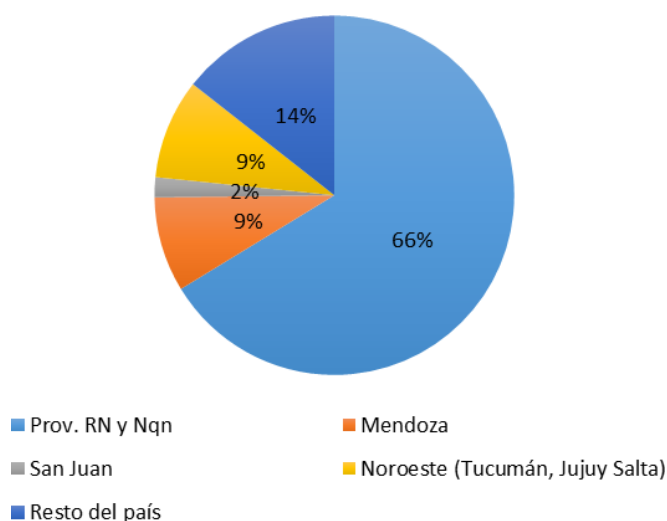


Figura 23: Distribución geográfica de resultados analíticos relevados vinculados con la presencia de Hg en muestras de aguas (exceptuando los datos de la provincia de Santa Fe analizados anteriormente).

Se observa que, al excluir a la provincia de Santa Fe, el mayor relevamiento de datos proviene de las provincias de Río Negro y Neuquén. Teniendo en cuenta esto, resultaría difícil poder realizar un mapa de distribución de contenido de Hg en el país, al menos con los datos disponibles en la actualidad.

A.4. Evaluación de los datos obtenidos con respecto a las legislaciones nacionales

Si bien en el capítulo 10 se discutirá en extenso varios aspectos vinculados con las normativas nacionales e internacionales relacionadas con la problemática del Hg, se aprovechará este espacio para vincular los datos relevados por el grupo *ad hoc* con las legislaciones nacionales vigentes. Este análisis se realiza a fin de inferir tendencias cualitativas de los resultados relevados en base a un único nivel guía determinado por legislación nacional. Ello, sin desconocer que existen legislaciones locales vigentes, que no se tomarán en cuenta en este análisis.

Las legislaciones nacionales que regulan el contenido de Hg en aguas son el Código Alimentario Argentino (CAA) y la Ley 24051 de Residuos Peligrosos, decreto 831/93, las cuales establecen los valores máximos permitidos y niveles guías de contaminantes para aguas y suelos en sus distintos usos. Los valores máximos para Hg según el CAA en su capítulo XII (Bebidas hídricas, aguas y aguas gasificadas) se detallan, por artículo a continuación:

-Art. 982, correspondiente al agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, establece un **valor máximo de Hg de 0,001 mg/l (1 µg/l)**.

-Art. 983, correspondiente al agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada a un agua de origen subterráneo o proveniente de un abastecimiento público, al agua que se comercialice envasada en botellas, contenedores u otros envases adecuados, provistos de la rotulación reglamentaria y que cumpla con las exigencias del presente artículo, establece un **valor máximo de Hg de 0,001 mg/l (1 µg/l)**.

-Art. 985, correspondiente al agua mineral natural apta para bebida, de origen subterráneo, procedente de un yacimiento o estrato acuífero no sujeto a influencia de aguas superficiales y proveniente de una fuente explotada mediante una o varias captaciones en los puntos de surgencias naturales o producidas por perforación, establece un **valor máximo de Hg de 0,001 mg/l (1 µg/l)**.

Los niveles guías establecidos en la Ley 24051 de Residuos Peligrosos, decreto 831/93 para el caso de Hg, se detallan en Anexo II de dicha ley, como se indica a continuación:

-Niveles guías para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional – **Valor**

máximo: 1 µg/l.

-Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Aguas dulces superficiales -

Valor máximo: 0,1 µg/l.

-Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Aguas saladas superficiales

Valor máximo: 0,1 µg/l.

-Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática. Aguas salobres superficiales -

Valor máximo: 0,1 µg/l.

-Niveles guía de calidad de agua para bebida de ganado **Valor máximo: 3 µg/l.**

Para este análisis se debe destacar que todos los datos evaluados corresponden a un período de 5 años y las muestras corresponden a distintas localizaciones. Asimismo, la cantidad de muestras evaluadas no resulta suficiente para indicar la existencia de una problemática puntual vinculada con la presencia de mercurio en diferentes tipos de aguas.

Al comparar los datos de los distintos tipos de aguas obtenidos, exceptuando los provenientes de muestras de Aguas Santafecinas, se observa que: para el caso de **aguas superficiales**, el 5% de los valores relevados se encontraron entre 0,2 y 1,4 µg/l. Del total de los datos de aguas superficiales, el 1,2% de las mismas excedió lo establecido en ambas legislaciones, en lo que corresponde a consumo humano. Por otra parte, el 32,1% de los valores excedió los niveles guía para vida acuática. Cabe destacar que, en este caso, la evaluación se realizó sobre un total de 213 muestras (22.3% de los datos). Respecto de **aguas de pozo**, el 9% de los valores relevados se encontró entre 0,2 y 3,78 µg/l. Del total de los datos, el 1,3% excedió los valores establecidos en ambas legislaciones. Sin embargo, en este caso, la evaluación se realizó sobre un total de 505 muestras (51% de los datos de aguas). Asimismo, para las **aguas de suministro**, el 19% de los datos relevados presentaron concentraciones de Hg entre el 0,2 y el 14 µg/l. Del total de datos, el 16,5% excedió el valor máximo de ambas legislaciones. En este caso, la información se obtuvo del análisis de 234 muestras (25.1% de los datos). Finalmente, para el caso de **aguas de proceso industrial**, en donde se analizaron 136 muestras (14.6% de los datos), el 47% de los valores obtenidos se encontraron entre el 0,2 y 30,7 µg/l. Del total de los datos, el 36,7% excedió el valor máximo para poder ser reutilizada para humanos.

En conclusión, la tendencia de desvíos respecto a los niveles guía de alcance nacional resultaría mayor para aguas de proceso industrial, seguido por aguas superficiales, aguas de suministro y aguas de pozo en último lugar.

B. ALIMENTOS

Lamentablemente, solo un laboratorio privado aportó datos vinculados con la presencia de Hg en la matriz “alimento” (con lo cual el análisis estará sesgado a los tipos de producto informados). Los mismos corresponden con productos analizados durante el periodo 2014-2018.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

A los datos aportados por el laboratorio privado se sumaron los provistos por el grupo de investigación de la Dra Volpedo. En total se recabaron 3140 datos pertenecientes a la matriz “alimentos”.

B.1. Datos sin especificar origen de las muestras

El mayor número de resultados informados para la matriz “alimento” corresponden a los tipos de producto: jugo concentrado clarificado de fruta (849), jugo concentrado turbio de fruta (342), y jugo sulfitado de uva (310). La menor cantidad de datos recopilados pertenecen a los tipos de producto: miel, aroma concentrado de fruta y legumbre (2 muestras en producto). Para el análisis de resultados, se agruparon los datos relevados según semejanza de las muestras y concentraciones de Hg relevadas, considerando la coincidencia de los rangos correspondientes a los LD y LC, de manera de poder hacer visibles los resultados.

En el **primer grupo**, los datos se agruparon según los siguientes rangos de concentración de Hg:

- Menor a 1 $\mu\text{g/kg}$
- Entre 1-3 $\mu\text{g/kg}$
- Mayor a 3 $\mu\text{g/kg}$

Dentro de este grupo se incluyeron los tipos de producto: pulpa de fruta simple y vino.

La Figura 24 presenta las frecuencias de los rangos de concentraciones de Hg relevados para los tipos de producto “pulpa de fruta y vino”.

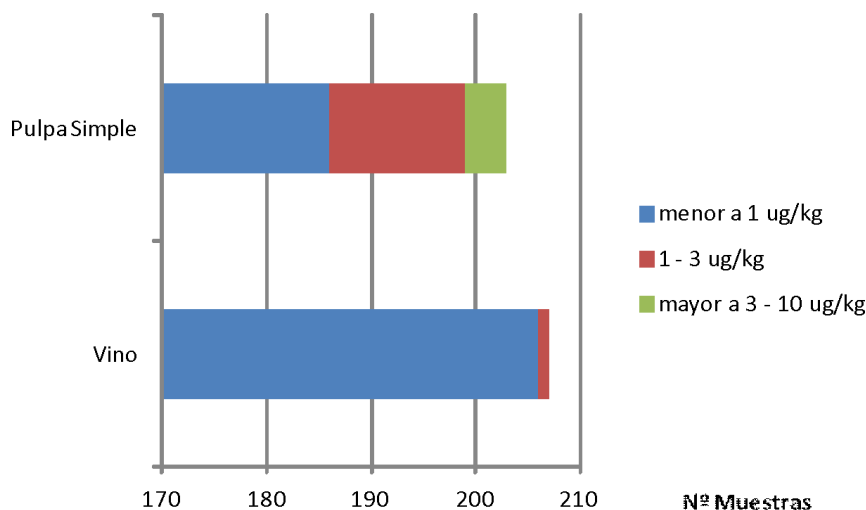


Figura 24: Frecuencia de concentraciones de Hg en diferentes tipos de productos.

Del análisis del gráfico se desprende que, de los productos relevados, solamente en los correspondientes a “pulpa de fruta” se observaron concentraciones de Hg mayores a los 3 $\mu\text{g/Kg}$, mientras que una importante proporción de los datos presentaron concentraciones comprendidas en el rango intermedio. Para el caso de “vino”, la mayoría de los resultados

Mercurio en Argentina: Estado de situación

relevados fueron menores a 1 µg/Kg.

En el **segundo grupo**, los datos se agruparon según los siguientes rangos de concentración de Hg:

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

Dentro de este grupo se incluyeron los siguientes productos:

- Jugo y postre en polvo, miel, almidón, gelatina, harina, azúcar, y golosina (Figura 25).
- Jugo de fruta sulfitado, y jugo de fruta concentrado turbio y claro (Figura 26).
- Pasa de uva, orejón, salsa, envasado natural de frutas, dulce, alimento deshidratado, y pulpa de fruta concentrada (Figura 27).
- Legumbre, semilla, hortaliza, baya, cereal, jugo de fruta simple, y fruta fresca (Figura 28).

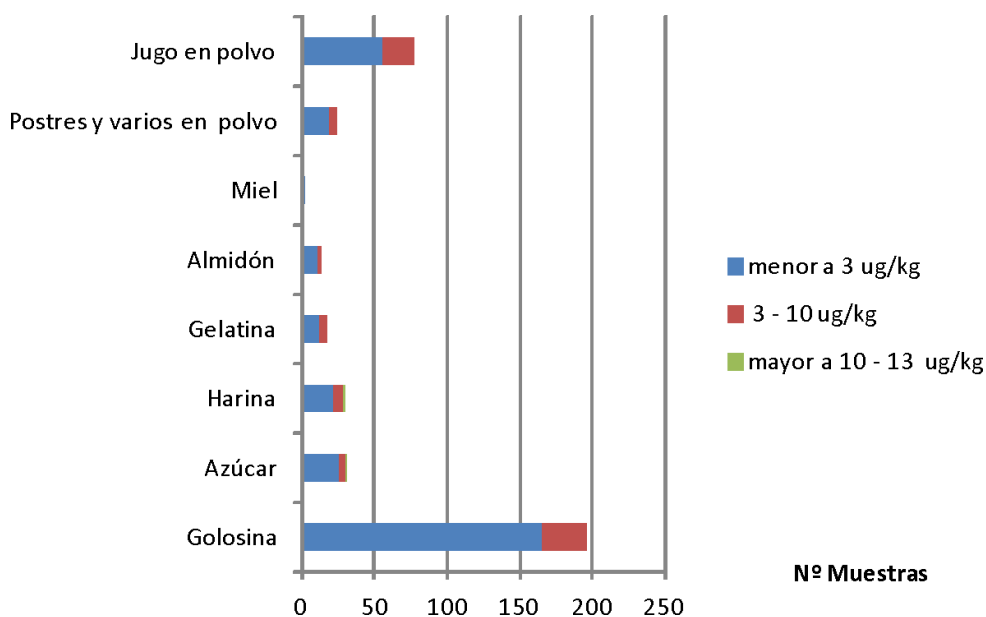


Figura 25: Frecuencia de concentraciones de Hg en diferentes tipos de productos.

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. Solamente para el caso de “harina y azúcar” se relevaron valores de Hg en el rango más alto (mayor a 10 µg/kg). Para el resto de los productos, los valores se encontraban por debajo del límite inferior mientras que una porción pequeña en el rango intermedio de concentraciones.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

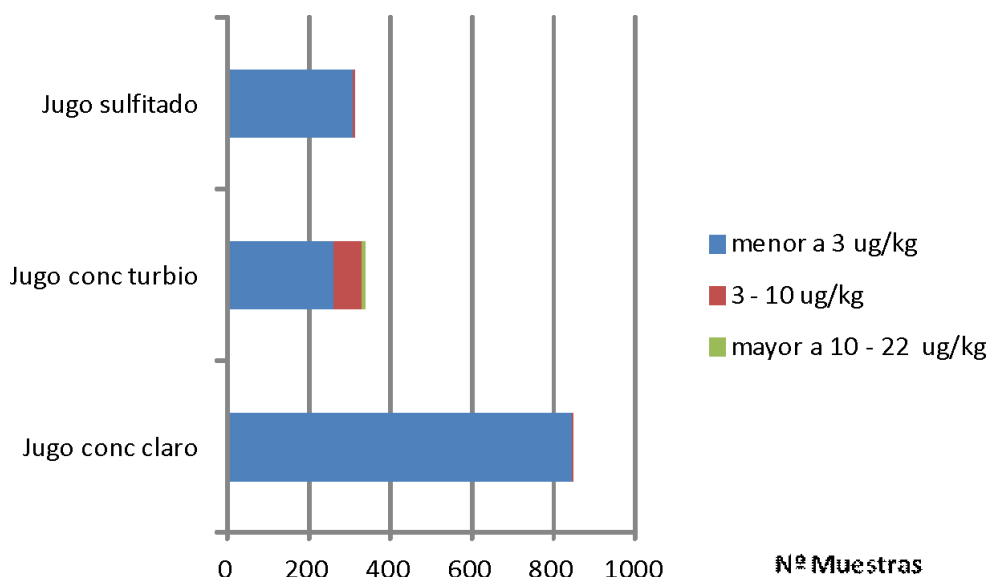


Figura 26: Frecuencia de concentraciones de Hg en diferentes tipos de productos.

En este caso se compararon los datos relevados correspondientes a 3 tipos jugos de fruta. Se observó que solamente los jugos concentrados turbios tenían concentraciones de Hg en los 3 rangos considerados, mientras que las concentraciones relevadas para los otros 2 tipos de jugos se encontraron mayoritariamente en el rango inferior de concentraciones.

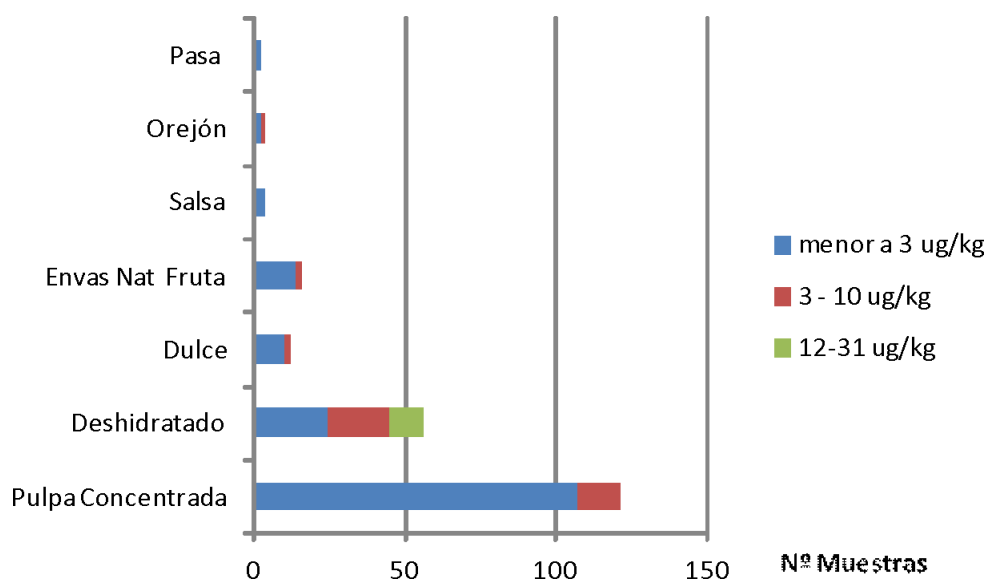


Figura 27: Frecuencia de concentraciones de Hg en diferentes tipos de productos.

Al igual que lo observado anteriormente, 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. Para el caso de alimentos deshidratados, se observa que los resultados relevados se distribuyen prácticamente de forma equitativa en los tres rangos de concentraciones de Hg. Por otro lado, “pulpa de fruta concentrada” fue el producto que presentó la mayor cantidad de valores en el rango más bajo de concentración y sólo algunos en el rango

intermedio.

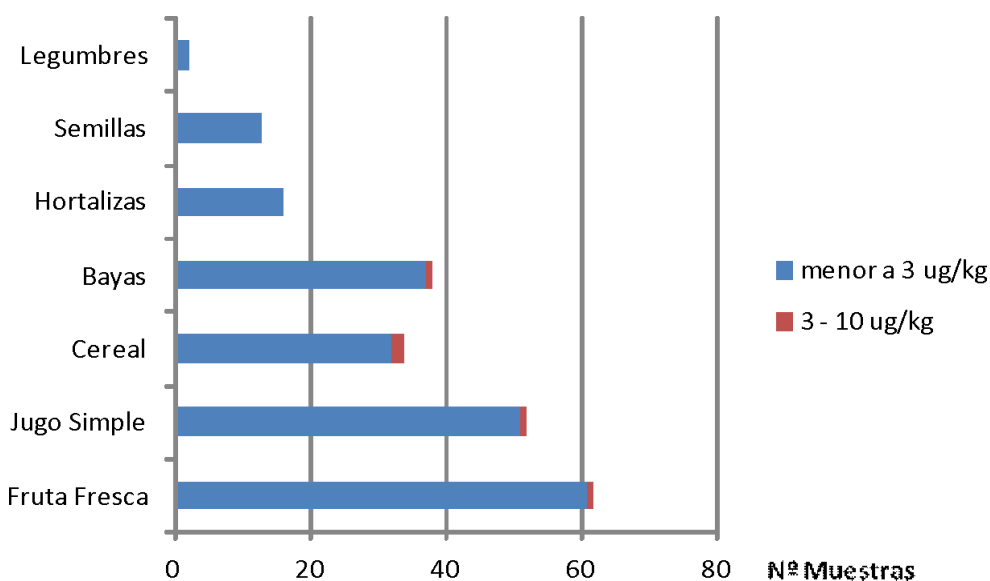


Figura 28: Frecuencia de concentraciones de Hg en diferentes tipos de productos.

Del análisis de la Figura se desprende que, para este tipo de productos, si bien el número de datos relevados es escaso las concentraciones de Hg fueron bajas.

En el **tercer grupo**, los datos se agruparon según los siguientes rangos de concentración de Hg:

- Menor a 20 µg/kg
- Entre 20-50 µg/kg
- Mayor a 50 µg/kg

Dentro de este grupo se incluyeron los siguientes productos:

- Sal
- Jarabe e insumo industrial
- Goma alimenticia
- Colorante
- Aroma concentrado de fruta
- Aceite vegetal y esencial
- Esencia
- Alimento envasado
- Carne de pescado

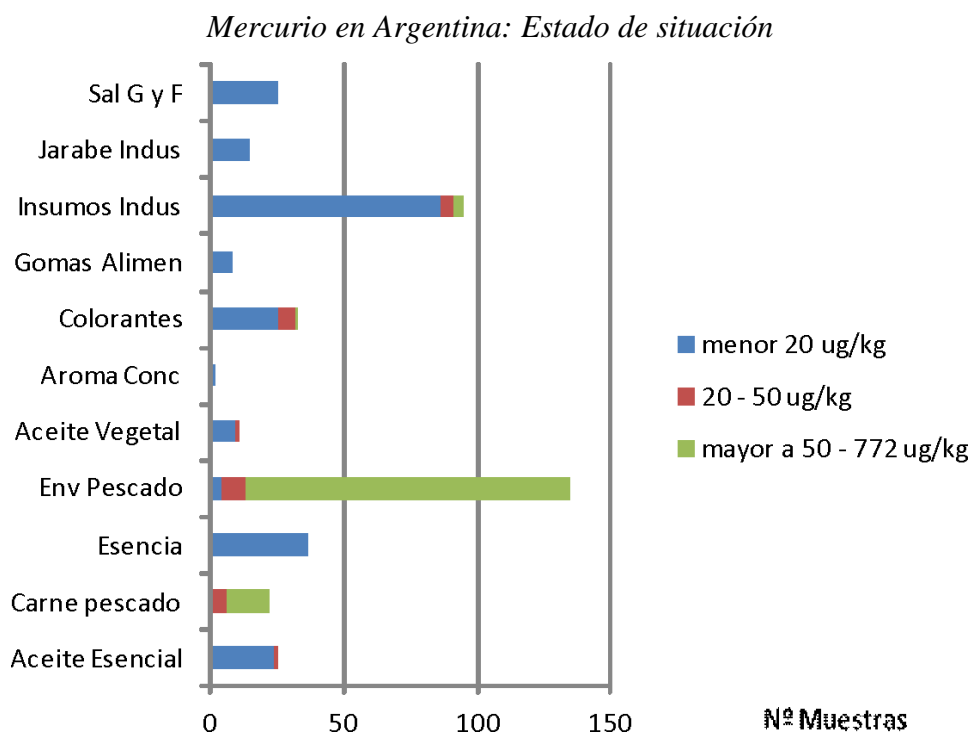


Figura 29: Frecuencia de concentraciones de Hg en diferentes tipos de productos.

Para este conjunto de productos se observa que los valores de concentración de Hg relevados se encuentran rangos superiores a los grupos observados anteriormente. Los productos “insumo industrial”, “colorante”, “envasado de pescado” y “carne de pescado” fueron la que presentaron un importante número de datos en el rango superior de concentraciones. Cabe resaltar que los productos a base de pescado contienen la mayor cantidad de datos en el rango superior (mayor a 50 $\mu\text{g/kg}$).

Los productos “jugo de fruta concentrado turbio”, “alimento deshidratado”, “carne de pescado” y “envasado de pescado” fueron los que presentaron mayor cantidad de resultados en el rango superior de concentraciones de Hg considerado en cada conjunto. Estos tipos de productos fueron graficados nuevamente, empleando una representación porcentual de los datos relevados (Figura 30).

Mercurio en Argentina: Estado de situación

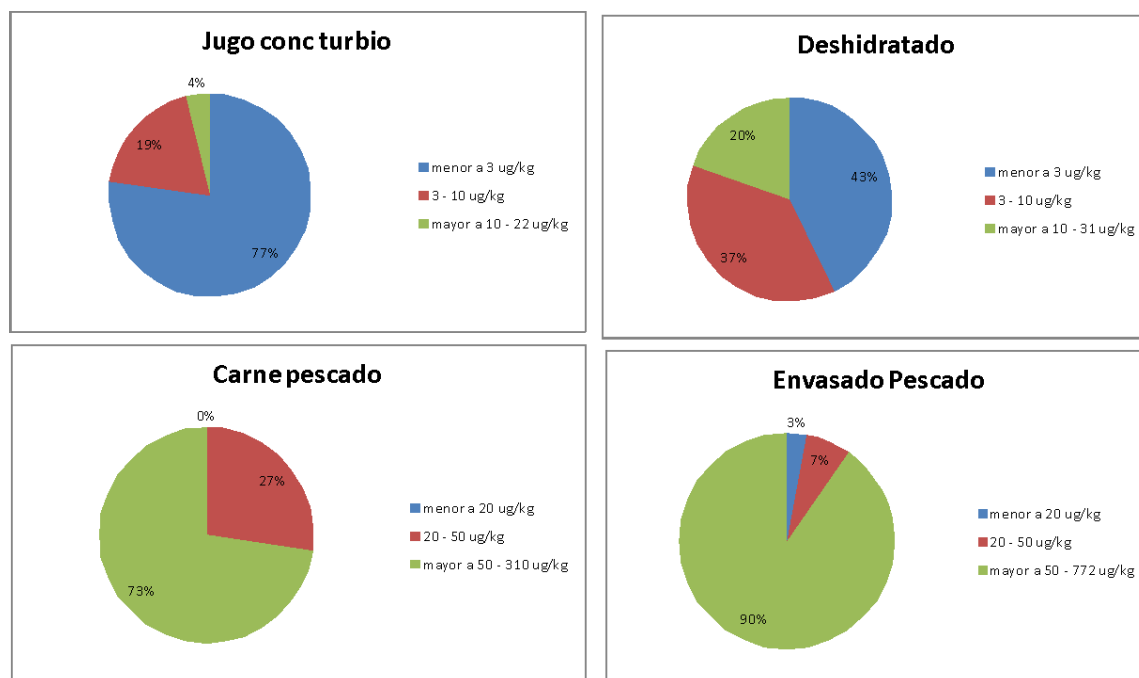


Figura 30: Representación porcentual de rangos de concentraciones de Hg para los productos jugo de fruta concentrado turbio, alimento deshidratado, carne de pescado y envasado de pescado.

El mayor porcentaje de resultados con concentraciones de Hg pertenecientes al rango más alto fue observado para los productos “envasado de pescado” (90%), seguido por la “carne de pescado” (73%).

La Figura 31, presenta los valores de concentraciones de Hg superiores e inferiores obtenidos para ciertos tipos de productos de manera de para analizar la amplitud de dichos valores.

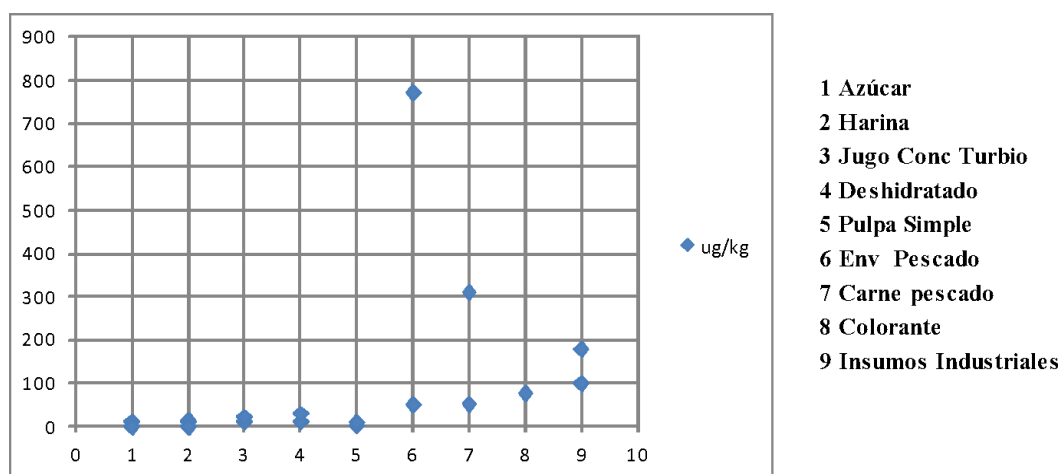


Figura 31: Concentraciones de Hg (ug/kg) inferiores y superiores para diferentes tipos de productos.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Los productos “envasados de pescado” y “carne de pescado” mostraron la mayor dispersión con valores máximos de 772 y 310 µg/kg, respectivamente. El rubro “insumo industrial” presentó valores en un rango estrecho, pero en todos los casos, los mismos estuvieron por encima de 100 µg/kg.

Observaciones:

Del total de datos relevados (3140) pertenecientes a la matriz “alimento”, solamente 135 corresponden al tipo de producto “carne de pescado” y 22 a “envasado de pescado”. Se dispone de pocos resultados de este origen, a pesar de tratarse de un tipo de producto de gran relevancia desde el punto de vista de la legislación nacional.

B.2. Distribución geográfica de los datos relevados

Teniendo en cuenta que en la gran mayoría de los casos las industrias elaboradoras de alimentos se ubican próximas a la zona de producción de las materias primas, se puede visualizar la distribución geográfica del contenido de Hg en los alimentos relevados en el presente informe.

En la Figura 32 se presentan los datos geográficos elevados divididos en 6 zonas:

- Río Negro y Neuquén: Producción de frutas frescas tales como manzanas, peras, frutas de carozo, y uvas incluyendo los productos elaborados a partir de ellos.
- Mendoza: Producción de uvas, jugos de uva y vinos.
- San Juan: Producción de uvas, jugos de uva y vinos.
- Noroeste (provincias de Tucumán, Salta y Jujuy): Producción de limón y jugos de cítricos (limón, pomelo, naranja)
- Mesopotamia y noreste (provincias de Misiones, Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe): Producción de cítricos dulces (naranja, mandarina y jugos de estas frutas), yerba mate, te, y arándanos, entre otros.
- Región no identificada (Productos industrializados de los que se desconoce el origen de la materia prima).

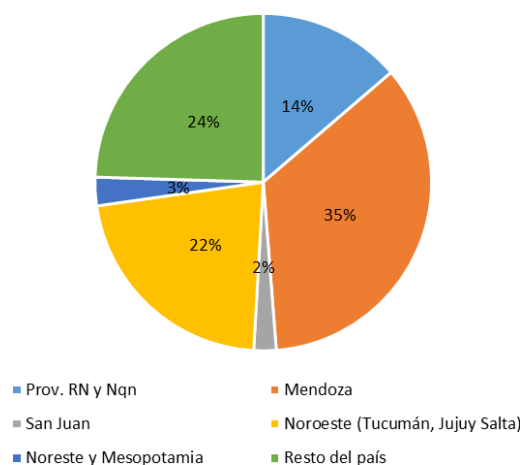


Figura 32: Distribución geográfica de concentraciones de Hg relevadas para la matriz “alimento”

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Se observa que la mayor cantidad de datos relevados para la matriz “alimento” provienen de la región de Mendoza, y Noroeste. Los datos de los productos cuyo origen se desconoce representan el 24% del total.

Sería interesante incluir en el análisis, datos provenientes de industrias de alimentos radicadas en la provincia de Buenos Aires dada la importancia de la zona en cuanto a la actividad pesquera. Por otra parte, es la única provincia que utiliza insumos mercuriales en su producción industrial. Con este objetivo se contactaron en forma individual a importantes laboratorios de esta provincia los cuales realizan análisis de Hg en alimentos, principalmente en pescados y mariscos. Los mismos se negaron a brindar resultados, por lo que se considera que la única manera de eximir del compromiso de confidencialidad a estos laboratorios sería solicitar estos datos a través de organismos de control oficiales (como el SENASA, por ejemplo).

B.3. Análisis de concentraciones de Hg en alimentos durante el periodo 2014-2018

El periodo 2014-2018 se seleccionó debido a que, según el laboratorio privado que facilitó los datos, a partir del año 2014 se comenzó a realizar determinaciones de Hg en matriz “alimento”. El aumento de las exportaciones de los productos argentinos, ha llevado al sector industrial a realizar un mayor control de los contaminantes químicos de los alimentos, tanto para consumo interno como para exportación; siendo el mercurio uno de los contaminantes controlados. Sin embargo, cabe destacar que la mayor parte de los análisis relevados en este apartado se realizaron sobre alimentos elaborados en Argentina con destino de exportación.

Según datos aportados por el laboratorio privado, al evaluar anualmente la cantidad de análisis de Hg realizados sobre diferentes productos pertenecientes a la matriz “alimento”, se observa que los mismos han ido incrementándose en los últimos años, alcanzándose el mayor porcentaje de muestras analizadas en el año 2016 y manteniéndose en el 2018 (Figura 33).

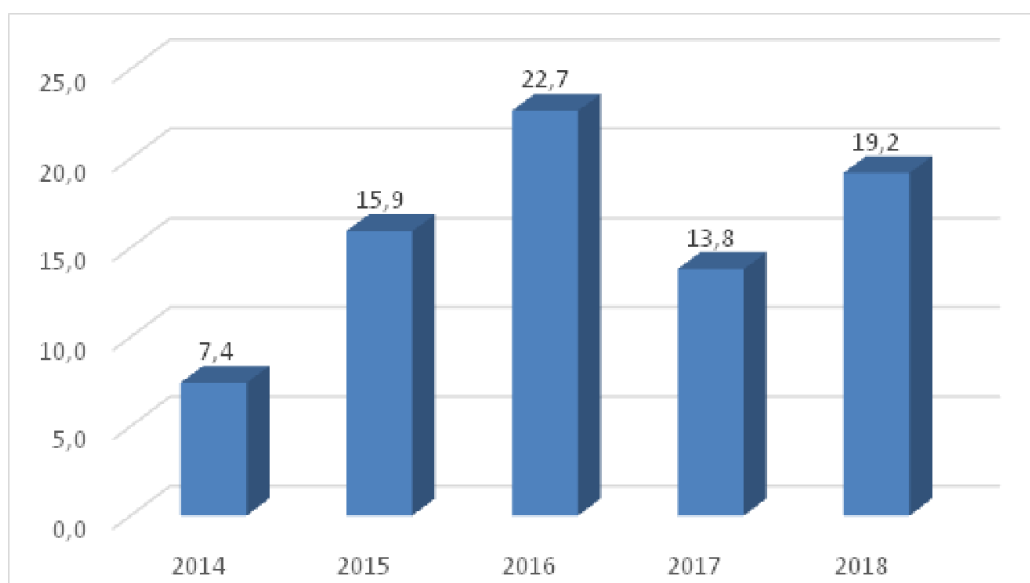


Figura 33: Porcentaje de análisis de Hg realizados sobre productos pertenecientes a la matriz “alimento” del total analizado por año.

B.4. Evaluación de los datos obtenidos con respecto a legislaciones vigentes

Al igual que lo expuesto anteriormente, si bien en el capítulo 10 se discutirá en extenso varios aspectos vinculados con las normativas nacionales e internacionales relacionadas con la problemática del Hg, se aprovechará este espacio para vincular los datos relevados por el grupo *ad hoc* con distintas legislaciones nacionales vigentes.

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

-Reglamento UE 1881/2006 (última actualización febrero 2018): regula el contenido de Hg en productos tales como “producto de la pesca” y “suplemento alimenticio”.

-AIJN – European Fruit Juice Association – Code of Practice: establece los valores máximos permitidos de Hg productos tales como “jugo y pulpa de fruta y hortaliza”.

-Código Alimentario Argentino (Capítulo III): establece los valores máximos permitidos para contaminantes químicos para la matriz “alimento”, legisla el contenido de Hg solamente para el tipo de producto “producto de pesca”.

De los datos relevados se observa que:

Para el caso de productos tales como “pulpa de fruta”, “jugo de fruta”, “salsa”, “vegetal enlatado”, “fruta fresca”, “hortaliza”, “baya deshidrata”, y “orejón de frutas”, en todos los casos los valores de Hg obtenidos se encontraron por debajo del valor máximo permitido según la AIJN (10 µg/kg). Cabe destacar que si bien en algunos casos, para productos tales como “deshidratado” y “jugo concentrado”, se observaron valores que exceden los 10 µg/kg de Hg, estos productos se consumen diluidos (al menos 5 veces), con lo cual las concentraciones se encontrarían dentro de los valores establecidos.

Productos tales como “vino”, “alimento en polvo”, “miel”, “almidón”, “golosina”, “dulce”, “legumbre”, “semilla”, “cereal” los cuales no se encuentran contemplados en las legislaciones, se menciona que las concentraciones de Hg relevadas se encontraron por debajo de 10 µg/kg.

Para el caso de “harina” y “azúcar”, una pequeña proporción de resultados se encontró por encima de este valor (y con un máximo de 13 µg/kg). En este caso, al utilizar estos productos como insumos para la elaboración de otros productos, es probable que el nivel de Hg pase a ser muy bajo y/o hasta despreciable en algún caso.

Dentro del grupo de productos relevados como “insumo industrial” 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 se encontró 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 observa que algunos productos no estarían cumpliendo con dicha legislación. En estos casos, se menciona que la cantidad de este tipo de producto que se adiciona durante la elaboración de algún alimento, en general, se encuentran por debajo del

Mercurio en Argentina: Estado de situación

1%. Esto representa un contenido de Hg despreciable en el producto final a consumir. El mismo comportamiento se observa para el caso del producto “colorante alimentario”.

Finalmente, en cuanto a los tipos de producto a base de pescado, si bien se relevaron algunos valores de concentración 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).

C. PECES Y SEDIMENTOS

Para el caso de peces y sedimentos se incluye un análisis adicional en forma separada debido a la relevancia de estas matrices en la temática en cuestión. En este apartado, se incluyen datos de peces sin procesar. Los mismos no se encuentran incluidos entre los 3140 datos de alimentos previamente analizados (ver Figura 18), ya que los resultados obtenidos corresponden a ensayos realizados en el marco de estudios de investigación. Los resultados corresponden al análisis de pejerreyes y sardinas del Río Paraná (Avigliano *et al.*, 2016).

C.1. Datos de las muestras

En la Figura 34 se presentan las frecuencias de concentraciones de Hg en diferentes órganos y tejidos de los peces en donde se podría acumular el contaminante: hígado, escamas, branquias, y músculo.

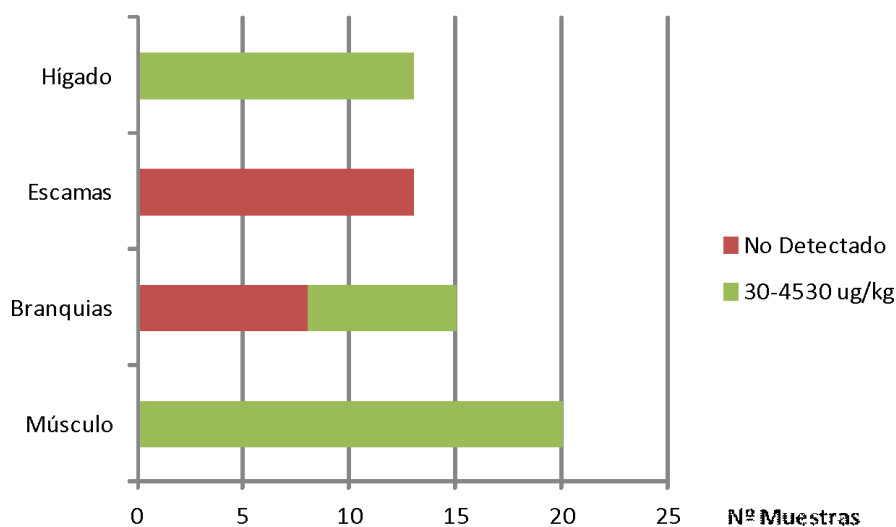


Figura 34: Frecuencia de concentraciones de Hg en diferentes órganos y tejidos de los peces.

Si bien se disponen de un número escaso de datos, se observa que, a modo de tendencia, la mayor concentración de Hg en los peces se encuentra tanto en músculos como en hígado. Respecto de las escamas, todos los datos relevados fueron negativos mientras que en branquias aproximadamente el 50% de los datos resultaron positivos para Hg con concentraciones superiores a los 30 µg/kg.

La Figura 35 presenta los datos relevados del contenido de Hg en sedimentos de playa de la

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Franja Costera Sur del Río de la Plata, los cuales podrían tener influencia sobre la bioacumulación de este contaminante en peces y otras especies marinas.

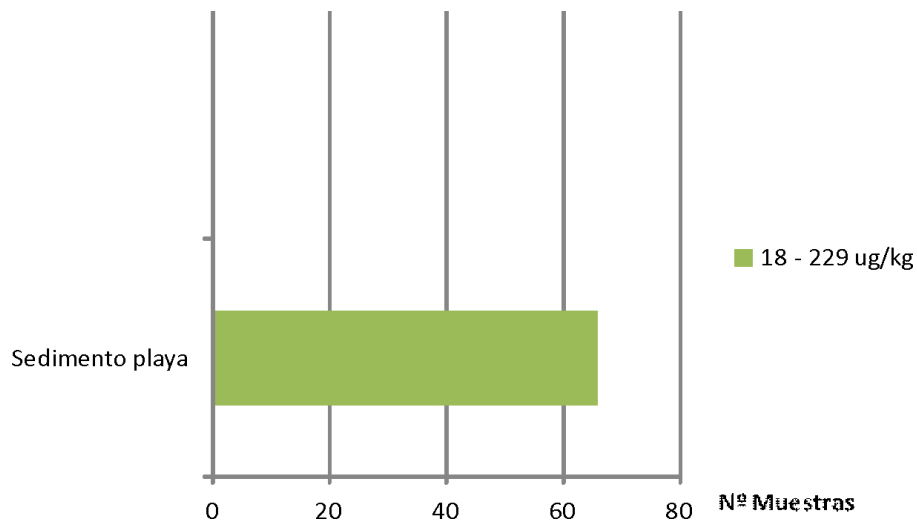


Figura 35: Frecuencia de concentraciones de Hg en sedimentos de playa.

Se observa que todos los datos correspondientes a sedimentos presentan valores elevados de Hg comparados con los valores detectados en los alimentos antes analizados. A pesar de que la cantidad de datos no resulta significativa, y no se cuenta con estudios sistemáticos, una posible hipótesis de lo observado podría estar vinculada con que los sedimentos de playa podrían colaborar con la acumulación de Hg tanto en el músculo como en hígado de los peces.

La Figura 36, presenta los valores de concentraciones de Hg superiores e inferiores obtenidos para músculo, branquia, hígado, y sedimentos.

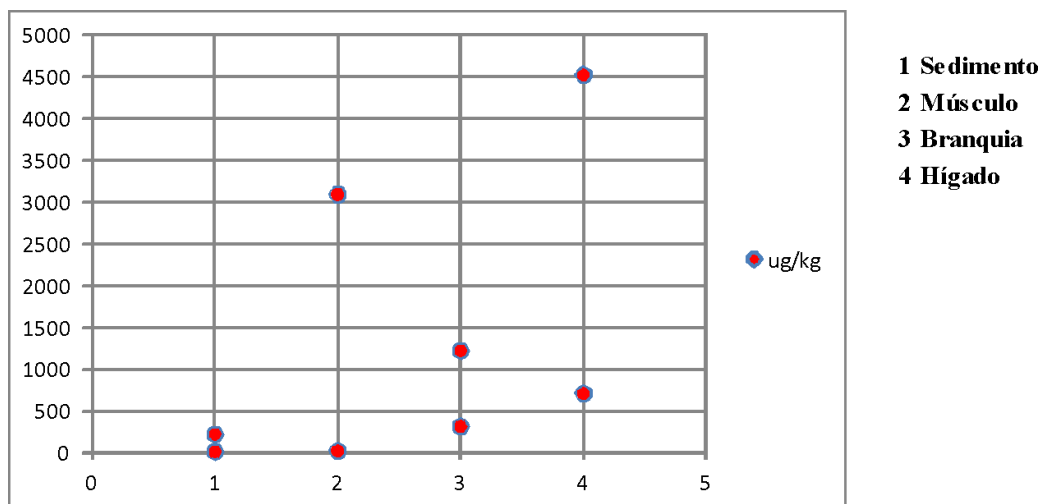


Figura 36: Concentraciones de Hg ($\mu\text{g/kg}$) inferiores y superiores para músculo, branquia, hígado, y sedimentos.

Nuevamente se observa que, para el caso de los peces, las mayores concentraciones de Hg se

Mercurio en Argentina: Estado de situación
observaron en hígado (4530 µg/kg) y músculo (3100 µg/kg), mientras que en branquias la concentración máxima fue de 1230 µg/kg. Por otra parte, se incluye el rango de valores de sedimentos, los cuales no superaron los 230 µg/kg.

C.2. Evaluación de los datos obtenidos con respecto a las legislaciones nacionales

En la legislación nacional e internacional solamente se encuentran valores de referencia de concentraciones de Hg para tipos de productos tales como “pescado”, “molusco”, “marisco” y “crustáceo” que van desde 500 hasta 1500 µg/kg.

Los resultados relevados por el grupo *ad hoc* reflejan que el Hg se concentra principalmente en hígado y músculos. Si consideramos los valores de referencia mencionados anteriormente, las concentraciones de Hg observadas en hígado y músculo los superarían ampliamente. Por otra parte, para el caso de sedimentos, el nivel guía propuesto por Canadá es de 170 µg/kg siendo superado por algunos resultados obtenidos en muestras de nuestro país, con valores que no sobrepasan los 230 ug/kg.

D. BOVINOS, PORCINOS, AVES Y PECES

La información presentada a continuación corresponde a la extraída de la página web del SENASA correspondiente a datos del Plan Nacional de Control de Residuos e Higiene en Alimentos (CREHA) para los períodos 2016 y 2018 (<https://www.argentina.gob.ar/senasa/programas-sanitarios/plan-creha/plan-creha-animal>), la cual evidenció algunos resultados positivos para Hg en bovinos, porcinos, aves, y peces (Figura 37).

Mercurio en Argentina: Estado de situación

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

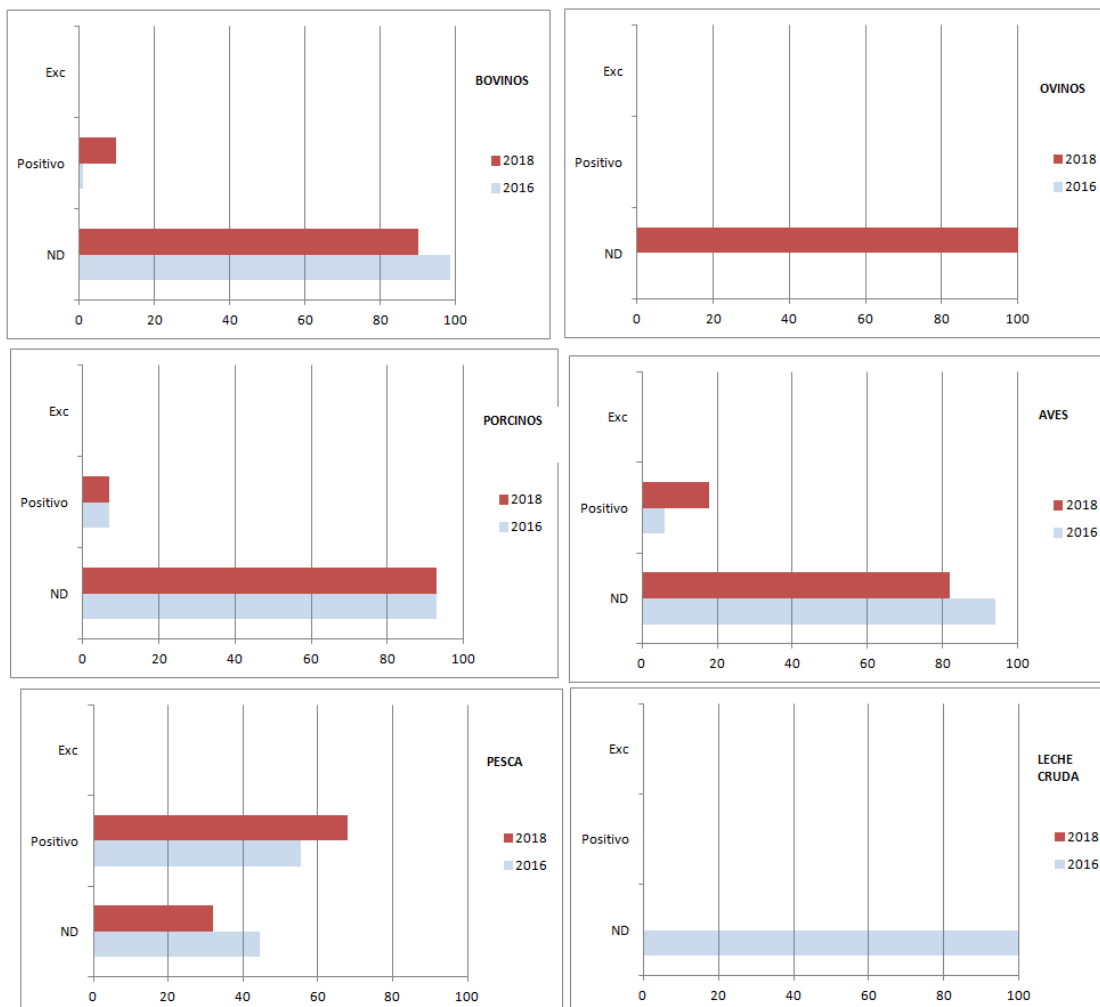


Figura 37: Resultados “No Detectado (ND)” o “Positivo o Excedido (Exc)”, en función del porcentaje de muestras analizadas de cada origen animal (periodo 2016 y 2018). Fuente: SENASA.

Se observa que, del total de especies muestreadas durante el periodo informado (373 en 2016 y 358 en 2018), la mayor proporción de resultados “Positivos” estuvo relacionada con los productos de pesca (56% en 2016 y 68% en 2018). Para el caso de aves, los resultados “Positivos” no superaron el 20% (aunque el valor resulta significativo), mientras que, para bovinos y porcinos, los resultados no alcanzaron el 10%. En todos los casos analizados, los 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.

10. ANÁLISIS DE NORMATIVAS PROVINCIALES, NACIONALES E INTERNACIONALES VINCULADAS CON LA DETERMINACIÓN DE Hg EN SUELOS, SEDIMENTOS, AGUAS Y ALIMENTOS.

Se relevaron 20 leyes (Ver ANEXO 6.1), cuyo alcance corresponde al siguiente orden:

- Nacional (4)
- Federal (1)
- Provincial: Buenos Aires (1), Río Negro (1) y Chubut (1)
- Binacional: Argentina-Uruguay (1)
- Internacional: OMS (1), WHO (1)
- Otros países: Chile (1), Brasil (1), Estados Unidos (2), Unión Europea (2), Australia (1), China (1) y Japón (2).

Para el análisis se agruparon en cuatro conjuntos:

- 1° Agua (para consumo directo y vuelco)
- 2° Alimentos (pescados, moluscos, mariscos y varios)
- 3° Suelo, sedimentos y biota
- 4° Aire

Nota:

El agua de consumo directo corresponde al agua envasada, mineral, potable y de suministro.

Vuelco se refiere a los límites de Hg en efluente descargados, que están permitidos o en niveles guías de mercurio que pueden encontrarse en las diferentes fuentes de agua y que comprende las categorías de:

- 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

Los **alimentos** se agrupan en:

- Pescados (de agua dulce o salada,), moluscos, mariscos y crustáceos
- Aceites y grasas
- Aditivos y colorantes (citrato férrico amónico, óxido de titanio, hidróxido de sodio, azul patente V e indigotina)
- Otros (que no están agrupados en otra categoría anterior de alimentos)

Mercurio en Argentina: Estado de situación

A continuación, se presenta un resumen de los valores recomendados, o límites permitidos, para el contenido de Hg para cada una de las leyes en las matrices legisladas. Se denominará a estos valores como “valores guía”.

AGUA <i>Consumo Directo</i> ➤ Envasada y Mineral: 1 ug/l - <u>ARG</u> ➤ Potable/Suministro: 2-4 ug/l (T) - <u>ARG</u> ➤ Mineral: 0,5 ug/l (T) - <u>Japón</u> ➤ Potable/Suministro: 2 ug/l - <u>EEUU</u> ➤ Potable/Suministro: 6 ug/l (Inorg.) - <u>OMS</u> <i>Vuelco</i> ➤ Dulce superficial-Vida acuática: 0,03-0,1-0,3 ug/l (T)- <u>ARG</u> ➤ Salada superficial-Vida acuática: 0,1 ug/l (T) - <u>ARG</u> ➤ Salobre superficial-Vida acuática: 0,1 ug/l (T) - <u>ARG</u> ➤ Para Bebida con tratamiento: 1-4 ug/l (T) - <u>ARG</u> ➤ Bebida Ganado: 3 ug/l - <u>ARG</u> ➤ Dulce superficial-Vida acuática: 0,2 ug/l (T) <u>Urug</u> - <u>ARG</u> ➤ Dulce superficial-Vida acuática: 0,77-1,4 (T) - <u>EEUU</u> ➤ Salada superficial-Vida acuática: 0,94-1,8 ug/l (T) - <u>EEUU</u> ➤ Ríos/Arroyos: 1-5 ug/l (T) - <u>ARG</u> ➤ Mar Abierto y Ría: 5-10 ug/l (T) - <u>ARG</u> ➤ Ríos/Arroyos/Transición/Costera: 0,07 ug/l - <u>UE</u> ➤ Drenaje/Pluvial/Infilt. superficial: 1 ug/l (T) - <u>ARG</u> ➤ Cloacal: 2 ug/l (T) - <u>ARG</u>		
ALIMENTOS <i>Pescados, moluscos y mariscos</i> ➤ Pescados, moluscos y crustáceos: 0,5 mg/kg - <u>ARG</u> ➤ Pescados predadores: 1 mg/kg - <u>ARG</u> ➤ Pescados agua dulce: 0,3 mg/kg - <u>China</u> ➤ Pescados: 0,4 mg/kg - <u>Japón y EEUU</u> ➤ Pescados: 0,5 mg/kg - <u>UE</u> ➤ Pescados y mariscos: 0,5-1,0 mg/kg - <u>Brasil</u> ➤ Pescados y mariscos: 0,5-1,5 mg/kg - <u>Chile y Australia</u> <i>Varios</i> ➤ Aceites y grasas: 0,05 mg/kg - <u>ARG</u> ➤ Otros: 0,05 mg/kg - <u>ARG</u> ➤ Aditivos: 0,1-1 mg/kg - <u>ARG</u>		
SUELO Uso Agrícola: 0,8 mg/kg (T)-ARG Uso Residencial: 2 mg/kg (T)-ARG Uso Industrial: 20 mg/kg (T)-ARG	SEDIMENTOS (Canadá) Nivel Guía: 0,17 mg/kg Límite Exposición: 0,49 mg/kg Valor máximo: 0,66 mg/kg	BIOTA (Unión Europea) En Medio acuático: 0,02 mg/kg

Nota: T: corresponde a Hg total, Inorg: corresponde a Hg inorgánico

Referencias empleadas:

- Código Alimentario Argentino, Ley N°18284, Oct. 2012 –Dic.2018. **Nacional**
 - SENASA, Decreto 1238/68, Sep-2018. **Nacional**
 - Residuos peligrosos, Ley N° 24051, Decreto 831/93, 1993. **Nacional**
 - Recursos hídricos, Ley N° 25688, 2010. **Nacional**
 - Código de aguas, Ley N° 2952 Resolución 885/15, 201. **Río Negro**
 - Código ambiental de la provincia de Chubut, Ley XI N°35-Decreto N° 1540/16, Oct. 2016. **Chubut**
 - COFES, Norma de calidad de agua, 1996, Consejo Federal de Entidades de Servicios Sanitarios. **Buenos Aires**
 - Digesto sobre el uso del río Uruguay, 2006. **Binacional (Uruguay-Argentina)**
 - OMS, Guía para la calidad del agua, 2006, Organización mundial de la salud.
- Internacional**
- WHO/FAO, Evaluación de los riesgos asociados con las sustancias químicas (JECFA), 2010,
 - EPA, Guía para la calidad del agua, 2009, Environmental Protection Agency. **Estados Unidos**
 - EPA, National recommended aquatic life criteria table, 1995. **Estados Unidos**
 - Directiva del parlamento europeo y del consejo, 2013/39/UE, 2013. **Unión Europea**
 - Reglamento (CE) N° 1881/2006, 2006. **Unión Europea**
 - Reglamento sanitario de alimentos DS 977/96, 1996. **Chile**
 - The Australian Food Standards Code, 2004. **Australia**
 - Food Sanitation law- provisional regulatory for fish and shellfish, 2006. **Japón**
 - Specifications and standards for foods. Under the food sanitation act, 2010. **Japón**
 - Sanitation standard for food. **China**
 - Agência nacional de vigilância sanitária, regulamento técnico Mercosul sobre límites

máximos de contaminantes inorgánicos em alimentos 2013. **Brasil**

-Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de aguas y a la atmósfera. Decreto 1074, 2018. **Buenos Aires**

10.1. DISCUSIÓN DE LOS VALORES LEGISLADOS:

En las siguientes Figuras se comparan, para cada grupo de matriz (agua, alimento o suelo-biota- sedimento), las frecuencias con que se repiten los valores guías indicados para los diferentes alcances de las leyes. De esta manera, se pretende visualizar que valores guía han sido citados por las diferentes legislaciones de manera de poner de manifiesto la dispersión de valores que se presentan para una misma matriz y discernir cuales son los que han sido adoptados por mayor cantidad de legislaciones.

10.1.1. Aguas

Para el agua, la mayor frecuencia de repetición del valor guía es para la concentración de Hg de 1 µg/l, que corresponde a las siguientes submatrices:

- Envasada o mineral- Nacional
- Bebida con tratamiento- Nacional
- Ríos y arroyos- Río Negro
- Drenaje/pluvial/infiltración superficial- Río Negro

En segundo orden de frecuencia están los valores:

- 0,1 µg/l
- Dulce superficial- Nacional
- Salada superficial- Nacional
- Salobre superficial- Nacional
- 2 µg/l
- Potable/suministro- Nacional
- Potable/suministro- EEUU
- Descarga cloacal- Río Negro

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Con menor frecuencia están los valores:

-4 µg/l

-Potable/suministro- Chubut

-Bebida con tratamiento- Nacional

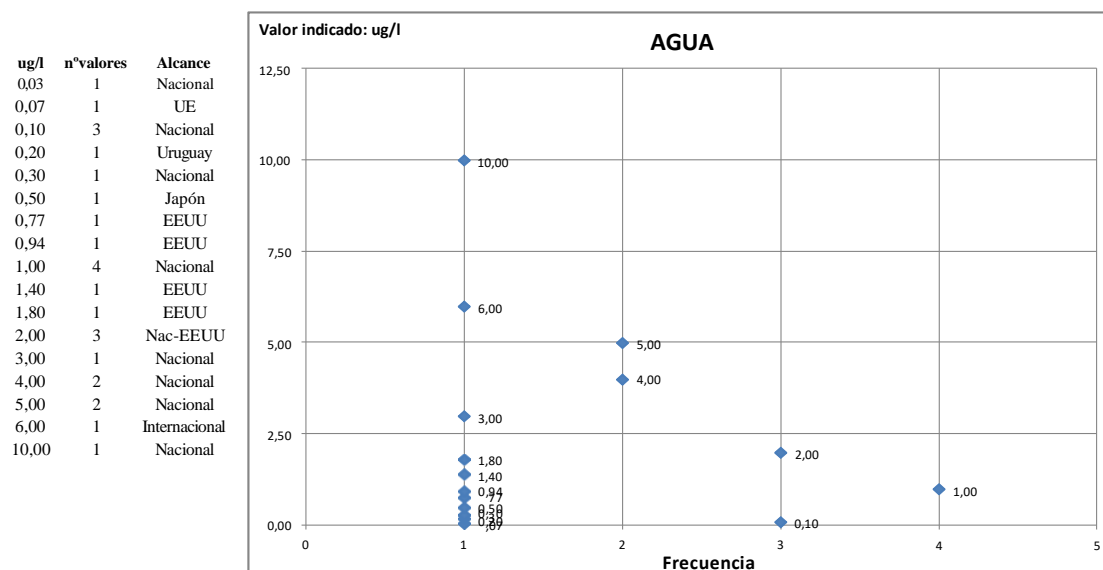
-5 µg/l

-Ríos y arroyos- Chubut

-Mar abierto y costa- Chubut

El resto de los valores recopilados tiene frecuencia única.

En la Figura 38 se presentan los valores guías indicados en las diferentes legislaciones para la matriz agua.



Valor indicado: Puede referirse a valores o límites máximos permitidos, nivel guía o de alarma, niveles recomendados o de protección, dependiendo de la ley a la que corresponda. **Frecuencia:** Número de veces que se repite el valor de concentración indicado, según las diferentes leyes (y sub-matrices).

Figura 38: Frecuencia de valores guías indicados en diferentes legislaciones para aguas.

De gráfico se concluye que el 73% de los valores guía se encuentran por debajo de 2 µg/l. Este valor podría adoptarse como valor de referencia en la legislación argentina, debido a que puede ser alcanzado por la mayor cantidad de laboratorios con las

capacidades analíticas que se disponen en la actualidad, por lo que esto resultaría en un control factible en cualquier parte del país.

Aguas de consumo directo

En la Figura 39 se presentan los valores guías indicados en las diferentes legislaciones para la matriz agua de consumo directo.

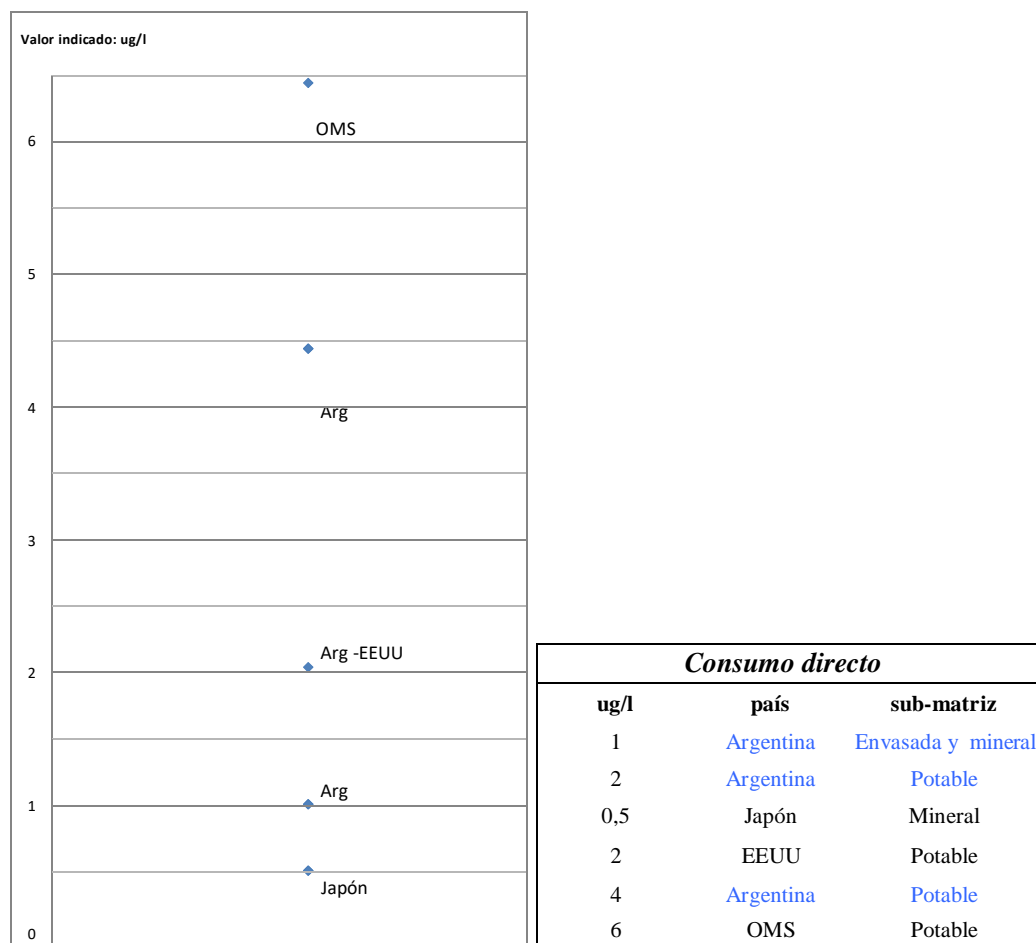


Figura 39: Frecuencia de valores guías indicados en diferentes legislaciones para aguas de consumo directo.

Como puede observarse, en la matriz de agua de consumo directo, el rango de límites guía para Hg, varía desde 0,5 µg/l en Japón y hasta 6 µg/l el valor recomendado por la OMS. Por otra parte, se puede apreciar que las regulaciones nacionales e internacionales son más exigentes en cuanto al límite permitido que lo recomendado por la OMS. Por lo

que el límite de 2 µg/l antes mencionado es 3 veces menor al indicado para evitar problemas en la salud, resultando ser suficientemente conservativo.

Adoptando el valor de 2 µg/l, el 88% de las instituciones públicas y el 69% de las privadas (del total de las relevadas en el presente estudio), poseen la capacidad analítica instalada y pueden dar respuesta al control de la matriz agua, para el límite de cuantificación requerido. (Ver discusión presentada en el Capítulo 2 sobre LD y LC).

Aguas de vuelco

La Figura 40 muestra la dispersión de valores legislados para aguas de vuelco tanto nacionales como internacionales.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

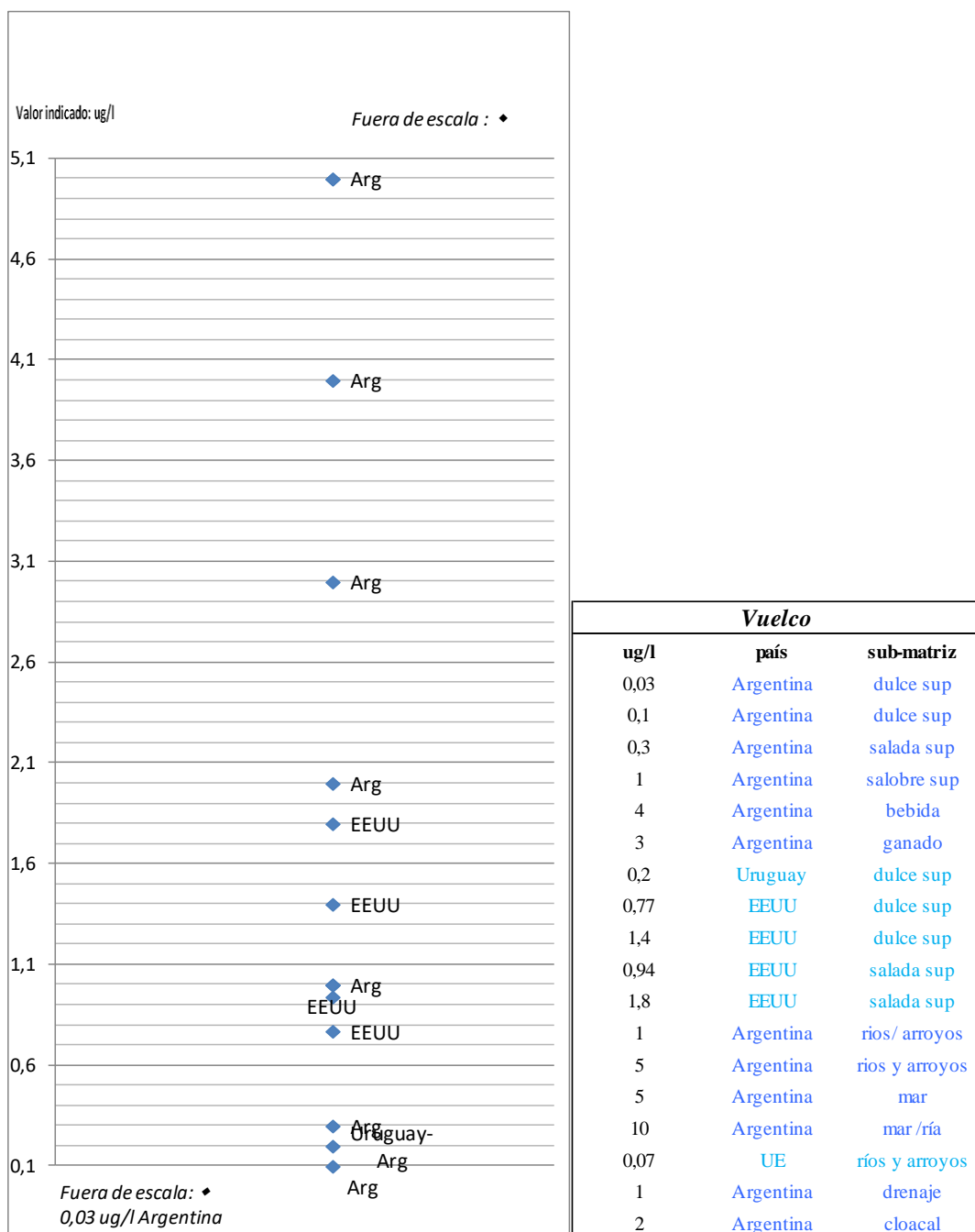


Figura 40: Frecuencia de valores guías indicados en diferentes legislaciones para aguas de vuelco.

En la legislación argentina se encontraron distintos niveles guía que van desde 0,03 µg/l para el caso de la provincia de Chubut (aguas superficiales) hasta 10 µg/l (mar abierto/ría) en Río Negro, lo cual está indicando un rango de tres órdenes de magnitud dependiendo de la provincia que legisla. Como puede observarse en la Figura 40, la legislación nacional resulta más exigente en cuanto al "vuelco en aguas dulces y saladas". Mientras que el valor guía para "vuelco en ríos y arroyos" el menor es el que recomienda la Unión Europea.

A nivel nacional los valores guías para aguas dulces y saladas contemplan la preservación de la vida acuática. Por lo que se presenta una incongruencia en nuestras leyes al compararlos con los valores de vuelco establecidos para ríos y arroyo que son considerablemente más elevados. Ya que en este último caso no se estaría teniendo en cuenta este aspecto tan importante.

Es llamativo si se comparan los valores de nuestra legislación de bebidas para consumo humano y agua para ganado con los de vuelco de cloacales y de drenaje industrial, donde los últimos son menores que los primeros. También existe una importante diferencia entre los límites indicados por las leyes provinciales entre sí y con la legislación nacional.

En las aguas de vuelco, una ley provincial (Código Ambiental de la prov. de Chubut) establece un límite máximo de 0,03 µg/l. Solamente 2 instituciones públicas de las relevadas cumplen este límite de cuantificación, mientras que no existe capacidad relevada para los laboratorios privados.

De acuerdo con la legislación nacional, el menor valor requerido para protección de la vida acuática es de 0,1 µg/l (Ley de Residuos Peligrosos), detectándose que 6 de las instituciones públicas y 4 de las privadas, si poseen la capacidad requerida.

10.1.2. Alimentos

Para el caso de alimentos, la mayor frecuencia de repetición de valor guía resulta para la concentración de Hg de 0,5 mg/kg, que corresponde a los siguientes alcances y sub-matrices:

- ♦ Pescados- Nacional
- ♦ Pescados- Unión Europea
- ♦ Pescados y mariscos- Chile
- ♦ Pescados y mariscos- Brasil

Mercurio en Argentina: Estado de situación

- ♦ Pescados y mariscos- Australia

En segundo orden de frecuencia continúa la concentración de Hg de 1 mg/kg:

- ♦ Pescados predadores- Nacional
- ♦ Aditivos y colorantes- Nacional
- ♦ Pescados y mariscos- Brasil

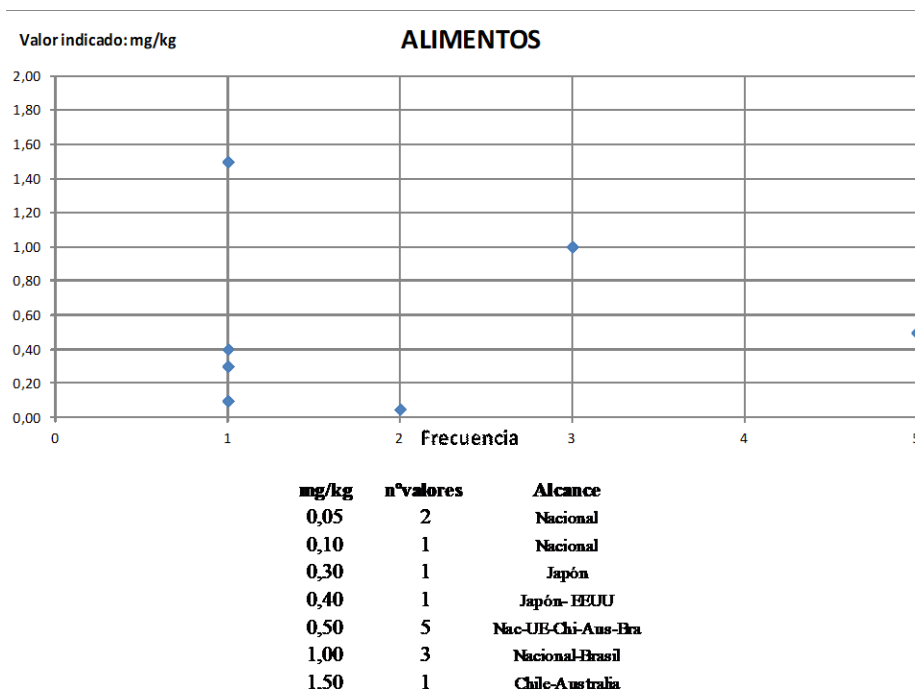
Para la concentración de 0,05 mg/kg se observaron dos datos:

- ♦ Aceites y grasas- Nacional
- ♦ Otros alimentos- Nacional

El resto de los valores recopilados tiene frecuencia única.

Se puede observar que los límites en alimentos se expresan en mg/kg debido a que los mismos son valores mayores que en el agua, expresados en µg/kg (densidad del agua a 25°C: 1kg/l). Esta diferencia surge por los procesos de bio-acumulación de elementos como el Hg, demostrada en los estudios científicos. Sin embargo, podría establecerse el valor ≤ 1 mg/kg como el límite más representativo.

En la Figura 41 se presentan los valores guías indicados en las diferentes legislaciones para alimentos.



Mercurio en Argentina: Estado de situación

Valor indicado: Puede referirse a valores o límites máximos permitidos, nivel guía o de alarma, niveles recomendados o de protección, dependiendo de la ley a la que corresponda. **Frecuencia:** Número de veces que se repite el valor de concentración indicado, según las diferentes leyes (y sub-matrices).

Figura 41: Frecuencia de valores guías indicados en diferentes legislaciones para alimentos.

Nuevamente se observa una dispersión en las concentraciones de Hg para alimentos, con valores que van desde los 0,05 mg/Kg hasta 1,50 mg/Kg.

En la Figura 42 se presentan los valores guías indicados en las diferentes legislaciones para el caso de pescados, moluscos y mariscos.

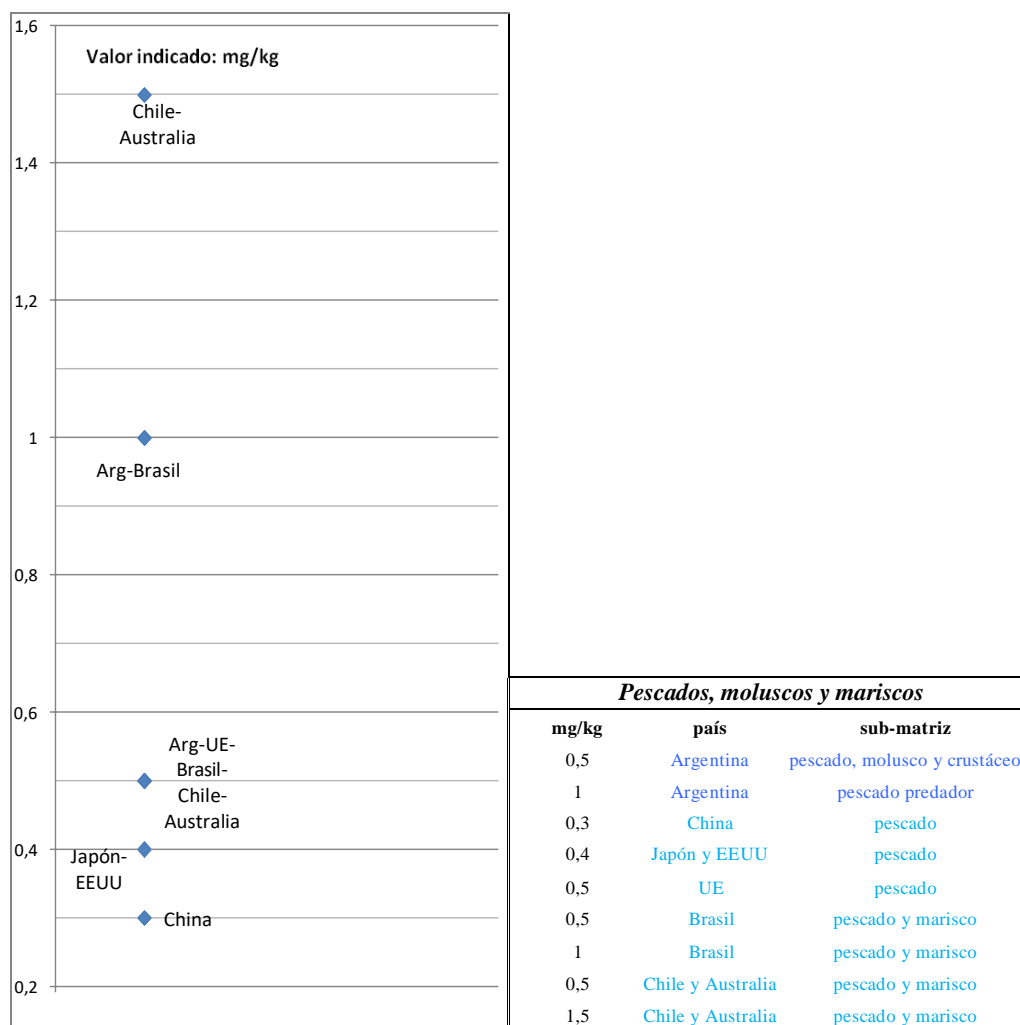


Figura 42: Frecuencia de valores guías indicados en diferentes legislaciones para pescados, moluscos y mariscos.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Se observa que el menor valor corresponde a peces de agua dulce (China) 0,3 mg/kg y el más alto lo tienen Chile y Australia para pescados/mariscos (1,5 mg/kg). La mayoría de los valores son $\leq 0,5$ mg/kg. La legislación argentina es bastante conservadora en cuanto al contenido de Hg en pescados y mariscos, siendo el límite indicado un valor intermedio de los propuestos por otros países como Chile, Brasil, Australia, EEUU y Japón donde el consumo de estos alimentos resulta mucho más alto.

En la Figura 43 se presentan los valores guías indicados en las diferentes legislaciones para el caso de aceites, grasas, aditivos y otros alimentos.

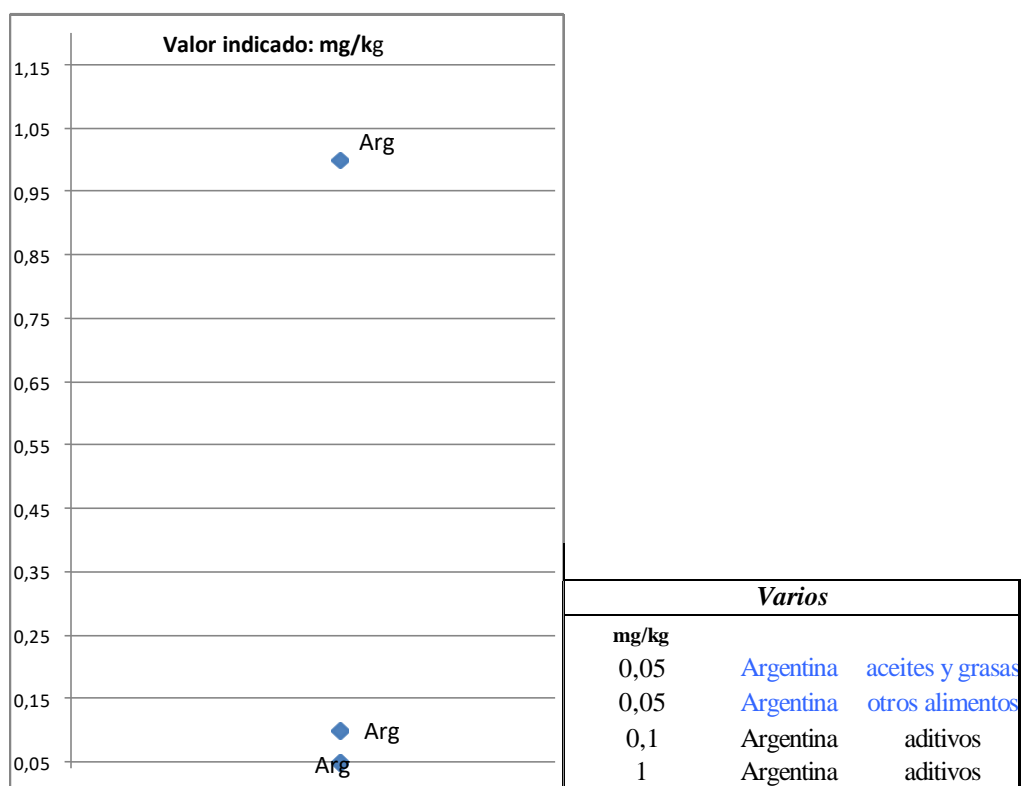


Figura 43: Frecuencia de valores guías indicados en diferentes legislaciones para aceites, grasas, aditivos y otros alimentos.

En este caso se encontraron solamente tres valores regulados, los cuales corresponden a legislación nacional, los cuales van desde 0,05 mg/kg para el caso de aceites, grasas y otros alimentos no especificados, hasta 1 mg/kg para el caso de aditivos. Nuevamente, se observa que la legislación argentina es muy conservadora en cuanto al límite permitido

en estos alimentos y no es muy específica en cuanto al origen de las grasas y aceites. Por otra parte, propone un límite llamativamente bajo para otros alimentos “no especificados”, sin embargo, no hay estudios científicos en nuestro país ni en la literatura abierta que apoyen esta restricción.

De las 10 instituciones públicas relevadas que determinan Hg en alimentos (no especificados), sólo 6 informaron los LC. Estos valores se expresaron en base a los LD de la técnica analítica empleada y no en base a unidades de masa de la matriz analizada. Por esta razón, no pueden compararse con los límites legislados.

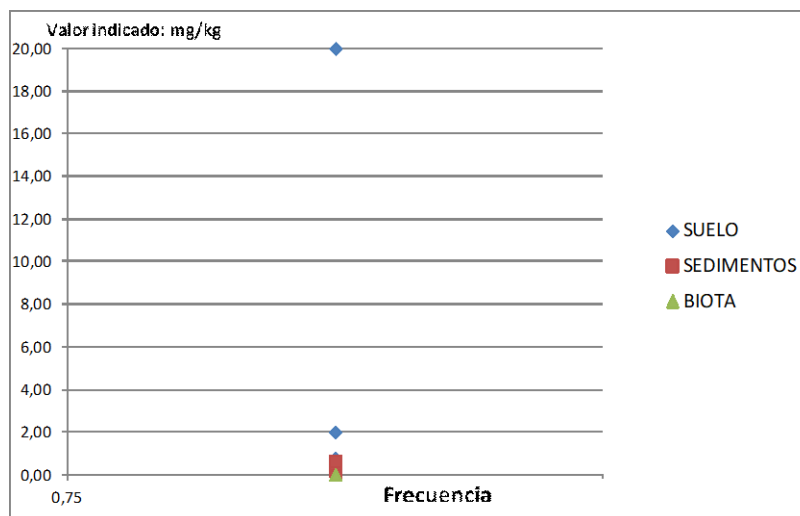
Para la matriz específica de peces, la legislación recomienda un límite de 500 µg/kg (CAA). Las instituciones públicas que indicaron sus LC tienen la capacidad analítica instalada y alcanzarían dicho valor. Por otra parte, 11 laboratorios privados determinan Hg en matriz de alimentos y 8 de los mismos informan 50 µg/kg como LC o menores. Otros 3 laboratorios no informan los LC en unidades de kg de alimentos. Se puede concluir que el 73% de los laboratorios privados nacionales cuentan con las capacidades analíticas instaladas para determinar Hg en alimentos y peces.

10.1.3. Suelos, sedimentos y biota

Para el caso de suelos, sedimentos y biota, cada valor tiene una frecuencia 1, y corresponden a los siguientes límites en orden creciente de concentración:

- ♦ Biota en medio acuático
- ♦ Sedimentos: nivel guía, límite de exposición y valor máximo
- ♦ Suelo: uso agrícola, uso residencial y uso industrial

En la Figura 44 se presentan los valores guías indicados en las diferentes legislaciones para el caso de suelos, sedimentos y biota.



Mercurio en Argentina: Estado de situación

mg/kg	n°valores	Alcance
0,80	1	Nacional
2,00	1	Nacional
20,00	1	Nacional
0,17	1	Canadá
0,49	1	Canadá
0,66	1	Canadá
0,02	1	UE

Valor indicado: Puede referirse a valores o límites máximos permitidos, nivel guía o de alarma, niveles recomendados o de protección, dependiendo de la ley a la que corresponda. **Frecuencia:** Número de veces que se repite el valor de concentración indicado, según las diferentes leyes (y sub-matrices).

Figura 44: Frecuencia de valores guías indicados en diferentes legislaciones para suelos, sedimentos y biota.

Estos resultados muestran que hay pocos valores de referencia internacional sobre cada una de estas matrices, por ello se presenta una gran dispersión de límites que prácticamente no son compartidos por los diferentes países y que en el mismo país tampoco hay un acuerdo, a pesar de que estas tres matrices están relacionadas entre sí. Sólo la Comunidad Europea como consecuencia de su constitución presenta un valor único para la biota siendo además éste el más bajo de todos.

Se observa que la legislación argentina, solamente regula el contenido de Hg en suelos, siendo el nivel guía 0,8 mg/kg, para el caso de suelos agrícolas (Ley de Residuos Peligrosos), adoptándose este como criterio más conservativo.

De acuerdo con la capacidad analítica relevada, el 100% de las instituciones públicas y privadas pueden determinar el contenido Hg para cumplir con esta legislación.

10.1.4. Aire

A nivel nacional no hay ningún límite establecido en la concentración de Hg en aire. Sin embargo, en la provincia de Buenos Aires está vigente el Decreto 1074 del 2018 que establece niveles guía de este contaminante según:

MERCURIO VAPOR (elemental) 0,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MERCURIO INORGÁNICO 0,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
MERCURIO ORGÁNICO 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Estos valores están referidos a condiciones estándares (Temperatura: 25°C y Presión: 1atm) y un tiempo promedio de captura en filtros de 8 horas.

Del análisis de los datos relevados surge que solamente 2 laboratorios privados y 1 institución pública determinan Hg en aire y poseen la capacidad analítica instalada para hacer dichas determinaciones de Hg vapor e inorgánico.

11. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN A NIVEL GLOBAL VINCULADO CON LA PRESENCIA DE MERCURIO 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, Domi sanitarios, medicamentos y productos químicos. El mismo es público y se accede desde la web del ANMAT

(<https://www.argentina.gob.ar/anmat/alertas>). No se han reportado alertas o retiros en alimentos en esta página por presencia de mercurio, período 2018-2019.

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

(<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 ASSAL (Agencia Santafecina de Seguridad Alimentaria), también cuenta con un sistema de alertas de productos

(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 la página (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)

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.

HorizonScan: <https://horizon-scan.fera.co.uk/>

Portal con alertas de alimentos la 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 2013-2018, obteniéndose un total de 777 notificaciones.

La Figura 45 presenta la cantidad de alertas detectadas por año.

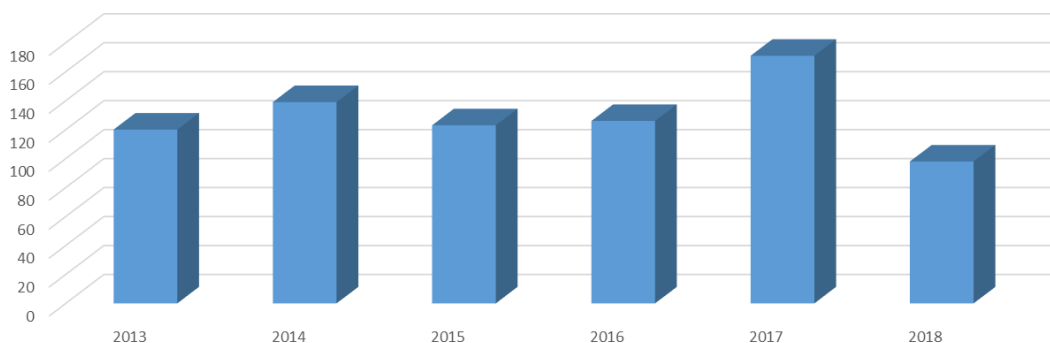


Figura 45: Frecuencia de alertas vinculadas con la presencia de Hg en alimentos durante el período 2013- 2018. Fuente: HorizonScan.

Se observa que el 2018, 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 la Figura 46, se representan los resultados obtenidos en el período mencionado y la distribución en las distintas matrices alimentarias.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

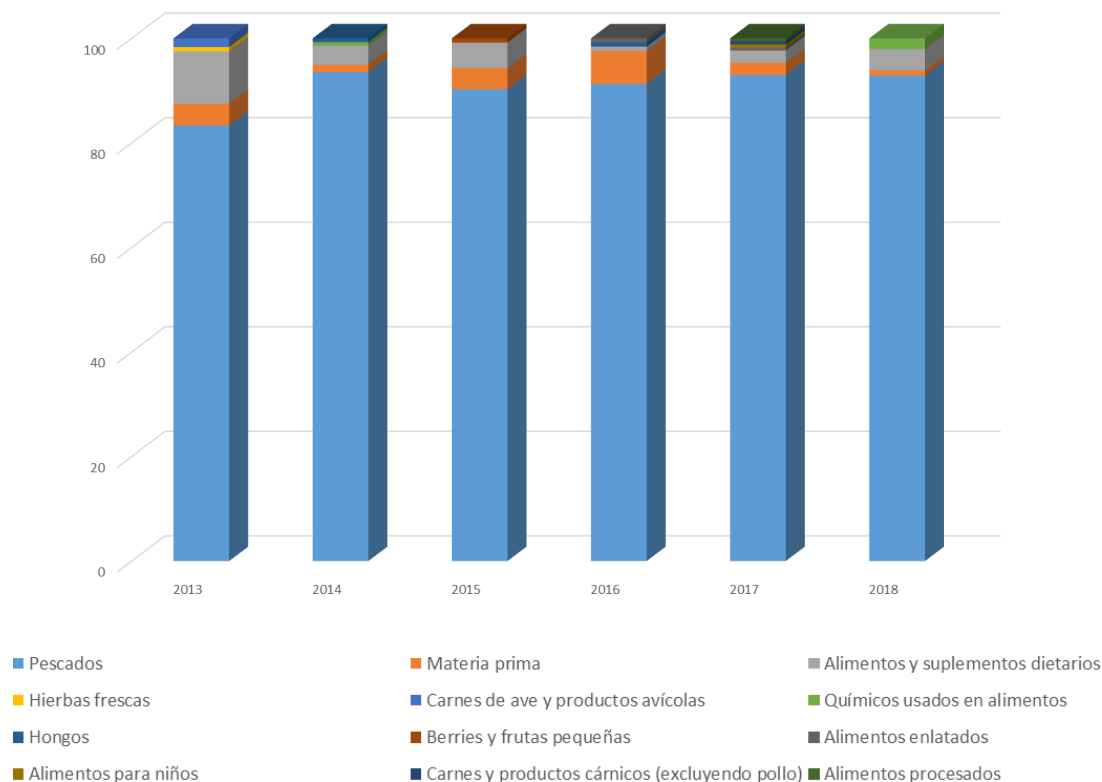


Figura 46: Frecuencia de alertas y tipo de productos vinculados con la presencia de Hg en alimentos durante el período 2013-2018. Fuente: HorizonScan.

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.

En la Figura 47 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).

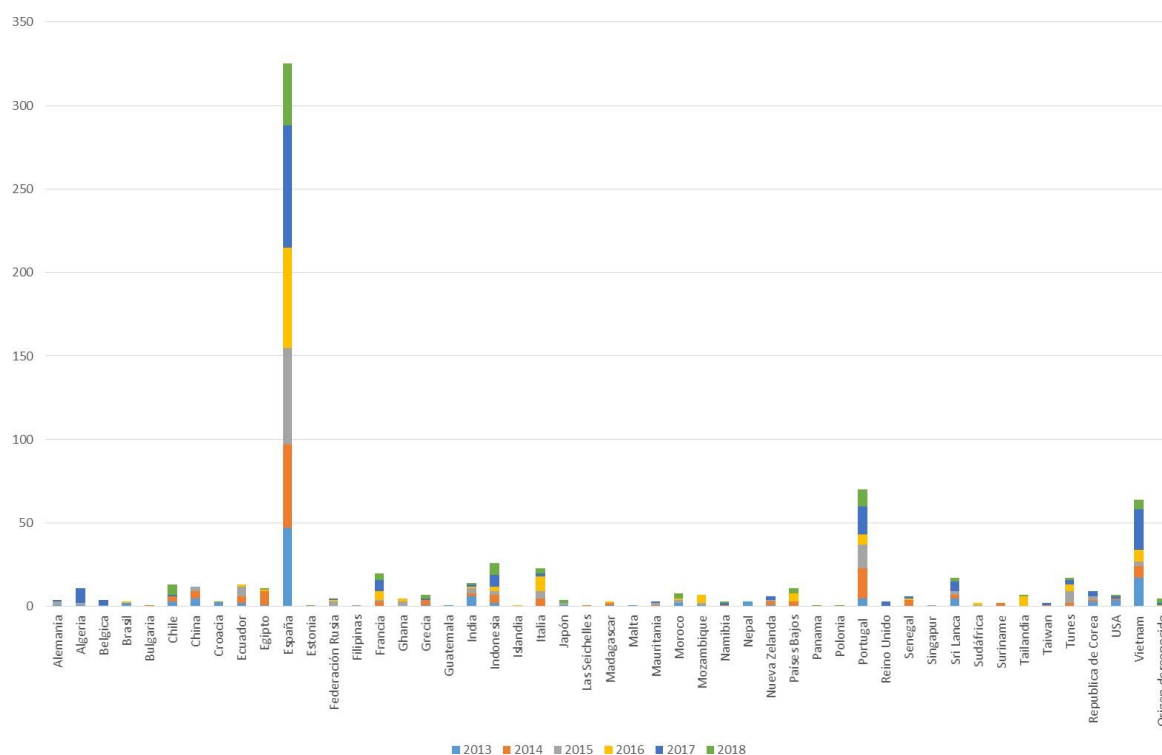


Figura 47: Frecuencia de alertas en función de los países de notificación de Hg en alimentos durante el período 2013-2018. Fuente: HorizonScan.

RASFF:

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

Incluye una red en la cual participan la Comisión, que es responsable de la gestión del sistema, la Autoridad Europea de Seguridad Alimenticia (EFSA), los 28 estados miembros de la UE, el EFTA, Noruega, Liechtenstein, Islandia y Suiza. Portal en inglés. De acceso público.

Se evaluó el período 2014-2018, observándose un total de 117 alertas vinculadas con la presencia de Hg en alimentos y piensos. En la Figura 48 se observa que durante el año 2017 tuvieron lugar la mayor cantidad de notificaciones.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

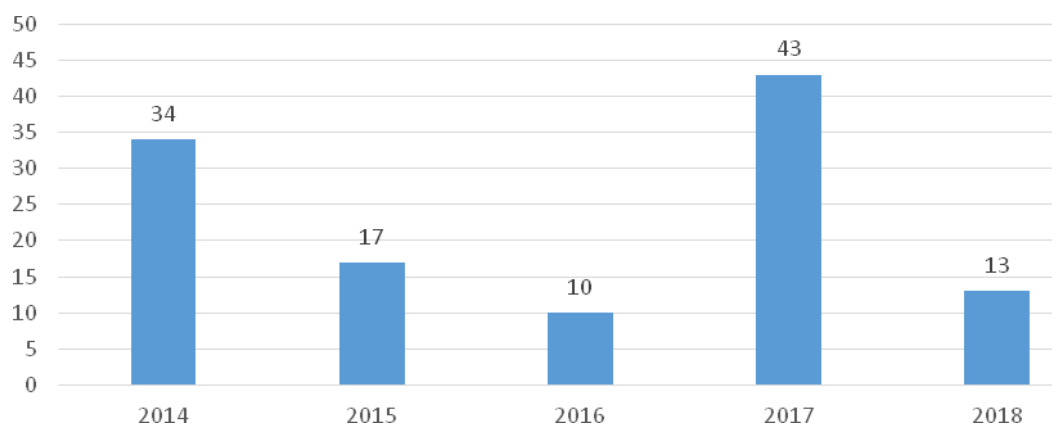


Figura 48: Frecuencia de alertas vinculadas con la presencia de Hg en alimentos durante el período 2014- 2018. Fuente: RASFF.

De los datos obtenidos, se calculó el porcentaje de notificaciones positivas para distintos tipos de productos (Figura 49).

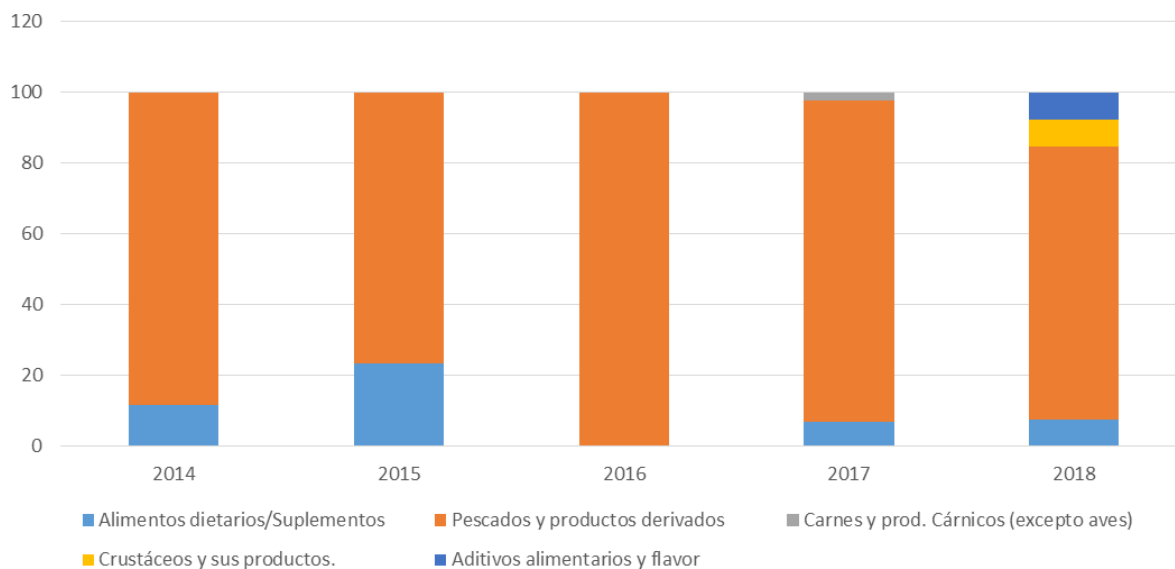


Figura 49: Frecuencia de alertas y tipo de productos vinculados con la presencia de Hg en alimentos durante el período 2014-2018. Fuente: RASFF.

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.

Por último, se menciona que, hasta la fecha, no se han relevado notificaciones en Europa vinculadas con la presencia de Hg en alimentos y piensos de origen argentino.

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 de Canadá 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 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 alimentos. Se observó la presencia de metales pesados 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%), tal como se observa en la Figura 50.

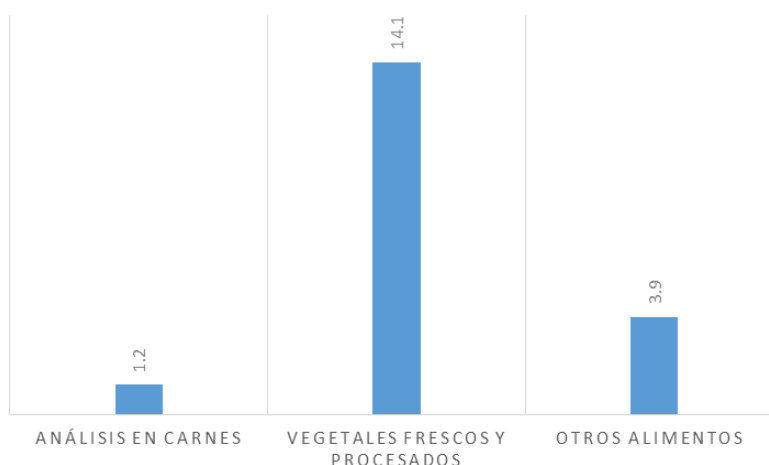


Figura 50: Presencia de metales pesados en alimentos durante el período 2014-2015 en Canadá. Fuente: Gobierno de Canadá.

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)) 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 de Health Canadá 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 el grupo *ad hoc* 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 le Figura 51.

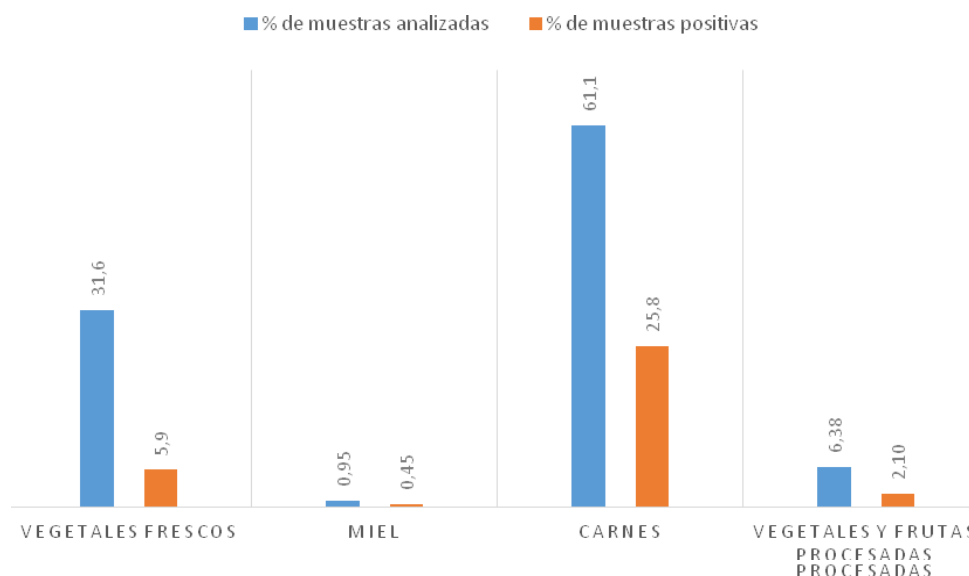


Figura 51: Presencia de Hg en alimentos durante el período 2015-2016 en Canadá. Resultados positivos: muestras que superan los 0.0001 mg/kg de Hg. Fuente: Gobierno de Canadá.

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 observa que el 73% de los datos se encuentran 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 52.

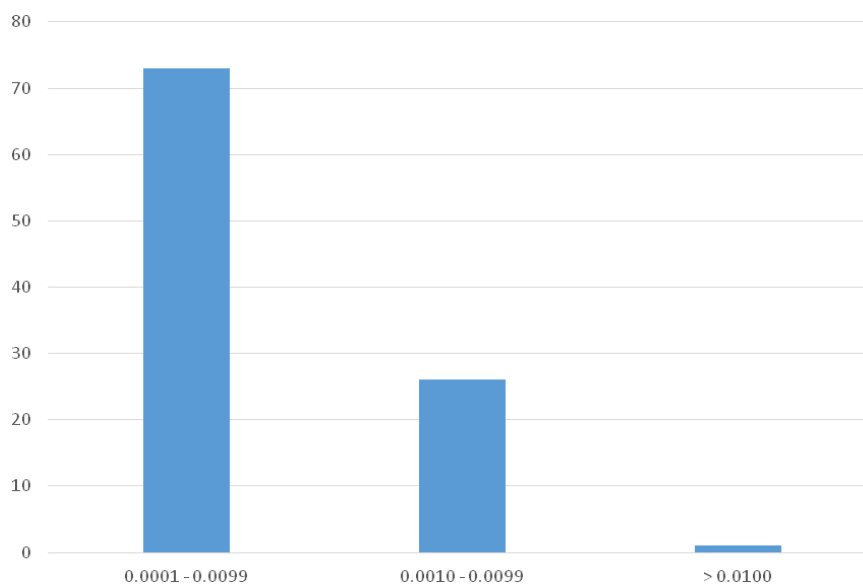


Figura 52: Rango de concentraciones de Hg en alimentos relevados durante el período 2015-2016 en Canadá. Resultados positivos: muestras que superan los 0.0001 mg/kg de Hg. Fuente: Gobierno de Canadá.

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

12. EXISTENCIA DE REDES REGIONALES DE MONITOREO DE MERCURIO

El monitoreo de sustancias químicas en el medio ambiente incluye tanto las determinaciones fisicoquímicas del aire, suelo y agua, como también un conjunto de técnicas basadas en la reacción y sensibilidad de distintos organismos vivos a diversas sustancias contaminantes presentes en un ecosistema (Biomonitoreo). Monitorear un compuesto contaminante persistente como es el Mercurio (Hg) implica la recolección y el análisis de información sobre los niveles de este metal para identificar así los cambios y tendencias en el tiempo y el lugar (Capó Martí 2009).

En el presente informe se ofrece una revisión inicial de los principales programas, iniciativas y actividades internacionales, regionales y nacionales, que contribuyen a través del monitoreo del Hg a la evaluación del estado, posibles impactos, tendencias en materia de exposición ambiental y reconocimiento de las zonas críticas y las poblaciones vulnerables en cada uno de los países miembro. Asimismo, se nombran también distintas iniciativas por parte de diversas organizaciones destinadas a reducir la contaminación por Hg y su impacto sobre la salud humana y la fauna animal.

12.1. ORGANIZACIONES DESTINADAS A REDUCIR EL IMPACTO DEL MERCURIO EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA Y ANIMAL.

12.1.1. Grupo de Trabajo de Mercurio Cero (Zero Mercury Working Group)

El Zero Mercury Working Group (ZMWG) (<http://www.zeromercury.org/>) es una coalición internacional conformada por más de 95 organizaciones no gubernamentales de salud y medioambiente de interés público de más de 50 países de todo el mundo. Su formación se originó en el año 2005 en la Oficina Europea de Medio Ambiente y el

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Proyecto de Política de Mercurio. El objetivo de este grupo de trabajo consiste en reducir al mínimo el Hg presente en el medio ambiente mundial. Su misión es apoyar la implementación de un instrumento legalmente vinculante que contenga acciones obligatorias para eliminar, cuando sea posible, y para minimizar, la oferta y el comercio mundial de Hg, la demanda mundial, las emisiones antropogénicas al medio ambiente y la exposición humana y de la fauna.

La siguiente Tabla resume las organizaciones internacionales que forman parte del ZMWG:

UNIÓN EUROPEA		
País	Organización	Web
Bélgica	European Environmental Bureau (EEB) Hygiene Publique en Hainaut Inter Environnement Wallonie (IEW)	https://eeb.org/ https://www.reseau-idee.be/adresses-utiles/fiche.php?&org_id=3274 https://www.iew.be/
República Checa	SSL - Society for Sustainable Living (STUŽ)	https://stuz.cz/

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Hungría	Clean Air Action Group (CAAG) - Levegő Munkacsoport	https://www.levego.hu/en/
Finlandia	Finnish Association for Nature Conservation	https://www.sll.fi/en/
Francia	Association Non Au Mercure Dentaire Centre national d'info.indépendante sur les déchets France Nature Environment (FNE) Solidarité Guyane	https://www.non-au-mercure-dentaire.org/ https://www.cniid.org/ https://eeb.org/fne-france-nature-environnement/ http://www.solidarite-guyane.org/
Alemania	BUND - Friends of the Earth Germany Deutsche Umwelthilfe e.V. - German Environment Aid DNR - Deutscher Naturschutzring European Academy For Environmental Medicine German Network Children's Health and Environment Verein zur Hilfe umweltbedingt Erkrankter e.V. (VHUE) IG Umwelt Zahn Medizin	http://www.climatenetwork.org/profil e/member/bund-f%C3%BCr-umwelt- und-naturschutz-deutschland-union- environment-and-nature-protection https://www.duh.de/englisch/who- we-are/ https://www.dnr.de/ https://europaem.eu/en/academy No disponible http://www.umweltbedingt- erkrankte.de/ https://www.ig-umwelt- zahnmedizin.de/
Grecia	Elliniki Etairia Mediterranean SOS Network Pan-Hellenic Network Of Ecological Organizations Ecocity	http://en.ellet.gr/ https://www.annalindhoundation.org /members/mediterranean-sos- network http://www.pandoiko.org/ http://www.ecocity.gr/

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Irlanda	Voice of Irish Concern for the Environment	https://voiceireland.org/
Italia	Association for the Environmental and Chronic Chemical Exposure Injury Legambiente	https://www.legambiente.it/
Luxemburgo	AKUT ASBL	http://akut.lu/
Polonia	Centrum Prawa Ekologicznego (CPE) - Environmental Law Center	http://cpe.eko.org.pl/cpe.html
Portugal	QUERCUS - Associação Nacional de Conservação da Natureza ZERO – Associação Sistema Terrestre Sustentável	https://www.quercus.pt/ https://zero.org/
España	Ecologistas en Acción Mediterrania - Initiatives Ecology Center (CIE) Mercuriados	https://www.ecologistasenaccion.org/ https://www.miteco.gob.es/es/cenea/m/programas-de-educacion-ambiental/programas-de-otras-entidades/mediterrania.aspx http://www.mercuriados.org/es/pag107
Suecia	Air Pollution and Climate Secretariat - Luftförorenings- och klimatsekretariatet Swedish Society for Nature Conservation - Naturskyddsföreningen	http://www.airclim.org/ https://www.naturskyddsforeningen.se/en/about-us
Reino Unido	FoE England, Wales & Northern Ireland - Friends of the Earth	https://foeeurope.org/england-wales-northern-ireland
EUROPA CENTRAL Y ORIENTAL		
Armenia	Armenian Women for Health And Healthy Environment	http://awhhe.am/
Azerbaiyán	Ecological Society “Ruzgar”	http://www.ruzgar-ngo.org/site/
Bielorrusia	Foundation for Realisation of Ideas	No disponible
República de	Association of Doctors for the	No disponible

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Macedonia	Environment	
Georgia	Georgian Environmental and Biological Monitoring Organisation	http://www.wecf.eu/english/about-wecf/network/members/bio_georgia.php
Kirguizstán	Independant Ecological Expertise	http://eco-expertise.org/
Letonia	Latvia - Zemes draugi - FoE Latvia	http://www.zemesdraugi.lv/
Rusia	Center "Ecology and Health" / Dep. Chemistry - Moscow State University Eco-Accord	http://www.chem.msu.ru/eng/ http://www.ecoaccord.org/about_e.htm
Serbia	Safer Chemicals Alternative - ALHem	http://alhem.rs/en/o-alhem/ko-je-alhem/
ÁFRICA		
Camerún	Research and Education Center for Development (CREPD)	No disponible
Ghana	Friends of the Nation (FoN)	http://fonghana.org/
Costa de Marfil	Jeunes volontaires pour l'Environnement (JVE)	http://jve-international.net/
Kenia	iLIMA CEJAD	No disponible http://cejadkenya.org/
Mauricio	Pesticides Action Network (PAN)	http://pan-international.org/africa/
Marruecos	SEEPOM	https://ipen.org/country/morocco
Nigeria	Jeunes Volontaires pour l'Environnement Niger Sust. Research and Action for Environmental Development (SRADev) Pan African Vision for the Environment	http://jveniger.org/ http://sradev.org/ https://namati.org/network/organization/pan-african-vision-for-the-environmentpave/
South África	Ground Work – Friends of the Earth	https://www.foei.org/member-groups/africa/south-africa

Mercurio en Argentina: Estado de situación

Togo	Alliance Nationale des Consommateurs et de l'Environnement (ANCE)	https://www.bothends.org/en/Cooperation/Partner-organisations/ANCE---Alliance-Nationale-des-Consommateurs-et-de-l-Environnement
Túnez	Assoc. de protection de l'environ. et du dév. durable de Bizerte (APEDDUB) Association pour la Protection de la Nature et de l'Environnement de Kairouan (APNEK)	http://www.ppioscan.org/organisations/association-pour-la-protection-de-l-environnement-et-le-developpement-durable-de-bizerte-apeddub/ http://jamaity.org/association/association-pour-la-protection-de-la-nature-et-de-l-environnement-kairouan/
Uganda	Earthsavers Movement Uganda Chapter National Association of Professional Environmentalist (NAPE) Pro-biodiversity Conservationists in Uganda (PROBICOU)	http://earthsaversmovementugandachapter.blogspot.com/ http://www.nape.or.ug/ https://www.povertyandconservation.info/en/org/o0367
ASIA		
Australia	The National Toxics Network	https://ntn.org.au/
Bangladesh	Environment and Social Development Organization (ESDO)	https://www.facebook.com/esdobd/
China	Global Village of Beijing Green Anhui	http://www.climate-network.org/profile/member/global-village-beijing http://www.chinadevelopmentbrief.cn/directory/green-anhui/
India	Society for Sustainable Development Toxics Link	http://www.sedindia.org/ https://www.toxicslink.org/
Indonesia	BaliFokus Foundation	https://www.balifokus.asia/
Líbano	INDYACT - The League of Independent Activists	https://es.facebook.com/pg/indyact.org/about/
Japón	Citizens against Chemicals Pollution	http://www.ne.jp/asahi/kagaku/pico/ken

Mercurio en Argentina: Estado de situación

	(CACP) Toxic Watch Network Japan	kyuukai/CACP_Profile_e.pdf https://toxwatch.net/en/the-prtr-in-japan/
Korea	Korea Federation of Environmental Movements	http://kfem.org/who-we-are
Malasia	Consumers Association of Penang (CAP)	https://es.consumersinternational.org/members/members/consumers-association-of-penang-cap
Mongolia	Environment and Health Center	http://www.ianphi.org/membercountries/memberinformation/mongolia.html
Nepal	CEPHED	http://cephed.org.np/
Pakistán	Sustainable Development Policy Institute (SPDI)	http://www.sdpi.org/
Filipinas	Ban Toxics! Global Alliance for Incinerator Alternatives (GAIA) Health Care Without Harm Southeast Asia	http://bantoxics.org/ http://www.no-burn.org/ https://noharm-asia.org/
Siria	Syrian Environment Protection Society (SEPS)	https://www.annalindhoundation.org/members/syrian-environment-protection-society-seps
Tailandia	Campaign for Alternative Industry Network National Research Center for the Environment and Hazardous Waste and Management	https://asiafoundation.org/projects/campaign-for-alternative-industry-network/ No disponible
Vietnam	Center for Community Health and Injury Prevention (CCHIP) Research Centre for Gender, Family and Environment in Development (CGFED)	No disponible https://www.endslaverynow.org/research-centre-for-gender-family-and-environment-in-development-cgfed

Mercurio en Argentina: Estado de situación

AMÉRICA		
Estados Unidos	Environmental Health Found Mercury Policy Project (MMP) Natural Resources Defence Council (NRDC) Safeminds The Sierra Club Turtle Island Restoration Network California Indian Environmental Alliance Green Purchasing Institute Center for International Environmental Law (CIEL) Institute for a Sustainable Future	No disponible http://mercurypolicy.org/ https://www.nrdc.org/content/be-force-nature https://safeminds.org/about/ https://www.sierraclub.org/home https://seaturtles.org/ http://www.ciea-health.org/ https://www.linkedin.com/company/green-purchasing-institute https://www.ciel.org/ http://www.isfusa.org/
Canadá	Artisanal Gold Council Clean Air Foundation Inuit Circumpolar Council Pollution Probe	http://www.artisanalgold.org/ No disponible https://www.inuitcircumpolar.com/icc-canada/ https://www.pollutionprobe.org/
México	Centro de Análisis y Acción en Tóxicos y sus Alternativas (CAATA)	No disponible
Argentina	Asociación Argentina de Médicos por el Medio Ambiente (AAMMA) Salud Sin Daño - HCWH Latino América	https://www.aamma.org/ https://saludsindanio.org/
Brasil	Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte (APROMAC), State of Paraná Associação de Combate aos POPs (ACPO)	http://www.web-resol.org/site/ongs2_ing.php?id=2670 https://acpo.org.br/

	TOXISPHERA Environmental Health Association	https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14132/Letter%20to%20join%20GAELP TOXISPHERA BRAZIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
Suriname	WWF	http://www.wwfguianas.org/
Uruguay	RAP-AL Uruguay, Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina	http://www.rapaluruguay.org/que.html

12.1.2. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe (BCCC)

El Centro Coordinador -Uruguay- consolidado –conjuntamente con los Centros Regionales: Centro Regional del Convenio de Basilea para América del Sur (CRBAS) - Argentina-, Centro Regional del Convenio de Basilea para Centroamérica y México -El Salvador- y Centro Regional del Convenio de Basilea para el Caribe -Trinidad y Tobago-, es una red de instituciones de referencia, que conducen a los países de la región GRULAC en un proceso de cooperación y coordinación regional que permita la creación y el fortalecimiento de capacidades y especialización para la implementación de los Convenios de Basilea y Estocolmo, a través de la capacitación de actores claves en la gestión integral y ambientalmente adecuada de sustancias y residuos peligrosos, en la elaboración y difusión de información especializada y en la ejecución de proyectos.

Dentro de las sustancias con las que más se ha trabajado y se trabaja en dichos Centros se encuentra el Hg. El BCCC trabajó en el desarrollo de proyectos de gestión ambiental, planes para la gestión de riesgo, minimización y manejo de residuos y el desarrollo de la evaluación inicial del Convenio de Minamata en América Latina y el Caribe. (<http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/>). El CRBAS, emplazado en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) ejecutó diversos proyectos tales como “Almacenamiento y disposición ambientalmente adecuados de mercurio elemental y sus residuos en la República Argentina”, “Minimización y manejo ambientalmente seguro de los desechos que contienen mercurio en plantas de cloro-álcali en la República Argentina” y un Proyecto preparatorio para facilitar la implementación de un instrumento legalmente vinculante en la Argentina para proteger

la salud y el ambiente.

12.1.3. Centro Tecnológico del Mercurio (España)

El Centro Tecnológico del Mercurio es un centro nacional español que lleva a cabo iniciativas para la investigación y el desarrollo tecnológico aplicado a la problemática medioambiental del Hg y de sus riesgos para la salud. Este centro ofrece apoyo científico y tecnológico a empresas u organismos en la disminución y/o eliminación de riesgos relacionados con su presencia en productos, emisiones y residuos, así como también su participación en proyectos y estudios de ámbito internacional, como base de apoyo tanto a problemas concretos como en la toma de decisiones internacionales (Centro Tecnológico del Mercurio, <http://www.ctndm.es/>).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el Centro Regional de Basilea y Estocolmo- LATU Uruguay han manifestado que el Centro Tecnológico del Mercurio es un referente a nivel mundial en el tratamiento del Hg dado que trata diversos aspectos tales como los procesos de degradación y contaminación de suelos, las técnicas de recuperación de suelos contaminados, la toma de muestras, la evaluación del riesgo ambiental de la contaminación, y tareas de monitoreo y vigilancia de escombreras, entre otros. En este sentido, el Centro Tecnológico ha participado en diversas capacitaciones, talleres y seminarios internacionales desarrollados para América Latina y El Caribe desde el año 2012, a fin de que los países de esta región y que actualmente son miembros parte del Convenio de Minamata puedan fortalecer sus conocimientos y capacidades en el manejo del Hg (www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/)

12.2. REDES DE MONITOREO DE MERCURIO EN EL MUNDO

12.2.1. Monitoreo atmosférico

Estas redes de monitoreo se han establecido en numerosas regiones del mundo para medir concentraciones de Hg en muestras ambientales (ej: aire). Algunas de las redes integrantes, programas o proyectos involucrados en este grupo se mencionan a continuación:

- *Canadian Air and Precipitation Monitoring Network (CAPMoN)*: posee varias estaciones para monitorear Hg en el aire y en precipitaciones.

Mercurio en Argentina: Estado de situación

- *The Australian National Pollutant inventory (NPI)*: encargada de monitorear Hg en aire, agua y suelos.
- Japón cuenta con dos redes de monitoreo de Hg, operadas por i) el *National Institute for Minamata Disease (NIMD)* y el *National Institute for Environmental Studies (NIES)/Ministry of Environment (MOE)*. Se trabaja en el monitoreo mensual de Hg atmosférico en numerosas estaciones de monitoreo.
- *National institute of Environmental research (NIER)* (Korea)
- *Vietnamese Centre for Environmental Monitoring (CEM)*, con estaciones de monitoreo ambientales habilitadas desde 2017.
- *Taiwanese Environmental Protection Administration*, encargada de coleccionar semanalmente agua de lluvia para su determinación de Hg desde el año 2009.
- *National Metals Network* (Reino Unido).
- *Hungarian Air Quality Monitoring Network*.
- *Polish State Environmental Monitoring programme*. Es un programa que tienen como objetivo monitorear Hg atmosférico mediante cinco estaciones y diseminar la información obtenida.
- *Department of Environment and Sustainability* (Andorra).
- *Austrian Federal Research Centre* (Austria).
- Además, dentro de la Unión Europea, las mediciones del Hg gaseoso total en el ambiente se realizan en sitios rurales de fondo según la Directiva de la UE 2004/107 / EC.
- GMOS12, coordinado por el Instituto de Investigación de la Contaminación Atmosférica del Consejo Nacional de Investigación de Italia (CNR-IIA). Posee más de 40 sitios de monitoreo ubicados en los hemisferios norte y sur para evaluar la distribución mundial de Hg y sus compuestos. Seis estaciones de monitoreo se ubican en Latinoamérica y el Caribe, una de ellas en Argentina (Bariloche) (<http://www.gmos.eu/>).
- Global Atmospheric Passive Sampling Networks (GAPS). La red GAPS es un programa clave para producir datos comparables a escala global para contaminantes orgánicos persistentes (COPs). Este programa, impulsado por el gobierno de Canadá, se inició en diciembre de 2004 y consta de más de 50 sitios en siete continentes. La red GAPS realiza mediciones de COPs y sustancias químicas prioritarias en el aire a fin de demostrar la viabilidad de los detectores de muestras pasivos (PAS); determinar

tendencias espaciales y temporales; detectar e identificar nuevos productos químicos; y aportar datos relevantes para evaluar el transporte atmosférico regional y global de largo alcance (Pozo *et al*, 2006).

- Aquatic Global Passive Sampling (AQUA-GAPS). Al igual que la red GAPS, este es un programa para el monitoreo de contaminantes orgánicos en el agua (por ejemplo, COPs y otros contaminantes de interés). Inicialmente, AQUA-GAPS demostrará funcionamiento a través de dos estudios de prueba enfocados en la detección de COP heredados y emergentes en sitios de agua dulce y costeros marinos que utilizan detectores de muestreo pasivos de polietileno y silicona. AQUA-GAPS se configura como una red descentralizada, que está abierto a otros participantes de todo el mundo para participar o iniciar nuevos estudios sobre la presencia de COPs emergentes en África, América Central y América del Sur (Lohmann *et al*, 2017).

LA SITUACIÓN DE LATINOAMÉRICA Y ARGENTINA

Los países de América Latina y el Caribe que emiten altas cantidades de Hg como resultado de las operaciones de la minería carecen de redes de monitoreo regionales y nacionales (con la excepción de las estaciones nacional de Brasil y GMOS). Brasil también posee diversas redes de monitoreo, una de ellas es *CETESB 6 (Companhia Ambiental do Estado de Sao Paulo)*, que realiza monitoreos continuos en varias matrices, tales como aguas, aire, suelo, sedimentos y peces.

Para poder comprender la distribución del Hg atmosférico a nivel mundial es necesario contar con nuevas estaciones de monitoreo, o establecer nuevas redes nacionales, no solamente en América Latina y el Caribe, sino también en África y Asia.

En la Argentina, la Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental (SCyMA) coordina la Red Federal de Monitoreo Ambiental (REDFEMA), que tiene por objetivo integrar estaciones de monitoreo de agua, aire y suelo, de carácter público o privado, para constituir un sistema organizado, dinámico e integral de medición, almacenamiento, transmisión, y procesamiento de datos, que permitan monitorear de manera continua la calidad de los cuerpos de agua, el aire y suelo de las distintas regiones de la República Argentina. Además, el entonces Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable a través de la **Resolución 249-E/2017** resolvió crear la RED NACIONAL DE LABORATORIOS AMBIENTALES en la órbita de la SECRETARÍA DE CONTROL

Y MONITOREO AMBIENTAL del MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE, la cual deberá, entre otras acciones, complementar las actividades de los organismos internacionales, como así también los relevamientos de capacidades y la conformación de redes como la Red Global de Monitoreo de COPs y Mercurio del PNUMA (<https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/163440/20170511>).

-Cuenca del Pilcomayo

La cuenca del río Pilcomayo, perteneciente al sistema de la Cuenca del Plata, abarca una importante región de recursos naturales de Latinoamérica, compartida por Argentina, Bolivia y Paraguay. La misma experimenta procesos naturales y antrópicos que hacen necesaria una gestión coordinada y armónica de sus recursos hídricos por parte de los tres países que la comparten.

En ese contexto, los gobiernos de los tres países han consolidado su punto de vista de Cuenca Trinacional unificando criterios e impulsando objetivos comunes. Especialistas del miembro definieron en el año 2006, la realización de monitoreos mensuales y semestrales en la Cuenca, consensuando las metodologías analíticas, los puntos de monitoreo y frecuencias para contar con datos analíticos confiables para su interpretación.

La determinación de Hg en aguas (filtradas y sin filtrar) de la cuenca del río Pilcomayo se realiza de manera mensual o semestral dependiendo del punto de monitoreo. La Base de Datos Única (BDU) incluye los resultados analíticos obtenidos de las muestras de agua tomadas en las oportunidades consignadas por técnicos del Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro y de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Trinacional y también, resultados analíticos de muestras obtenidas por otros equipos de monitoreo. *Para tener acceso a los datos y sus reportes, por decisión del Consejo de Delegados, se debe solicitar habilitación a la Dirección Ejecutiva de la Comisión Trinacional (CTN) (www.pilcomayo.net).*

- Redes GAPS y AQUA-GAPS.

Tanto en Argentina, como a lo largo de toda Latinoamérica, se encuentran diversos puntos de muestreo en agua y aire que participan activamente de las redes GAPS

(Lohmann *et al*, 2017; Rauert *et al*, 2018). Actualmente, la bibliografía no reporta resultados sobre el monitoreo de Hg en estas redes.

12.2.2. Biomonitoreo humano

Varios países, incluyendo Austria, Bélgica, República Checa, Francia, Alemania, Italia, Eslovenia, España, Suecia, Canadá, Estados Unidos, Korea, Colombia y Brasil han realizado aportes sobre biomonitoreo humano en relación con la exposición al Hg. Algunos de ellos se detallan a continuación:

- *The German Environmental Survey (GerES)*, realiza estudios de monitoreo en personas de 3 a 17 años de más de 160 ciudades y municipios alemanes.
- *Swedish Environmental Protection Agency*, monitorea Hg en sangre, orina y pelo humano desde 1990.
- En Japón, la Oficina de Evaluación de Riesgos Ambientales del Departamento de Salud Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente llevó a cabo un proyecto titulado "Encuesta sobre la exposición a dioxinas y otros compuestos químicos en seres humanos". En el marco del proyecto, se miden los niveles de Hg en sangre.
- En Colombia, el Instituto Nacional de Salud y el Ministerio de Salud y Seguridad Pública realizaron varias encuestas nacionales sobre el efecto del Hg en la salud humana. El biomonitoreo humano, que incluyeron mediciones de los niveles en sangre, orina y cabello humano, tuvo lugar entre 2007 y 2011 como parte del Sistema de Vigilancia de la Salud Pública (SVSPC).
- *Brazilian environmental agency CETESB* también realiza monitoreo en matrices biológicas.
- El Proyecto Mundial de Monitoreo de Mercurio en la Pesca y la Comunidad (GFC MMP) es llevado a cabo por varios países, donde se seleccionaron sitios caracterizados por fuentes puntuales de emisiones.

Se analizaron muestras de cabello en 8 países, a saber: Camerún, Islas Cook, Indonesia, Japón, México, Rusia, Tailandia y Tanzania.

LA SITUACIÓN DE LATINOAMÉRICA Y ARGENTINA

Actualmente, la información de monitoreo de mercurio en matrices biológicas humanas no es suficiente para proporcionar información geográficamente representativa y equilibrada sobre el biomonitoreo humano. Los esfuerzos realizados a nivel nacional y regional en América Latina y el Caribe (con la excepción de Brasil y Colombia, que a través de la CETESB y el SMSPC realizan monitoreo de Hg en matrices biológicas, o México como parte del GFC), África, Asia (con la excepción de Japón y la República de Corea) y Australia y Oceanía son limitados. Algunos estudios desarrollados por la comunidad científica han contribuido con la generación de conocimiento sobre la exposición humana al mercurio en estas regiones.

12.2.3. Monitoreo en biota

En Noruega, el programa del Instituto Nacional Noruego de Investigación de Nutrición y Mariscos controla los niveles de Hg en los productos pesqueros. La Agencia Sueca de Protección Ambiental, como parte de su Programa Nacional de Monitoreo, también está monitoreando los niveles en el pescado desde finales de los años 60. En España, el Centro de Investigación de Energía, Medio Ambiente y Tecnología (CIEMAT) de España está monitoreando Hg en muestras ambientales, incluida la biota, desde 1999. Italia, España, Rusia, República Checa, Reino Unido, Polonia, Canadá, Estados Unidos, Japón, Corea, Colombia y Brasil también realizan monitoreos continuos en biota (ejemplo: peces, moluscos).

LA SITUACIÓN DE LATINOAMÉRICA Y ARGENTINA

Respecto a la cobertura geográfica de las redes en el monitoreo de mercurio en biota sigue siendo necesaria una mayor participación de las regiones de América Latina y el Caribe en el monitoreo de Hg en biota (con excepción de Brasil y Colombia que, como se mencionó anteriormente, realizan monitoreos continuos en biota mediante la CETESB y el SMSPC).

13. CONCLUSIONES FINALES

LIMITACIONES DEL INFORME

Las principales limitaciones del estudio se relacionan con la dificultad que tuvo el grupo *ad hoc* para relevar datos estadísticamente confiables vinculados con la presencia de Hg en diferentes matrices. Se menciona que, a excepción de la matriz “aguas”, en Argentina no existen programas de monitoreo de metales pesados (en donde se incluya al mercurio) en matrices tales como aire, suelos, sedimentos y alimentos. Si bien SENASA cuenta con el plan CREHA, el mismo no proporciona datos vinculados con la procedencia de las muestras analizadas, ni valores numéricos, sino que establece si las muestras analizadas son “Positivas”, “Positivas excedidas” o “No Detectadas”, lo que dificulta realizar análisis estadísticos.

Por otra parte, resulta dificultoso que los laboratorios privados compartan información propia o de sus clientes con el sector de Ciencia y Técnica para su análisis.

PRINCIPALES RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se describen las principales conclusiones del informe realizado por el grupo *ad hoc* de la RSA:

-Se realizó una completa evaluación del estado actual del mercurio (Hg) en Argentina con un enfoque transversal.

-Se relevaron 82 trabajos científicos realizados en Argentina vinculados con la presencia de Hg en diferentes matrices tales como suelos, sedimentos, aire, aguas y alimentos, entre otros.

-Mediante la realización de una encuesta se lograron contactar y relevar un total de 56 instituciones con capacidad analítica instalada para determinar Hg en diferentes matrices (32 instituciones públicas y 24 privadas), las cuales se encuentran radicadas en diferentes provincias del país.

-Desde el punto de vista analítico, para el caso de las instituciones públicas se relevaron al menos 9 técnicas diferentes destinadas a la determinación de Hg en diferentes matrices (con una enorme diversidad de límites de detección y cuantificación dependiendo tanto de la matriz como de la técnica empleada), mientras que para el caso de los laboratorios privados se relevaron al menos 4 técnicas analíticas diferentes. Asimismo, la mayoría de las instituciones públicas poseen el equipamiento necesario para medir Hg total, siendo muy pocas las instituciones con el equipamiento para realizar análisis de especiación. Para el caso de los laboratorios privados relevados, solamente 1 de ellos manifestó contar con la capacidad para realizar este tipo de ensayos.

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.

-Mediante la realización de una encuesta se identificaron 23 grupos de investigación vigentes relacionados con la temática del Hg, radicados en 11 provincias del territorio argentino. Se advierte la carencia de datos y/o grupos de investigación que enfoquen el estudio de las concentraciones de Hg en determinadas zonas geográficas del país (por ejemplo, en el norte). Otra carencia advertida radica en la ausencia de datos vinculados con la determinación de Hg en poblaciones humanas de riesgo dentro del país.

-Se realizó un relevamiento de resultados analíticos disponibles (generados en Argentina) relacionados con la presencia de Hg en suelos, sedimentos, aguas y alimentos. Se contó con un total de 10 fuentes diferentes de información (4 entidades públicas, 3 laboratorios privados y 3 grupos de investigación).

-Se logró recopilar un total de 53.867 resultados pertenecientes a diferentes matrices y tipos de productos, de los cuales el 2% correspondieron a datos aportados por grupos de investigación, el 5,9% por laboratorios privados y el 92,1% por instituciones públicas. Las muestras de aguas representaron el 91,76% del total de los datos relevados, luego

continuaron los correspondientes a alimentos (5,83%) y en tercer lugar los productos animales (2,18 %) (corresponden a los datos provistos por el SENASA para el plan CREHA: bovinos faenados, ovinos, porcinos, aves, pesca y leche cruda).

Cabe destacar que se relevaron muy pocos datos relacionados con la presencia de Hg en sedimentos y peces (0,12 y 0,11%, respectivamente), a pesar de la relevancia de estas dos matrices en la problemática del Hg.

-Los datos relevados de muestras de aguas correspondientes a un período de 5 años y en distintas localizaciones, no resultaría suficiente para indicar la existencia de una problemática puntual vinculada con la presencia de Mercurio en diferentes tipos de aguas. A modo indicativo, la tendencia de desvíos frente a valores regulados de alcance nacional es mayor para aguas de proceso industrial, seguido por aguas superficiales, aguas de suministro y aguas de pozo en último lugar.

Sería interesante que todas las provincias del país estén dispuestas a informar los resultados de los monitoreos realizados de manera de contribuir a un análisis más completo del país en su conjunto respecto de esta problemática.

-Considerando la cantidad de ambientes acuáticos, y biodiversidad de nuestro país se evidencia la necesidad de profundizar y completar los estudios en las diferentes cadenas tróficas. Además, teniendo en cuenta que Argentina es un país exportador, los estudios en alimentos provenientes de animales acuáticos debieran sistematizarse y profundizarse, particularmente en las cadenas tróficas donde participen especies comerciales de consumo humano.

-En total se recabaron 3.140 datos relacionados con la presencia de Hg en alimentos provenientes de 6 regiones del país. Del total de alimentos relevados, se detectaron mayores concentraciones de Hg para los casos de carne y envasados de pescado. De todas maneras, 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).

Los resultados relevados por el grupo *ad hoc* reflejan que el Hg se concentra principalmente en hígado y músculos. En base a los resultados obtenidos, sería interesante establecer un programa de monitoreo de Hg en peces de consumo, tanto

interno como de exportación, de manera de avanzar con el conocimiento ya generado en el tema, e incluyendo información científica en las campañas de promoción de consumo de pescado.

Asimismo, se debería prestar especial atención a la investigación de Hg en peces y a su posible vinculación con la presencia en sedimentos y la potencial exposición de la vida acuática ya que existen algunos trabajos al respecto que indican la relación entre altas concentraciones de Hg en sedimentos (teniendo como referencia legislación canadiense) y en peces de esos ecosistemas.

-Se relevaron un total de 20 leyes nacionales, federales, provinciales, binacionales e internacionales vinculadas con la determinación de Hg en aire, suelos, sedimentos, biota, aguas y alimentos (cada una con sus valores recomendados y/o límites máximos).

-Se recabó información vinculada con alertas y/o rechazos relacionados con la presencia de Hg en alimentos de importación a nivel nacional e internacional. Hasta el momento no se han reportado alertas y/o retiros de alimentos por presencia de Hg en Argentina. De las 777 notificaciones recibidas durante el periodo 2013-2018 a nivel mundial por presencia de Hg en alimentos, el 90% de los casos, correspondieron a pescados frescos y procesados, el 4% a suplementos alimentarios, y el 3% a materias primas, siendo España, Portugal y Vietnam, los países con mayor cantidad de notificaciones recibidas (productos provenientes de estos países).

-Se realizó una profunda revisión de los principales programas, iniciativas y actividades internacionales, regionales y nacionales en 58 países, los cuales contribuyen a través de la monitorización del Hg a la evaluación del estado, posibles impactos, tendencias en materia de exposición ambiental y reconocimiento de las zonas críticas y las poblaciones vulnerables en cada uno de los países miembro. Asimismo, se identificaron las principales redes regionales de monitoreo de mercurio en matrices ambientales y alimentos.

14. REFERENCIAS

1. Arcagni, M.; Campbell, L.; Arribére, 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.
2. Arcagni, M.; Rizzo, A.; Juncos, R.; Pavlin, M.; Campbell, L.M.; Arribere, 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.
3. Arcagni, M.; Juncos, R.; Rizzo, A.; Pavlin, M.; Fajon, V.; Arribere 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.
4. Arribere, M.A.; Ribeiro Guevara, S.; Sánchez, R.S.; Gil, M.I.; Ross, G.R.; Daurade, L.E.; Fajon, V.; Horvat, M.; Alcalde, R.; Kestelman, A.J. 2003. Heavy metals in the vicinity of a chlor-alkali factory in the upper Negro River ecosystem, Northern Patagonia, Argentina. *Science of the Total Environment*, 301: 187-203.
5. Arribere, M.A.; Ribeiro Guevara, S.; Bubach, D.F.; Vigiano, P.H. 2006. Trace elements as fingerprint of lake of provenance and of species of some native and exotic fish of Northern Patagonian lakes. *Biological Trace Element Research*, 111: 71-95.
6. Arribere, M.A.; Ribeiro Guevara, S.; Bubach, D.F.; Arcagni, M.; Vigliano, P.H. 2008. Selenium and mercury in native and introduced fish species of Patagonian Lakes, Argentina. *Biological Trace Element Research*, 122: 42–63.
7. Arribere, 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.

8. Arriberé, M.A.; Cambell, 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.

9. 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.

10. Avigliano, E.; Lozano, C., Plá, R.R.; Volpedo, A.V. 2016. Toxic element determination in fish from Paraná river delta (Argentina) by neutron activation analysis: tissue distribution and accumulation and health risk assessment by direct consumption. Journal of Food Composition and Analysis, 54: 27–36.

11. 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.

12. 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.

13. Berdouses E.; Vaidyanathan T.K.; Dastane A.; Weisel C.; Houpt 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.

14. 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.

15. 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.

16. Boletín Oficial de la República Argentina. www.boletinoficial.gob.ar

17. 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.

18. 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.

19. Butí, C.; Cancino, F.; Ferullo, S.; Gamundi, C. 2015. Diversidad y evaluación toxicológica de peces como indicadores de contaminación por mercurio, plomo, cadmio, cobre, arsénico, Provincia de Tucumán República Argentina. *Serie de Conservación de la Naturaleza*, 20.

20. Cáceres Saez, I.; Dellabianca, N.A.; Goodall, R.N.P.; Cappozzo, L.; Ribeiro Guevara S. 2013. Mercury and selenium in subantartic Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus c. commersonii*). *Biological Trace Element Research*, 151: 195–208.

21. 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).

22. 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 subantartic waters. *Chemosphere*, 138: 735–

743.

23. 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.
24. Cáceres-Saez, I.; Haro, D.; Blank, O.; Aguayo Lobo, A.; Dognac, C.; Arredondo, C.; Cappozzo, 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.
25. Campoy-Díaz, A.D.; Arriberé, M.A.; Guevara, S.R.; Vega, I.A. 2018. Bioindication of mercury, arsenic and uranium in the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda, Ampullariidae): bioconcentration and depuration in tissues and symbiotic corpuscles. *Chemosphere*, 196: 196–205.
26. Capó Martí, M.A. 2009. Principios de ecotoxicología: diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente, Editorial Tébar Flores.
27. coordinador de Basilea, Centro regional de Estocolmo. América Latina y el Caribe. www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy.
28. Centro Tecnológico del Mercurio. www.ctndm.es
29. 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.
30. Clarkson, T.W. 2002. The three modern faces of mercury. *Environmental Health Perspectives*, 110: 11-23.
31. Clarkson, T.W.; Magos, L. 2006. The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Critical Reviews in Toxicology*, 36: 609-662.

32. 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.
33. 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.
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. *Archives of Toxicology*, 84: 741-749.
35. Dirección Ejecutiva de la comisión Trinacional para el desarrollo de la Cuenca del Pilcomayo. www.pilcomayo.net
36. 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.
37. 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.
38. Diéguez, M.C.; Soto Cárdenas, C.; Ribeiro Guevara, S.; Di Pasquale, M.M.; Gereá, M.; Arriberé, M.; Queimaliños, C.P. 2013b. Inorganic mercury (Hg²⁺) uptake by different plankton fractions of Andean Patagonian lakes (Argentina). *E3S Web of*

Conferences, 1, 41018.

39. Diéguez, M.C.; Garcia, P.E.; Bencardino, M.; D'Amore, F.; Castagna, J.; Ribeiro Guevara, S.; Sprovieri, F. 2017. Four years of atmospheric mercury records in Northwestern Patagonia (Argentina): potential sources, concentration patterns and influence on environmental variables observed at the GMOS EMMA station 5. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, doi: 10.5194/acp-2016-1076.
40. 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.
41. Enerstrom S.; Hultman P. 1995. Does amalgam affect the immune system: a controversial issue? *International Archives of Allergy and Immunology*, 106: 180-203.
42. 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.
43. Gerpe, M.S.; Moreno, V.J.; Perez, A.; Bastida, R.O.; Rodriguez, D.H.; Marcovecchio, J.E. 1990. Trace metals in the Southamerican fur seal, *Arctocephalus australis* (Zimmermann, 1783). International conference, 4. Barcelona, España. Environment Program World Health Organization, Vol. 591.
44. Gil, M.N.; Torres, A.; Harvey, M.; Esteves, J.L. 2006. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia Argentina Continental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41: 167–176.
45. Gil, M.N.; Torre, A.I.; Commendatore, M.G.; Marinho, C.; Arias, A.; Giarratano, E.; Casas, G.N. 2014. Nutritive and xenobiotic compounds in the alien algae *Undaria pinnatifida* from Argentine Patagonia. *Archives of Environmental Contamination and*

Toxicology, 68: 553-565.

46. Gibb, H.; O'Leary, K.G. 2014. Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: a comprehensive review. *Environmental Health Perspectives*, 122: 667–672.

47. Griboff, J.; Horacek, M.; Wunderlin, D.A.; Monferran, M.V. 2018. Bioaccumulation and trophic transfer of metals, as and se through a freshwater food web affected by anthropic pollution in Córdoba, Argentina. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148: 275–284.

48. Halbach S. 1994. Amalgam tooth fillings and man's mercury burden. *Human and Experimental Toxicology*, 13: 496-501.

49. 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.

50. Hazelhoff, M.H.; Torres, A.M. 2018a. Gender differences in mercury – induced hepatotoxicity: potential mechanisms. *Chemosphere*, 202: 330–338.

51. Hazelhoff, M.H.; Bulacio, R.P.; Chevalier, A.; Torres, A.M. 2018b. Renal expression of organic anion transporters is modified after mercuric chloride exposure: Gender-related differences. *Toxicology Letters*, 295:390-396.

52. 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.

53. IPCS. 1991. Inorganic mercury. Geneva. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 118).

54. Juarez, A.; Arriberé, M.A.; Arcagni, M.; Williams, N.; Rizzo, A.; Ribeiro Guevara, S. 2016. Heavy metal and trace elements in riparian vegetation and macrophytes

associated with lacustrine systems in Northern Patagonia Andean Range. *Environmental Science and Pollution Research*, 23: 17995-18009.

55. 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.

56. 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.

57. Ladizinski, B.; Mistry, N.; Kundu, R.V. 2011. Widespread use of toxic skin lightening compounds: medical and psychosocial aspects. *Dermatologic Clinics*, 29: 111-123.

58. 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.

59. 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.

60. 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.

61. López Berdonces, M.A.; Higuera, 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.

62. 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.
63. Marcovecchio, J.E.; Obenat, S.M.; Perez, A.; Moreno, V.J. 1986a. Total mercury and lead contents in the biota at Mar Chiquita coastal lagoon, Province of Buenos Aires, Argentine Republic. *Journal of Shoreline Management*, 2: 207-222.
64. Marcovecchio, J.E.; Lara, R.J.; Gomez, E. 1986b. Total mercury in marine sediments near a sewage outfall. Relation with organic matter. *Environmental Technology Letters*, 7: 501-507.
65. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J.; Pérez, A. 1986c. Bio-magnification of total mercury in Bahia Blanca estuary shark. *Marine Pollution Bulletin*, 17: 276-278.
66. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J.; Pérez, A. 1988a. Total mercury in marine organisms of the Bahia Blanca estuarine trophic web. *Metals in Coastal Environments of Latin America*, 122-129.
67. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J.; Perez, A. 1988b. Determination of heavy metal concentrations in biota of Bahia Blanca, Argentina. *Science of the Total Environment*, 75: 181–190.
68. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J.; Pérez, A. 1988c. The sole, *Paralichthys* sp., as an indicator species for heavy metal pollution in the Bahia Blanca estuary, Argentina. *Science of the Total Environment*, 75: 191-199.
69. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J.; Pérez, A. 1989. Cadmium, zinc and total mercury distribution in organisms from Samboronbon bay (La Plata river estuary), in Argentina. *International Conference Heavy metals in the environment*, 1: 366-369.
70. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J. 1991a. Cadmium, zinc and total mercury levels in the tissues of several fish species from La Plata river estuary, Argentina.

Environmental Monitoring and Assessment, 25: 119–130.

71. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J.; Pérez, A. 1991b. Metal accumulation in tissues of sharks from the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Marine Environmental Research* 31: 263-274.

72. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J. 1992. Evaluación del contenido de metales pesados en peces de la Bahía Samborombon. *Frente Marítimo* 12: 139-146.

73. Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J. 1993. Cadmium, zinc and total mercury levels in the tissues of several fish species from La Plata river estuary, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 25: 119-130.

74. Marcovecchio, J.E. 1994. Trace metal residues in tissues of two crustacean species from the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 29: 65-73.

75. Morel, F.; Kraepiel, A.; Amyot, M. 1998. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 543-566.

76. 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.

77. 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.

78. ONU Medio Ambiente, Convenio de Minamata sobre el Mercurio. <http://www.mercuryconvention.org> (Último acceso julio 2019).

79. Peña, N.I., Moreno, V.J., Marcovecchio, J.E., Perez, A. 1988. Total mercury,

cadmium and lead distribution in tissues of southern sea lion (*otaria flavescens*) in the ecosystem of Mar del Plata, Argentina. *Metals in coastal environments of Latin America*, 140-146.

80. Peña Rodríguez, S.; Oro, N.; Pontevedra Pombal, X.; Moretto, A.; Rodríguez Salgado, I.; Arias Estévez, M.; García Rodeja Gayoso, E.; Nóvoa Muñoz, J.C. 2012. Acumulación de mercurio en suelos de bosques manejados en Tierra del Fuego. XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo.

81. Peña Rodríguez, S.; Pontevedra Pombal, X.; García Rodeja Gayoso, E.; Moretto, A.; Mansilla, R.; Cutillas Barreiro, L.; Arias Estevez, M.; Nóvoa Muños, J.C. 2014. Mercury distribution in a toposequence of sub-antartic forest soils of Tierra del Fuego (Argentina) as consequence of the prevailing soil processes. *Geoderma*, 232–234: 130-140.

82. 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.

83. 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.

84. PNUMA. 2008a. Mercury in products and wastes. Module 1. United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland, pp. 4-9.

85. PNUMA. 2008b. Mercury use in healthcare settings and dentistry. Module 4. United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland, pp. 7.

86. Poulin, J.; Gibb, H. 2008. Mercurio: Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Editora, Prüss-Üstün A. Organización Mundial de la

Salud, Ginebra. (OMS, Serie Carga de Morbilidad Ambiental, N° 16).

87. Pozo, K.; Harner, T.; Wania, F.; Muir, D.C.G.; Jones, K.; Barrie, L.A. 2006. Towards a global network for persistent organic pollutants in air: results from the GAPS study. *Environmental Science & Technology*, 40: 4867-4873.

88. 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.

89. Rasines, G. 2008. Mercury released from amalgam restorations does not give rise to toxic effects on the nervous system of children. *Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 9: 25-27.

90. Ribeiro Guevara, S.; Massaferró, J.; Villarosa, G.; Arriberé, M.; Rizzo, A. 2002. Heavy metal contamination in sediments of lake Nahuel Huapi, Nahuel Huapi National Park, Northern Patagonia, Argentina. *Water, Air, and Soil Pollution* 137: 21–44.

91. Ribeiro Guevara, S.; Bubach, D.; Vigliano, P.; Lippolt, G.; Arriberé, M. 2004a. Heavy metal and other trace elements in native mussel *Diplodon chilensis* from Northern Patagonia Lakes, Argentina. *Biological Trace Element Research*, 102: 245–263.

92. Ribeiro Guevara, S.; Bubach, D.; Arriberé, M. 2004b. Mercury in lichens of Nahuel Huapi National Park, Patagonia, Argentina. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 261: 679-687.

93. Ribeiro Guevara, S.; Queimaliños, C.P.; Diéguez, M.; Arriberé, M. 2008. Methylmercury production in the water column of an ultraoligotrophic lake of Northern Patagonia, Argentina. *Chemosphere*, 72: 578–585.

94. Ribeiro Guevara, S.; Žižek, S.; Repine, U.; Pérez Catán, S.; Jaćimović, R.; Horvat, M. 2007. Novel methodology for the study of mercury methylation and reduction in sediments and water using ^{197}Hg radiotracer. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387: 2185-2197.
95. Ribeiro Guevara, S.; Meili, M.; Rizzo, A.; Daga, R.; Arriberé, M. 2010. Sediment records of highly variable mercury inputs to mountain lakes in Patagonia during the past millenium. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10: 3443–3453.
96. Ribeiro Guevara, S.; Horvat, M. 2013. Stability and behavior of low level spiked inorganic mercury in natural water samples. *Anal Methods*, 5: 1996-2006.
97. Richardson G.M. 1995. Assessment of mercury exposure and risks from dental amalgam. Ottawa, Ontario, Health Canada, Environmental Health Directorate. Medical Devices Bureau.
98. Richardson G.M.; Mitchell M.; Coad S.; Raphael L. 1995. Exposure to mercury in Canada: A multimedia analysis. *Water, Air, and Soil Pollution*, 80: 21-30.
99. Rizzo, A.; Daga, R.; Arcagni, M.; Perez Catán, S.; Bubach, D.; Sánchez, R.; Ribeiro Guevara, S.; Arribére, M.A. 2010. Concentraciones de metales pesados en distintos compartimentos de lagos andinos de Patagonia Norte. *Ecología Austral*, 20: 155-171.
100. Rizzo, A.; Arcagni, M.; Arriberé, M.A.; Bubach, D.; Ribeiro Guevara, S. 2011. Mercury in the biotic compartments of Northwest Patagonia Lakes, Argentina. *Chemosphere*, 84: 70–79.
101. 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.

102. Romero, M.B.; Polizzi, P.; Chiodi, L.; Das, K.; Gerpe, M. 2016. The role of metallothioneins, selenium and transfer to offspring in mercury detoxification in Franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*). *Marine Pollution Bulletin*, 109: 650–654.
103. Rubel, D.N. 1998. Investigaciones sobre el impacto de la cava San Nicolas (Florencio Varela). Una investigación epidemiológica. Tesis doctoral FCEN-UBA, 271 pp.
104. 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.
105. 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.
106. 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.
107. Skare I.; Engqvist A. 1994. Human exposure to mercury and silver released from dental amalgam fillings. *Water, Air, and Soil Pollution*, 80: 59-67.
108. 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 assemblages. *Science of the Total Environment*, 494: 65–73.
109. Soto Cárdenas, C.; Gereá, 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.

110. 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.
111. 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.; Ebinhaus, 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, CH.; 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.
112. 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.; Maruszczak, 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.
113. Stupar, Y.V.; Schafer, J.; García, M.G.; Schmidt, S.; Piovano, E.; Blanc, G.; Huneau, F.; Le Coustumer, P. 2014. Historical mercury trends recorded in sediments

from the Laguna del Plata, Córdoba, Argentina. *Geochemistry*, 74: 353–363.

114. Supar, Y.V.; García, M.G.; Schäfer, J.; Schmidt, S.; Piovano, E.; Blanc, G.; Huneau, F.; Le Coustumer, P. 2014. Identificación de fases portadoras y flujos de mercurio en el registro sedimentario de la Laguna del Plata, Región Central de Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 31: 104-115.

115. Syversen, T.; Kaur, P. 2012. The toxicology of mercury and its compounds. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26: 215-226.

116. Taskinen H.; Kinnunen E.; Riihimäki 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.

117. The Zero Mercury Working Group (ZMWG). www.zeromercury.org

118. Tibau, A.V.; Grube, B.D. 2019. Mercury contamination from dental amalgam. *Journal of Health and Pollution*, 9: 190612.

119. Trebucovich, 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.

120. UNEP. 2013. Global mercury assessment. Sources, emissions, releases and environmental transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland, pp. 3-29.

121. United Nations Environment, Economy Division, Chemicals and Waste Branch *Global Review of Mercury Monitoring Networks*, Noviembre 2016.

122. UNEP/WHO 2008. Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure. <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf> (Ultimo acceso Agosto 2019).

123. WHO. 2003. Elemental mercury and inorganic mercury compounds: human health

Mercurio en Argentina: Estado de situación

aspects. Concise International Chemical Assessment Document 50, World Health Organization, Geneva, Switzerland, pp. 7-29.