



Propuesta Proyecto Piloto

Plan Nacional de Monitoreo de Mercurio



Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible
Argentina

INTI | 65 ^{años}
1952-2017
Instituto Nacional
de Tecnología Industrial

CRBAS
Centro Regional Basilea
para América del Sur

MINAMATA
CONVENTION
ON MERCURY



Autoridades

Presidente de la Nación

Alberto Fernández

Vicepresidenta de la Nación

Cristina Fernández de Kirchner

Jefe de Gabinete de Ministros

Agustín Rossi

Ministro de Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Juan Cabandié

Titular de la Unidad
de Gabinete de Asesores

Juan Manuel Vallone

Presidenta del Instituto Nacional de Tecnología
Industrial

Sandra Mayol



Secretario de Control
y Monitoreo Ambiental

Sergio Federovisky

Subsecretario de Fiscalización y Recomposición
Ambiental

Jorge Etcharrán

Director Nacional de Sustancias y Residuos Peligrosos
Oscar Taborda

Coordinadora de Residuos Peligrosos

Marisol Diaz Rivera

Directora del Centro Regional de Basilea para América
del Sur para Transferencia de Capacitación y
Tecnología en Argentina

Leila Devia

Coordinadora de proyectos con financiamiento

María Claudia Pascual

Equipo de realización

Coordinación

Marisol Díaz Rivera

Equipo de trabajo

Florencia Layun.

Lucia Muntaner Mendoza

Colaboradores

Agustín Harte

Juan Facundo Domínguez

El presente documento fue elaborado en 2021 y 2022 por el Proyecto SIP 2018/01/LAC/ARG “Programa de fortalecimiento de capacidad para la implementación del Convenio de Minamata”, como resultado de las acciones realizadas. Actualizado en 2023.

Proyecto SIP 2018/01/LAC/ARG “Programa de fortalecimiento de capacidad para la implementación del Convenio de Minamata en Argentina”.



Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible
Argentina



Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial



CRBAS
Centro Regional Basilea
para América del Sur



MINAMATA
CONVENTION
ON MERCURY

Project funded
by the Specific
International Programme

Índice

Prólogo	4
Propuesta Proyecto Piloto	5
Antecedente.....	5
Inventario Nacional de Emisiones y Liberaciones de mercurio en Argentina.	5
Población en Riesgo	12
Programas de Monitoreo de Hg	12
Instituciones Públicas.....	16
Estado de situación descrito por la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET	18
Conclusiones del Proyecto PNUD ARG/18/G25	22
Red de Monitoreo Ambiental de Mercurio.....	24
Propuesta de Red de Monitoreo Ambiental de Mercurio (REDMAM)	24
Propuesta de proyecto piloto	25
Selección del sitio para el proyecto piloto	26
Sitio piloto	31
Fortalecimiento de una unidad local para apoyar el muestreo, procesamiento y otras actividades de control del mercurio	31

Prólogo

El Convenio de Minamata sobre el Mercurio tiene por objeto proteger la salud humana y el ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio.

Mediante Ley N° 27.356 la República Argentina recibió la financiación del Programa Internacional Específico (SIP) del Convenio de Minamata para implementar el "Proyecto 2018/01/LAC/ARG - Programa de Fortalecimiento de Capacidad para la Implementación del Convenio de Minamata" (en adelante, "Proyecto SIP"), que tuvo como agencias de implementación al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y al Centro Regional de Basilea para América del Sur para Transferencia de Capacitación y Tecnología en Argentina (en adelante, "CRBAS").

Dentro del contexto del Proyecto SIP, se impulsa el fortalecimiento de la capacidad de investigación y supervisión del mercurio (Hg) de conformidad con los artículos 12 y 19 del Convenio de Minamata. Asimismo, se busca establecer los cimientos necesarios para que Argentina pueda recopilar datos y estadísticas locales relacionados con emisiones y liberaciones, exposición y áreas contaminadas. Más allá de los objetivos específicos establecidos para el Proyecto, en la Dirección Nacional de Sustancias y Residuos Peligrosos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, hemos impulsado diversas iniciativas con el propósito de reunir a los actores clave a nivel nacional y forjar una "Red de Supervisión del Mercurio (Hg)". Esta colaboración involucra tanto a entidades estatales como al ámbito científico-académico. Para dar un primer paso, se propone la selección de un área estratégica dentro del territorio nacional, que actúe como caso precedente "leading case" y modelo para consensuar una estrategia nacional de monitoreo del mercurio.

En este sentido, queremos destacar la colaboración significativa y experiencia de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Universidad Nacional de San Martín como la Universidad Nacional de Avellaneda para la elaboración de la presente propuesta.

Propuesta Proyecto Piloto

Antecedente

El proyecto PNUD ARG/18/G25 “Evaluación inicial de las capacidades nacionales para la implementación del Convenio de Minamata en Argentina” (o MIA, por sus siglas en inglés), fue implementado entre febrero de 2018 y julio de 2019. Tuvo como principal objetivo realizar una evaluación del estado y capacidades para el manejo del mercurio en Argentina para identificar los desafíos nacionales y las medidas a adoptar en materia de regulación, política y estrategia ambiental que permitan al país cumplir con las previsiones y obligaciones establecidas en Convenio de Minamata sobre el mercurio.

Entre los resultados de ese Proyecto, se encuentra el Inventario Nacional de Emisiones y Liberaciones de Mercurio, una evaluación general del conocimiento de la población sobre la gestión adecuada del mercurio, un relevamiento de actores relevantes, una evaluación del marco normativo existente y un análisis socioeconómico de la implementación del Convenio, entre otros.

A continuación, se detallarán algunos datos relevantes y resultados del Inventario Nacional que se tuvieron en cuenta al momento de diseñar la propuesta del Plan Piloto.

Inventario Nacional de Emisiones y Liberaciones de mercurio en Argentina

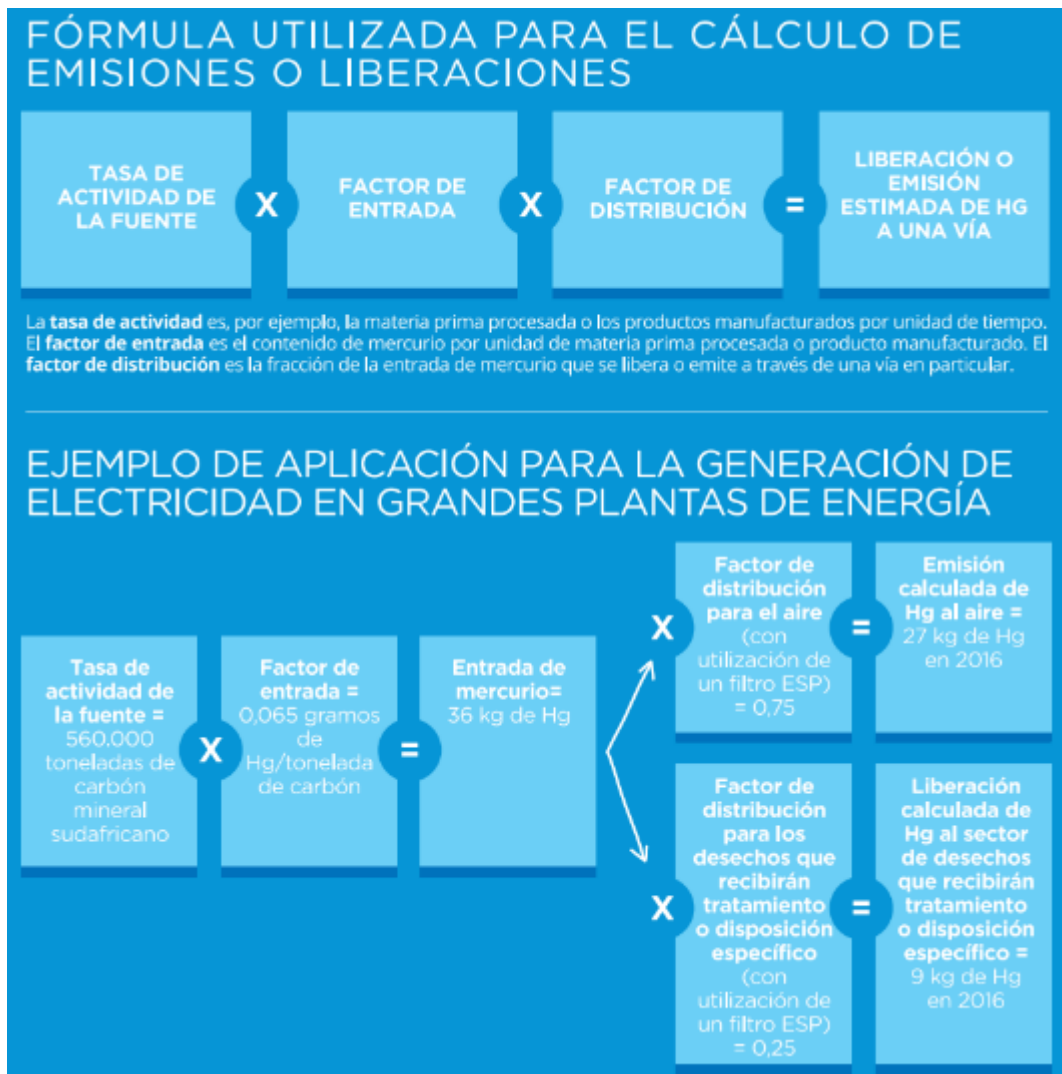
Para el desarrollo de este inventario nacional de emisiones y liberaciones de mercurio se tomó como base el año 2016, en el cual fueron evaluadas 58 fuentes potenciales de emisión y liberación de mercurio propuestas por el Toolkit del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente¹ determinó la existencia de 39 de las 58 fuentes en el país. El inventario distribuyó las fuentes de emisión o liberación de mercurio en la Argentina en seis categorías.

¹ UNEP, “Mercury Inventory Toolkit”. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/mercury-inventory-toolkit>

El Toolkit es una guía para elaborar un inventario, que incluye una hoja de cálculo y plantilla estándar que permiten la identificación de fuentes de mercurio, la cuantificación del consumo y el cálculo de las liberaciones finales.

Esta guía de contabilización que permite realizar los cálculos con dos niveles de estimación: Nivel 1, con factores ya establecidos a nivel internacional y el Nivel 2 con estimaciones realizadas en base a datos específicos de la fuente en el país (**Fuente 1**).

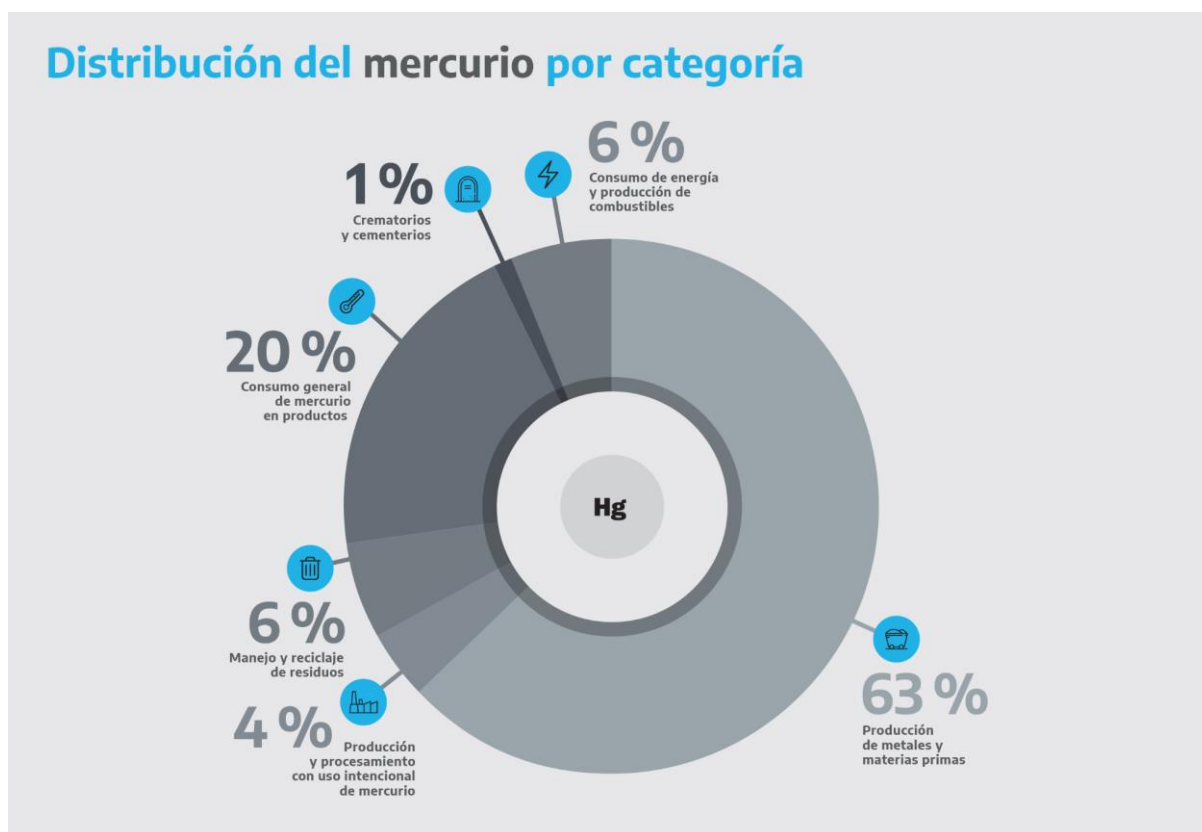
Figura 1. Fórmula utilizada para el cálculo de emisiones o liberaciones.



Fuente: Evaluación Inicial de las capacidades nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre el mercurio en Argentina, MAyDS, 2018.

El inventario distribuyó todas esas fuentes de emisión o liberación de mercurio en la Argentina en seis categorías (**Figura 2**). Esto incluye tanto liberaciones directas al ambiente (agua, aire o suelo) como liberaciones intermedias (en subproductos e impurezas, desechos generales o desechos que recibirán tratamiento y/o disposición específica).

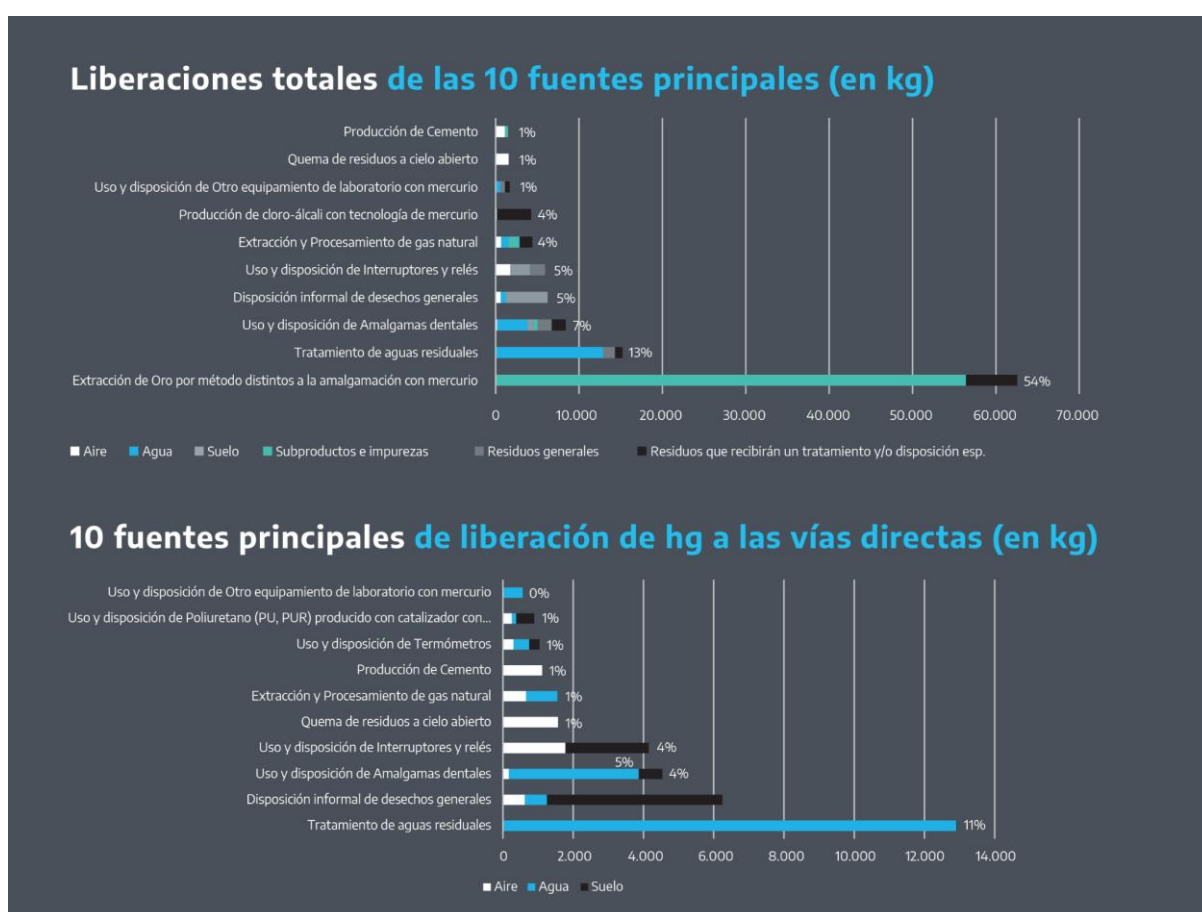
Figura 2. Distribución del mercurio por Categorías del Inventario Nacional de emisiones y liberaciones de mercurio



Fuente: Evaluación Inicial de las capacidades nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre el mercurio en Argentina, MAyDS, 2018.

Dentro de las seis categorías de fuentes que emiten o liberan mercurio en Argentina podemos diferenciar las 10 principales fuentes de emisiones y liberaciones totales y las 10 fuentes que generan las mayores emisiones o liberaciones a vías directas (Figura 3).

Figura 3. Liberaciones totales de las 10 fuentes principales de mercurio (en kg)



Fuente: Evaluación Inicial de las capacidades nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre el mercurio en Argentina, MAdyDS, 2018.

Las liberaciones directas al ambiente suponen mayores riesgos para las poblaciones potencialmente expuestas, las liberaciones intermedias en forma de subproductos e

impurezas o desechos que recibirán algún tipo de tratamiento, en general, se encuentran ligadas a sistemas de gestión que aseguran su adecuado tratamiento y disposición, por ende, reducen sustancialmente el riesgo de exposición. Los residuos generales, por su parte, son una vía de liberación intermedia, pero pueden dar lugar a liberaciones directas, especialmente, cuando no son dispuestos adecuadamente.

El análisis de las fuentes de mercurio en Argentina determinó que:

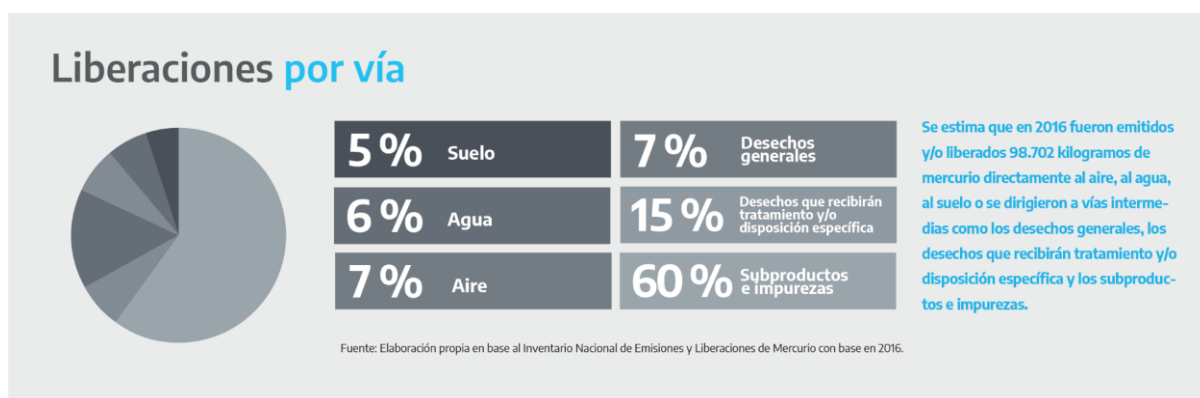
- **60% a Subproductos e impurezas (principalmente por extracción de oro por métodos distintos a amalgamación)** están sujetos a normativa nacional e internacional relativa a la gestión de residuos peligrosos y sometidos a auditorías periódicas que han permitido concluir que son adecuadamente almacenados y gestionados. Puesto que esta fuente dirige las liberaciones a vías intermedias que son adecuadamente gestionadas, a pesar de ser la principal fuente en cantidades liberadas su importancia relativa es materia de priorización de gestión es menor².
- **15% a desechos que recibirán tratamiento** (por Extracción de oro por método distintos a la amalgamación con mercurio y Producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio y Extracción y Procesamiento de gas natural)
- **7% a desechos generales** (Interruptores y relés, amalgamas dentales y Tratamiento de aguas residuales)
- **7% a aire** (Quema de desechos a cielo abierto y, en segundo lugar, a la Producción de cemento. A diferencia de lo que ocurre a nivel mundial, la combustión de carbón representa solo el 0,45 % de las emisiones al aire. Menos del 1% de emisiones a nivel mundial)
- **6% a agua** (Tratamiento de aguas residuales y Los Empastes dentales de amalgama)

²Es importante mencionar que las empresas de extracción de oro por método distinto al de amalgamación cambiaron y que obtienen mercurio en calidad de subproducto, debido al estado del mercado, desde el 2019, este metal es clasificado como residuos peligrosos, exportándose a países europeo para su tratamiento y disposición final.

→ **5% a suelo** (Disposición informal de desechos generales e Interruptores eléctricos y relés).

Las 5 fuentes que mayores liberaciones a vías directas generan son: **tratamiento de aguas residuales, disposición informal de residuos, uso de amalgamas, usos de interruptores y relés y quema de residuos a cielo abierto** (Figura 4):

Figura 4. Liberaciones por vía



Fuente: Evaluación Inicial de las capacidades nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre el mercurio en Argentina, MAyDS, 2018.

En lo que respecta a actividades industriales existentes en el país que potencialmente podrían generar emisiones o liberaciones de mercurio, se relevó la operatividad de una planta de producción de cloro-álcali, una de timerosal y una de fabricación de termómetros industriales, así como, el registro de la producción de cemento y de acero y la actividad minera (Figura 5).

Existen en el país emprendimientos de extracción de oro y plata que generan mercurio como subproducto, debido a que este se encuentra presente en el mineral extraído. La producción de oro a gran escala se encuentra distribuida en 12 yacimientos y en 2 de ellos se detectó presencia de mercurio.

En relación con el sector energético, en Argentina se destaca una fuerte producción y consumo de gas natural (que representa hoy el 51,6 % de la matriz energética) con

perspectiva de un marcado crecimiento en el corto plazo, producto de la producción de gas no convencional.

Dentro del sector de servicios, entre las actividades que potencialmente pueden generar emisiones o liberaciones de mercurio podemos mencionar la existencia de empresas importadoras y comercializadoras de productos con mercurio añadido (PMA), especialmente lámparas, pilas y relés. En el ámbito de los servicios de salud, se destaca que aún se encuentran en circulación en forma extendida productos que contienen mercurio, como las amalgamas dentales, los termómetros y otros aparatos de medición.

La importación de mercurio elemental para 2016 fue de 10.074 kilogramos. La mayor proporción proviene de México y ha sido destinada a la producción de cloro-álcali en la única planta activa del país. La misma empresa en el año 2020 importó 8.625 kg de mercurio elemental proveniente de Japón.

Figura 5. Establecimientos industriales existentes en el país que potencialmente generan emisiones o liberaciones de mercurio



Planta de cloro-álcali ubicada en Bahía Blanca (provincia de Buenos Aires)



Planta de timerosal ubicada en Mar del Plata (provincia de Buenos Aires).



Planta de fabricación de termómetros (Ciudad Autónoma de Buenos Aires).

Fuente: MAgDS, 2020.

Población en Riesgo

Se han identificado las siguientes poblaciones en situación de riesgo potencial:

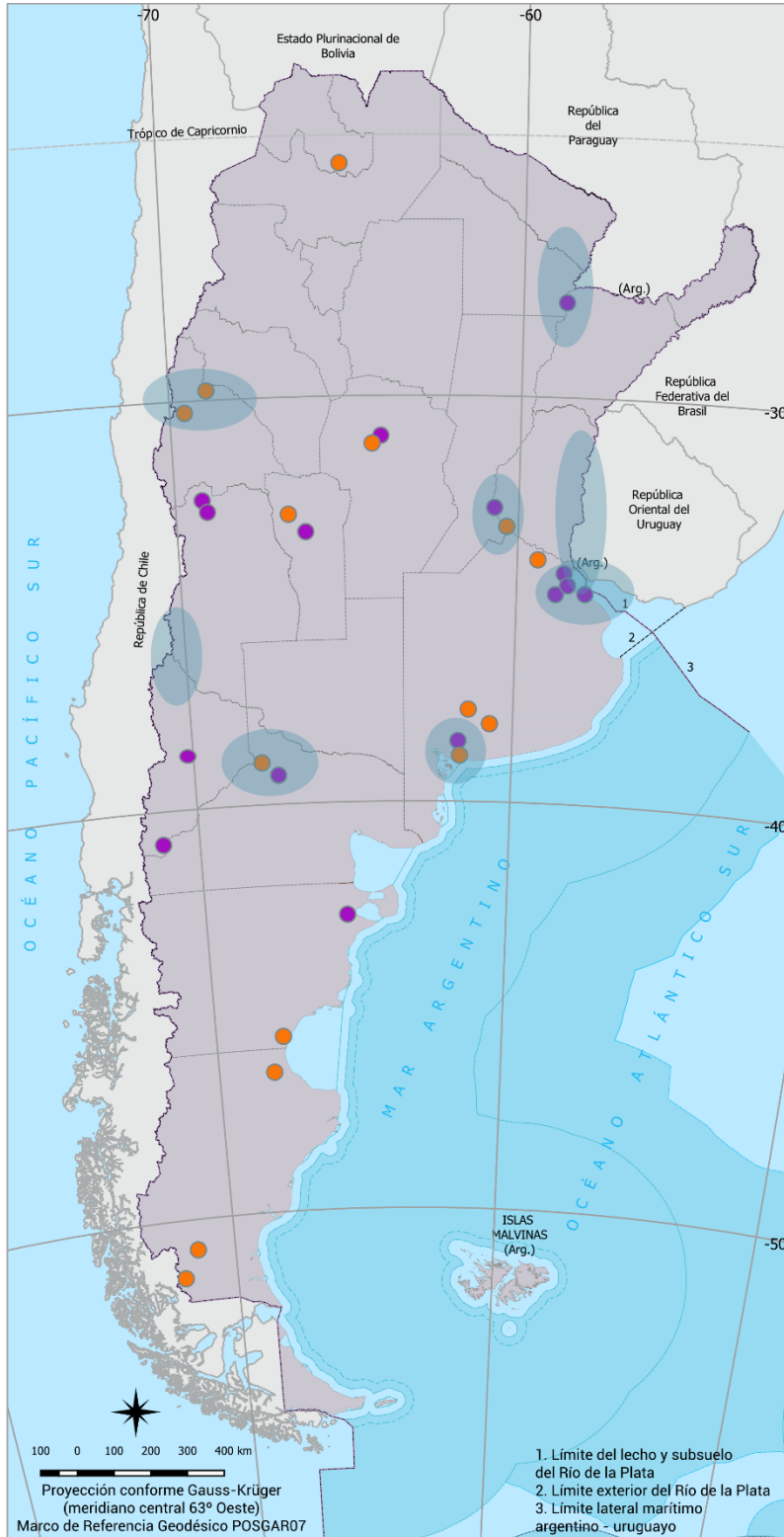
- Recuperadores informales que manipulan productos que contienen mercurio.
- Niños que acceden a basurales a cielo abierto o entran en contacto con PMA como resultado de accidentes domésticos.
- Profesionales de la salud que utilizan instrumentos de medición con mercurio o amalgamas.
- Trabajadores/as de las industrias que utilizan tecnologías con mercurio o fabrican productos con mercurio añadido.

En materia de género, en el ámbito laboral, se han identificado dos grupos de población potencialmente expuesta al mercurio con mayor proporción de mujeres: los odontólogos o asistentes dentales y los enfermeros. Asimismo, en el ámbito domiciliario se destacan las madres de familia como personas con mayor riesgo de exposición puesto que son quienes suelen manipular los PMA rotos o en desuso. Dentro de ese grupo, incrementan su vulnerabilidad las mujeres embarazadas debido a que los efectos de la exposición al mercurio se incrementan en ellas.

Programas de Monitoreo de Hg

En cuanto al estado de situación del monitoreo de mercurio en Argentina, debido a que aún no existe un plan nacional que nuclea la información, en el informe se identificaron programas locales que se describen a continuación (**Figura 6**).

Figura 6. Estado de situación del monitoreo de mercurio en Argentina.

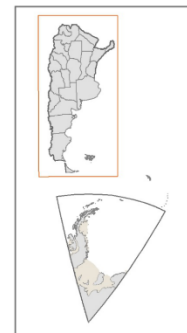


República Argentina,
parte continental
americana

Referencias

Estado de situación del monitoreo
de mercurio

- Fuente puntual de emisiones/liberaciones
- Laboratorio de análisis
- Zona de monitoreo



Fuente: Evaluación Inicial de las capacidades nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre el mercurio en Argentina, MAyDS, 2018.

1. **Programas de monitoreo de las provincias:** Se tomó la base de datos de la Red Federal de Monitoreo Ambiental (Red FEMA)³ del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En dichos registros se encontraron datos de concentraciones de mercurio generados en puntos de monitoreo en aguas superficiales de 9 provincias: Buenos Aires (11 puntos), Chaco (5 puntos), Corrientes (3 puntos), Entre Ríos (9 puntos), Formosa (3 puntos), Mendoza (1 punto), Neuquén (3 puntos), Río Negro (9 puntos) y Santa Fe (6 puntos). Estos puntos corresponden a programas de monitoreo de autoridades ambientales provinciales y/o municipales. Vale destacar que los datos cargados en la red son anteriores a 2016.
2. **Programa de monitoreo de ACUMAR:** La red de monitoreo de ACUMAR de calidad de agua superficial, opera desde 2008 por el Instituto Nacional del Agua (INA) determinando la evolución de diferentes parámetros físico-químicos del recurso hídrico superficial en la Cuenca Hídrica Matanza-Riachuelo (CHMR). Los muestreos son anuales. Además, con una periodicidad anual, el INA realiza el monitoreo de los sedimentos superficiales de fondo.
3. **Red Argentina de Toxicología (REDARTOX):** Vincula a los Centros de Información, Asesoramiento y Asistencia Toxicológica (CIAAT) del país. De los 45 laboratorios que conforman la Red, presente en 14 provincias, durante la elaboración del informe fue posible identificar 4 unidades públicas con capacidad de análisis de mercurio: 2 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Centro de Asesoramiento Toxicológico Analítico – CENATOXA y Hospital Prof. Dr. Juan P. Garrahan con tecnología para CVAAS), 2 en la provincia de Buenos Aires (Hospital Sor María Ludovica con equipo de CVAAS de la Plata, y el Hospital Alejandro Posadas de Morón (con tecnología AFS) y una en Corrientes (Instituto Médico Forense del Poder Judicial).

³ Véase en <https://redfema.ambiente.gob.ar/>

4. **Monitoreo en el estuario de Bahía Blanca:** El Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca, fue diseñado a partir del Convenio entre la Municipalidad de Bahía Blanca, en la provincia de Buenos Aires, y el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO – CONICET / Universidad Nacional del Sur). A partir del Programa, se realizan análisis de agua salada y dulce (desde 2002, con una periodicidad trimestral), de sedimento (desde 2009, de manera trimestral) y de calidad de aire (desde 2015, con frecuencia semanal). El Comité Técnico Ejecutivo del municipio dispone de un equipo de Absorción Atómica (DMA Milestone) con un límite de detección de 0,001 ug/l en agua y sedimento, y 7,00 ng/m3 en aire.
5. **Monitoreo en zonas de explotación minera en la provincia de San Juan:** Según pudo identificarse a través de la información que comparte el gobierno de San Juan en su sitio web, es la Secretaría de Gestión Ambiental y Control Ambiental Minero la encargada de desarrollar el plan de monitoreo para el control de la actividad en la provincia. También participan en su ejecución la Policía Minera (ahora Dirección de Fiscalización y Control Minero) y el Centro de Investigación para la Prevención de la Contaminación Ambiental Minero-Industrial (CIPCAMI). El programa de monitoreo incluye 65 puntos de muestreo ubicados en cuencas y subcuencas de Iglesia, Jáchal, Calingasta, Sarmiento y Valle Fértil, además de 43 puntos de muestreo y control dentro de los distintos proyectos mineros. La toma de muestras se efectúa sobre la calidad de aguas naturales superficiales y subterráneas (la mayoría ubicadas por encima de los 1.500 msnm). También se realizan monitoreos de suelo y de calidad de aire. El control se rige por los Niveles Guía de Calidad de Agua, según el marco legal establecido por la Ley 24.585 De la Protección Ambiental para la Actividad Minera. Al momento del desarrollo del informe, no se pudo acceder a más información de esta zona que la provista por ese medio.
6. **Monitoreo en zona de Cinco Saltos, Río Negro:** En esta ciudad funcionaba una planta de cloro-álcali desmantelada entre 1996 y 1998. Según información provenientes de técnicos involucrados en la remediación, se toman muestras de aguas subterráneas y superficiales en zonas lindantes. Los muestreos se llevan a cabo en los 50 pozos de monitoreo con una frecuencia de tres veces al año. Los resultados de las muestras son enviados al Centro de Investigaciones Toxicológicas (CIT), en Buenos Aires.

7. **Monitoreo nacional de contaminantes en alimentos:** El SENASA ejecuta actualmente el Plan Nacional de Control de Residuos e Higiene en Alimentos (CREHA)⁴. Mediante el CREHA se realiza un muestreo de diferentes materias primas y matrices alimentarias de origen animal con una frecuencia anual. Las técnicas analíticas oficiales que adopta el SENASA para el análisis de mercurio en alimentos son: ICPMS/ICP-OES, DMA, EAA/CVAAS y trabaja bajo normas de calidad ISO 17025.
8. **Comisión Administradora del Río Uruguay, Comité Científico:** Programa de monitoreo para la evaluación de las condiciones ambientales existentes en el Río Uruguay en zona de influencia de evacuación de efluentes líquidos y emisiones gaseosas provenientes de la Planta Orión (UPM - ex Botnia). Hacia diciembre de 2016, según se pudo obtener a través de la búsqueda en línea, se registraron 52 campañas mensuales de muestreo en 4 años. En el período entre mayo de 2015 y diciembre de 2016 se realizaron muestreos de mercurio en 9 de los 32 puntos. Los análisis fueron valorados en el laboratorio Pacific Rim de Canadá, que a su vez derivó parte del trabajo a los laboratorios Exova y Econotech, ambos canadienses. Las muestras refrigeradas se enviaron a destino a través de United Parcel Service (UPS).
9. **Global Mercury Observation System (GMOS):** Como parte del sistema global, se desarrolló en 2011 un programa de monitoreo de mercurio atmosférico en San Carlos de Bariloche, a través de una estación de monitoreo operada por personal del Laboratorio de Fotobiología (INIBIOMA-CONICET de la Universidad Nacional del Comahue). Cuenta con equipos de medición de mercurio elemental gaseoso (GEM), especies gaseosas oxidadas de mercurio (GOM) y mercurio particulado (PBM). Los datos obtenidos en la estación son incorporados en el sitio web GMOS y sometidos a control de calidad para poder ser integrados en modelos globales de circulación de mercurio. Cuando se desarrolló el informe se conocía que la estación de monitoreo no se encontraba activa por dificultades de mantenimiento.

Instituciones Públicas

En el informe se identificaron algunos laboratorios públicos con el equipamiento

⁴ Plan aprobado en Véase en la página web del SENASA, disponible online en: <https://www.argentina.gob.ar/senasa/programas-sanitarios/covarc/plan-creha/plancreha-vegetal>

necesario para la determinación de mercurio. Se identificaron 7 en Buenos Aires, 2 en Río Negro, y uno por provincia en Entre Ríos, Mendoza, San Luis y Santa Fe.

Se ha indagado dentro de fuentes de datos científicas nacionales sobre publicación relativa al análisis de mercurio y sus compuestos en diversas matrices y se identificaron las entidades con capacidad de detección. Del total de estudios relevados (más de 35), aproximadamente el 88 % consiste en estudios sobre biota (y su relación con la materia abiótica) y el porcentaje restante refiere a estudios sobre suelo y sedimento. Cabe destacar que gran parte de los reportes corresponde al análisis de concentraciones de mercurio en el ambiente por génesis natural, y que en su mayoría refieren a la región patagónica.

A partir de los estudios pudieron identificarse los organismos públicos con capacidad tecnológica (tabla 1) .

Tabla 1. Instituciones públicas con capacidad analítica para la medición del mercurio.

PROVINCIAS	INSTITUCIONES PÚBLICAS
Buenos Aires	Laboratorio Experimental de Calidad de Aguas del Instituto Nacional del Agua (tecnología: GF-AAS)
	Instituto Oceanográfico Argentino (tecnología CVAAS)
	Cátedra de Toxicología de la Universidad Nacional de Buenos Aires (tecnología: CVAAS)
	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (tecnología: DMA, ICP-MS, CVAAS)
	Universidad Nacional de San Martín (tecnología: ICP-MS)
	Centro Atómico Ezeiza, Unidad Radioquímica (tecnología: INAA con trazador Hg-197)

	Laboratorio Químico del Servicio Geológico Minero Argentino (tecnología: ICP-MS, HG-AAS)
Río Negro	Universidad Nacional de Río Negro (tecnología: CVAAS)
	Centro Atómico Bariloche (tecnología: INAA con trazador Hg-197).
Entre Ríos	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (tecnología: DMA, ICP-MS, CVAAS)
Mendoza	Laboratorio de Análisis Instrumental
	Laboratorio de Análisis Químicos de la Universidad Nacional de Cuyo (tecnología: no identificada).
San Luis	Instituto De Química de San Luis “Dr. Roberto Antonio Olsina (tecnología: ICP-MS y AFS).
Santa Fe	Facultad de Ciencias Bioquímicas
	Farmacéuticas de la Universidad Nacional de Rosario (tecnología: CVAAS)

Estado de situación descripto por la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

El informe “Evaluación de mercurio en alimentos y matrices ambientales: Estado de situación en Argentina” elaborado por la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET⁵,

⁵ CONICET, “Evaluación de mercurio en alimentos y matrices ambientales: Estado de situación en Argentina”, GRUPO AD HOC “Mercurio en Argentina” de la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET. Véase en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_mercurio_rsa_-_noviembre_2019.pdf

entre las principales conclusiones referidas a la capacidad analítica de las instituciones públicas del país, arroja que:

1. De 80 instituciones públicas contactadas, 32 realizan determinaciones de Hg en diversas matrices, aún quedan 24 de las cuales no se pudo extraer información. El 44% se encuentran en la provincia de Buenos Aires y el resto en Santa Fe y Córdoba, Río Negro, Mendoza, Chubut y San Luis.
2. La mayoría de las instituciones públicas emplean la Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CV-AAS) como método, el cual es económico y relativamente sencillo de realizar en comparación con otros métodos analíticos.
3. Solamente 7 instituciones (Grupo GESAP, CEFOTI, INVAP, DDA-CAC-CNEA, QUIANID, INQUISAL y LTS-CAC-CNEA) poseen la capacidad para realizar análisis de especiación de Hg.
4. Asociado a las matrices *agua, sedimento y suelo* existe un importante número de instituciones públicas con capacidad, mientras que asociado a alimentos este número desciende considerablemente. Resultaron muy pocos los laboratorios relevados con capacidad para determinar Hg en la matriz *peces*. Para el caso de *aire y material particulado* se relevó una sola institución pública. 15 de las entidades manifestaron disponer tanto de personal técnico como de capacidades para realizar toma de muestras.
5. Se refleja una enorme diversidad de LD y LC dependiendo tanto de la matriz como de la técnica empleada. 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. 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*.
6. La mayoría de los laboratorios públicos determinan Hg empleando técnicas analíticas estandarizadas (ASTM, EPA), solamente 3 (INTI, INPA, y SENASA) se encuentran acreditados bajo ISO 17.025, mientras que 1 (CEPROCOR) bajo la norma ISO 9001:2015. El SENASA posee la técnica de medición de Hg en productos de pesca acreditado por el OAA. 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.

En cuanto a los organismos privados, la investigación del Grupo Ah-Hoc determinó que:

1. De un total de 71 instituciones privadas contactadas, 24 (34%) realizan determinaciones de Hg en diversas matrices, y 33 (44%) no respondieron. El mayor porcentaje (75%) se encuentra 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.
2. 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. Se relevó un mayor número de laboratorios privados que determinan Hg en las matrices *aire y emisiones gaseosas* (4) respecto al relevamiento realizado de instituciones públicas (n=1).
3. La gran mayoría utiliza la CV-AAS como técnica de elección. Sólo un laboratorio privado manifestó que posee la capacidad para realizar análisis de especiación de Hg. 15 entidades (62.5%) manifestaron disponer tanto de personal técnico como de capacidades para realizar toma de muestras.
4. Hay un porcentaje levemente mayor (17%) de laboratorios acreditados. 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.

Sobre los grupos de investigación y los ejes de trabajo:

1. En cuanto a los grupos de investigación que desarrollan líneas relacionadas al mercurio, se identificaron 23 grupos distribuidos en 11 provincias: 9 en Buenos Aires, 4 en Río Negro, en San Luis se han identificado 2. En Santa Fe, Tierra del Fuego, Tucumán, Chubut, Córdoba, Corrientes, La Pampa y Mendoza se relevó un grupo de investigación por provincia.
2. Dentro de las temáticas de investigación de estos grupos se destaca el estudio de las concentraciones de Hg en los diferentes compartimentos ambientales, incluyendo investigaciones realizadas en componentes tanto bióticos y abióticos de cuerpos de agua continentales del país. 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. Otros ambientes estudiados se relacionan principalmente a ecosistemas estuarios de la Provincia Buenos Aires y ciertas cuencas de la provincia de Córdoba.

3. 34 publicaciones han sido realizadas por el grupo de investigación de la División Análisis por Activación Neutrónica, Comisión de Energía Nuclear, Gerencia de Ingeniería Nuclear (AAN, CNEA). La CNEA junto a otros grupos de investigación de la provincia de Río Negro (G.E.S.A.P – Grupo de Ecología de Sistemas Acuáticos a escala de Paisaje, INIBIOMA-CONICET-UNCOMA - Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente CONICET, Universidad Nacional del Comahue) han realizado importantes contribuciones en 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.
4. Del total de alertas internacionales correspondientes al año 2013, el 83% estuvo vinculado a pescado, mientras que, en los períodos restantes, las muestras positivas se encontraron por encima del 90%. 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. España, Portugal y Vietnam son los países con mayor cantidad de notificaciones recibidas (productos provenientes de estos países).
5. En cuanto a los datos nacionales sobre alimentos, se advierte la poca información accesible respecto a las concentraciones de Hg en alimentos de exportación o para el consumo interno. 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. Se evidencia la necesidad de profundizar y completar los estudios en las diferentes cadenas tróficas especialmente en alimentos animales acuáticos. Cabe resaltar que los productos a base de pescado contienen la mayor cantidad de datos en el rango superior (mayor a 50 µg/kg). 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.
6. Se advierte la carencia de datos y/o grupos de investigación que enfoquen el

estudio en ambientes ubicados en otras zonas del país como el norte y en otros ecosistemas como los son las cuencas hidrográficas de importancia.

7. Se destaca la ausencia, o bajo número de grupos de investigación vigentes, de datos vinculados con la determinación de Hg en poblaciones humanas de riesgo dentro del país.
8. 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*. 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. En Argentina no existe legislación sobre Hg en *sedimentos*.

Conclusiones del Proyecto PNUD ARG/18/G25

Si bien en un primer relevamiento dependientes organismos públicos es amplia y respondería a las necesidades locales vinculadas con las poblaciones más sensibles, no obstante, el país no cuenta con una red a nivel nacional enfocada exclusivamente en el seguimiento de las concentraciones de mercurio en las distintas matrices ambientales. Con respecto a la capacidad tecnológica del sector privado está garantizada y en su mayoría, los ensayos se encuentran acreditados por el OAA.

Con respecto a los puntos de monitoreo existentes relevados no se encuentran compilados en una base de datos armonizada, no todos son de acceso público y muchos carecen de información metodológica, por lo que resulta complejo acceder a la información, evaluarla y realizar análisis comparativos. Asimismo, sólo existen puntos aislados en los que distintos organismos realizan mediciones periódicas o han realizado mediciones puntuales en el pasado.

Se ha detectado una insuficiente capacidad de identificación de sitios contaminados.

Se necesita profundizar los conocimientos sobre la situación de la capacidad tecnológica y de recursos humanos del sector público (estado de los equipos, disponibilidad de reactivos y otros insumos, cantidad de personal, entre otros), teniendo en cuenta que actualmente algunas instituciones destacan ciertas dificultades en relación a este aspecto.

Si bien se conocen mecanismos de pruebas de aptitud interlaboratorios públicos, se reconoce la necesidad de fortalecer la capacidad institucional para asegurar la calidad de los resultados.

Red de Monitoreo Ambiental de Mercurio

Propuesta de Red de Monitoreo Ambiental de Mercurio (REDMAM)

Como bien concluye el Proyecto PNUD ARG/17G25 “Evaluación de las Capacidades Nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre mercurio en Argentina (MIA)”, el país no cuenta con una red a nivel nacional enfocada exclusivamente en la gestión del mercurio. Por ello se creyó fundamental comenzar con el forjamiento de una red de laboratorios que trabajen en conjunto y sinérgicamente para dar respuesta a dicha problemática.

Se identificaron los siguientes posibles organismos involucrados en la red de monitoreo:

- Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (Acumar)
- Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS)
- Instituto 3IA de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)
- Laboratorio Ambiental de la Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV)
- Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)
- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
- Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)
- Otras universidades y laboratorios interesados de todo el país , etc.

En consonancia con ello, se comenzó con el contacto directo con universidades y laboratorios interesados (y que previamente habían trabajado con mercurio) y luego de varias reuniones se dieron las bases para el armado de la red. De la misma, participan en conjunto con el Proyecto SIP, integrantes del Instituto 3IA de la Universidad de San Martín, de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y de la Universidad Nacional de Avellaneda.

Luego de varios encuentros se crearon grupos de trabajo para organizar las actividades.

Figura 7. Reunión con la Red de Monitoreo Ambiental de Mercurio



Fuente: MAyDS, 2021.

Dentro de ellas, la elaboración de un proyecto piloto de monitoreo ambiental de mercurio. A continuación, se detallará en que consiste el mencionado proyecto.

Propuesta de proyecto piloto

Como bien concluye el Proyecto PNUD ARG/17G25 “Evaluación de las Capacidades Nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre mercurio en Argentina (MIA)”, el país no cuenta con una red a nivel nacional enfocada exclusivamente en el seguimiento de las concentraciones de mercurio en las distintas matrices ambientales. Por ello se creyó fundamental comenzar con el forjamiento de una red de laboratorios que trabajen en conjunto y sinérgicamente para dar respuesta a dicha problemática.

En consonancia con ello, en el año 2020 se comenzó con el contacto directo con universidades y laboratorios interesados (y que previamente habían trabajado con mercurio) y luego de varias reuniones se dieron las bases para el armado de la red. De la misma participan, en conjunto con el Proyecto SIP, integrantes del Instituto 3IA de la Universidad de San Martín, de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y del Laboratorio Ambiental de la Universidad Nacional de Avellaneda. Paralelamente se está trabajando con otros actores interesados para que participen de la misma como SEGEMAR, Salud Bocal, Centro Toxicológico y otras instituciones científico-técnicas.

Entendiendo que es fundamental articular con el sector científico-académico, integrantes del Proyecto SIP junto con la Comisión Nacional de Energía Atómica

(CNEA) y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) avanzaron en la elaboración de una propuesta que permita sentar las bases de una red de laboratorios integrada por establecimientos de distintos puntos del país, que cuenten con capacidad o interés por el monitoreo y análisis de Hg. Entendiendo dicha red como una estructura dinámica, la cual percibe un crecimiento a medida que se avanza con la interacción entre actores.

Como consecuencia de dicha labor, se han formados distintos grupos de trabajo relativos a la gestión integral del mercurio (Hg), entre los que se destaca el grupo “Plan de Monitoreo”. Dicho grupo ha realizado varios encuentros, y en los mismos se han desarrollado diferentes opiniones y distintas propuestas, para confluir en los lineamientos de la propuesta del “Plan de Monitoreo”, identificando desafíos y oportunidades, y que a continuación se detallarán.

Selección del sitio para el proyecto piloto

Para la selección del “sitio modelo”, el grupo de trabajo tomó en consideración los resultados obtenidos en el Proyecto PNUD ARG/17G25 “Evaluación de las Capacidades Nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre mercurio en Argentina (MIA).

Como se mencionó anteriormente, el mencionado informe final del Proyecto MIA aportó datos relevantes sobre los valores de emisiones y liberaciones de Hg (kg de Hg/año), estimados en el “Inventario Nacional de emisiones y liberaciones de Mercurio”, según distribución y tipo de fuente, información sobre sitios contaminados y laboratorios con capacidades para determinaciones analíticas de Mercurio (Hg).

Para la selección del sitio a monitorear se ponderaron los siguientes factores:

- Flujo de salida por fuente emisora.
- Matriz receptora de las emisiones y liberaciones.
- Factor de exposición.
- Cantidad de fuentes por provincia.
- Cantidad de laboratorios instalados en cada provincia.
- Organismos provinciales con antecedentes en la materia.

Considerando estos factores, se pudieron obtener las siguientes conclusiones (tabla

2).

Tabla 2. Identificación de fuentes relevantes

ACTIVIDAD	60% Subproductos e impurezas	15% Desechos que recibirán tratamiento	7% Desechos generales	7% Aire	7% Agua	5% Suelo
Extracción de oro por métodos distintos a amalgamación de oro	56.358	6.162				
Producción de cemento	372			1.118		
Producción de cloro-álcali		4.100		143		
Consumo y producción de energía:				2.148		
- Todas						
- Extracción y procesamiento de gas natural	1.327	1.548				
Productos con Mercurio Añadido		2.400	5.339	2.752	5.033	4.103
Quema de basurales a cielo abierto				1.563		

Tratamiento de aguas residuales		906	1.379		12.909	
Disposición informal de desechos generales				625	625	5.000

La fuente “*Extracción de oro por métodos distintos a la amalgamación con mercurio*” es la que contribuye en mayor proporción en las liberaciones de Hg (56358 Kg Hg/año a la vía Subproductos e impurezas y 6162 Kg Hg/año a la vía Desechos que recibirán tratamiento), en la práctica se ha constatado que estos desechos están sujetos a una normativa relativa a la gestión de residuos peligrosos y auditorías periódicas que permiten concluir que son adecuadamente gestionados y monitoreados.

Por su parte, las fuentes “Producción de cloro-álcali” y “Extracción y procesamiento de gas natural” presentan también importantes valores de liberaciones de Hg, las mismas son principalmente a vías intermedias en forma de desechos que recibirán algún tipo de tratamiento (4100 y 1548 Kg Hg/año respectivamente) y subproductos e impurezas (1327 Kg Hg para la segunda fuente) o que en general, se encuentran ligadas a sistemas de gestión que aseguran su adecuado tratamiento y disposición y, por ende, reducen sustancialmente el riesgo de exposición.

Contrariamente, las fuentes “Uso de PMA” y “Gestión Informal de Residuos” (subcategorías: “Quema de basurales a cielo abierto”, “Tratamiento de aguas residuales” y “Disposición informal de desechos generales”), contribuyen principalmente a liberaciones y emisiones a vías directas al ambiente, las cuales suponen mayores riesgos para las poblaciones potencialmente expuestas.

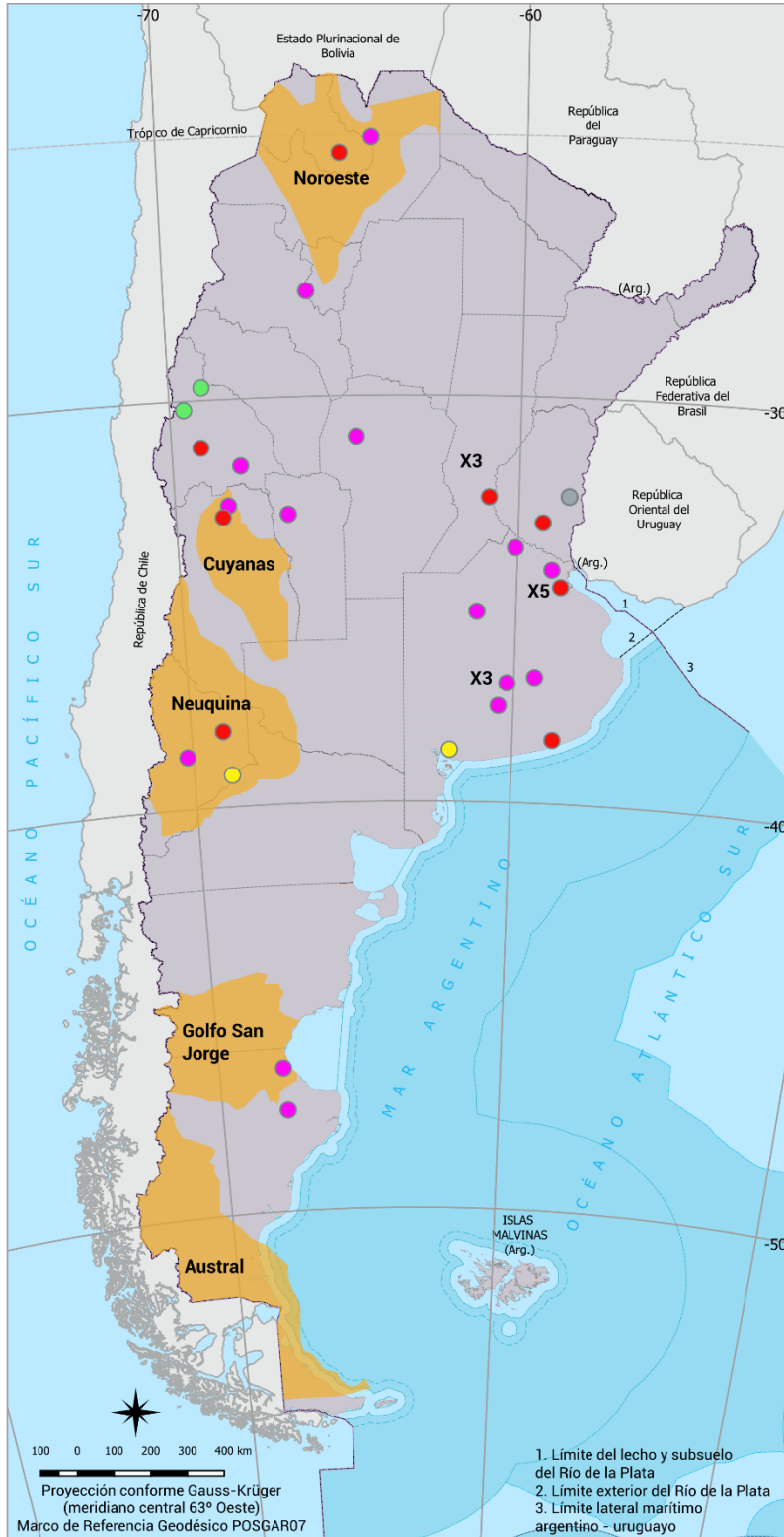
La fuente “Uso de Productos con Mercurio añadido PMA” emite 2752 Kg Hg/año al aire, 5033 Kg Hg/año al agua y 4103 Kg Hg/año al suelo. La importancia para esta fuente está dada porque además de generar emisiones y liberaciones significativas a vías directas, es una fuente que está muy dispersa debido a la amplia variedad de PMA que existen y a la facilidad del acceso y adquisición de los mismos.

La fuente “Gestión Informal de Residuos” emite 1563 Kg Hg/año al aire con la quema en basurales a cielo abierto, 12909 Kg Hg/año al agua con el tratamiento de aguas

residuales y 5000 Kg Hg/año al suelo con la disposición informal de desechos generales.

Como resultado de del análisis de estos datos, si bien todas las fuentes son de relevancia, se busca hacer hincapié en las fuentes mencionadas relacionadas a la “Gestión Informal de Residuos” y “Uso de PMA” (vínculo estrecho entre ambas, ya que los PMA representan grandes riesgos cuando son desechados al llegar al final de su vida útil), ya que como se mencionó generan emisiones y liberaciones a vías directas (suelo, aire y agua) lo cual aumenta considerablemente la exposición de la población y por ende aumenta el riesgo.

Figura 8. Localización de posibles puntos de monitoreo



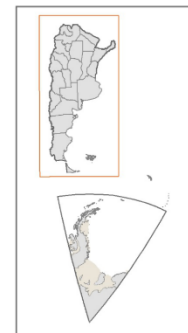
República Argentina, parte continental americana

Referencias

Localización de posibles puntos de monitoreo

- Operadoras de residuos peligrosos habilitadas
- Industrias mineras
- Producción de cloro-álcali
- Cementeras
- Producción de pulpa de papel
- ▶ Cuencas petroleras productivas

Otros puntos importantes: rellenos sanitarios y basurales a cielo abierto



Fuente: Evaluación Inicial de las capacidades nacionales para la implementación del Convenio de Minamata sobre el mercurio en Argentina, MAyDS, 2018.

Sitio piloto

Por lo expuesto anteriormente, se ha decidido elegir como posible sitio a monitorear un área que cuente con la presencia cercana de basurales a cielo abierto o microbasurales (principalmente) o rellenos sanitarios.

Una de las razones que justifica esta elección (como se mencionó previamente), es la alta exposición de la población a riesgos, principalmente de aquellas personas en situación de vulnerabilidad, las cuales presentan menor capacidad de dar respuesta frente a cualquier evento de intoxicación con el metal en cuestión.- Cabe resaltar que en general no se cuenta con información respecto a niveles de mercurio presentes en estos sitios potencialmente contaminados (principalmente en los basurales a cielo abierto), lo cual agrava más la situación y refuerza el interés y necesidad de realizar actividades de monitoreo en estos sitios.

El sitio piloto podría tratarse entonces de un basural a cielo abierto, relleno o microbasural dentro de la provincia de Buenos Aires, ya que allí existe una alta probabilidad de ocurrencia de casos de exposición, asociados a valores altos de densidad poblacional ya que hay mayor consumo de PMA que provoca mayor cantidad de residuos con mercurio, y mayor número de personas que puedan sufrir la exposición. . Por otro lado, Bs.As es la provincia con mayor número de laboratorios e instituciones científicas capacitadas para el desarrollo del monitoreo.

Si bien el sitio se encuentra en la provincia de Bs.As, el éxito del Proyecto supone la **posibilidad de una estrategia nacional y federal**. Por ello se pretende involucrar a organismos de distintos lugares del país para que participen en todo el proceso de trabajo, favoreciendo el intercambio de información y conocimiento, como así también para establecer y/o fortalecer vínculos con distintos organismos públicos o instituciones científicas de las provincias y/o municipios del país.

Fortalecimiento de una unidad local para apoyar el muestreo, procesamiento y otras actividades de control del mercurio

Para que dicho proyecto de monitoreo de mercurio se llevará a cabo y permitiera poner en acción las futuras muestras de las distintas matrices ambientales, es necesario fortalecer las capacidades analíticas de algún laboratorio.

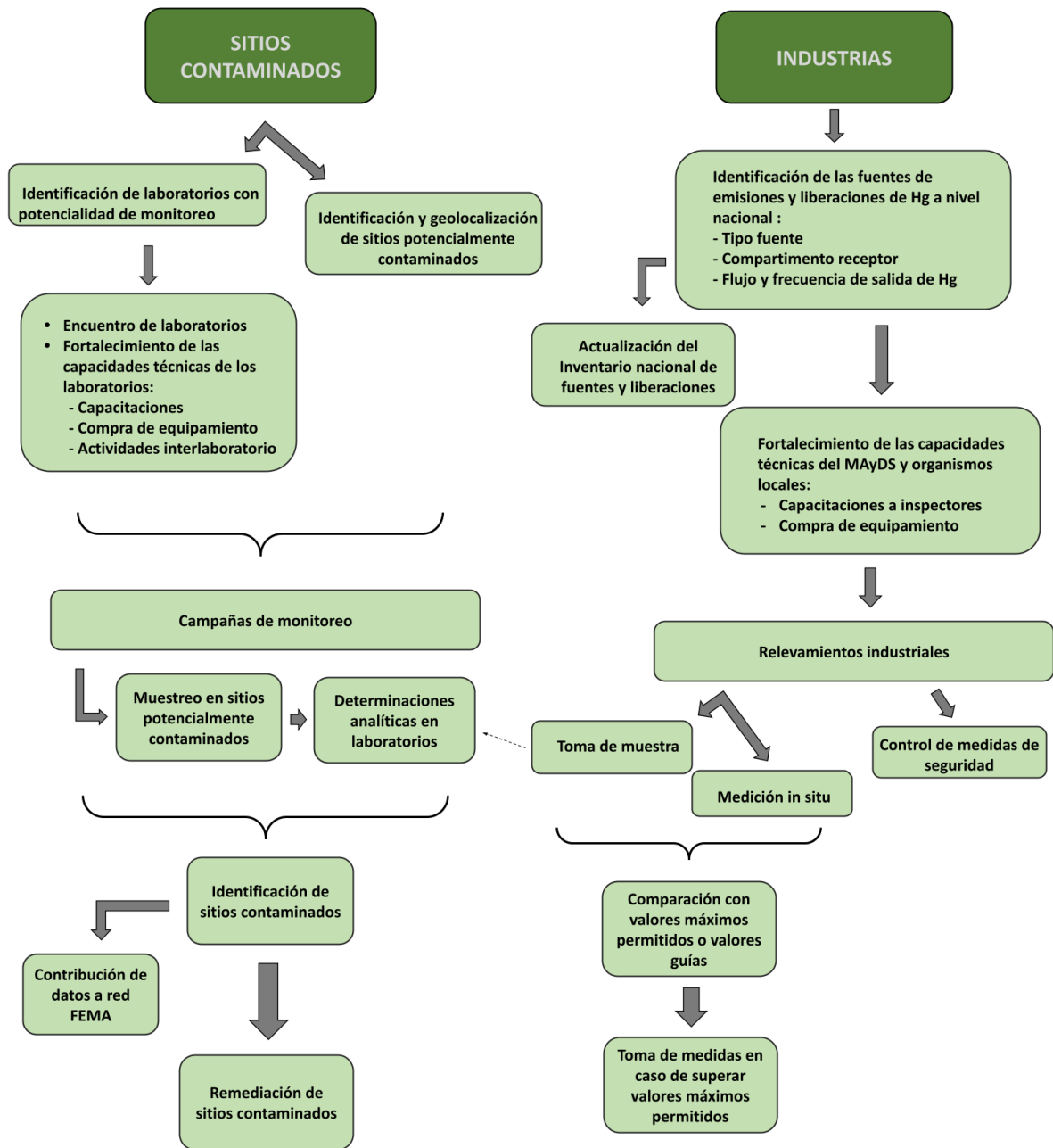
En este sentido, a fin de mejorar las capacidades de investigación y control del mercurio, de acuerdo con los Artículos 12º y 19º del Convenio de Minamata, para crear la base necesaria para que el país genere datos y estadísticas locales sobre emisiones y liberaciones de mercurio, exposición y sitios contaminados, así como para monitorear las actividades de gestión de mercurio, el Proyecto SIP se propone equipar una unidad local para apoyar y alcanzar dicho objetivo mejorando así la capacidad analítica de por lo menos un laboratorio.

El diseño e implementación de un espacio tipo laboratorio incluye equipamiento robusto para la gestión y conservación de muestras, y equipos de análisis de mercurio, además, equipo de campo capaz de evaluar sitios potencialmente contaminados y desarrollar planes de gestión, generando esfuerzos para mejorar la aplicación de los artículos 12, 17, 18 y 19 del Convenio de Minamata.

Este diseño y desarrollo consistió:

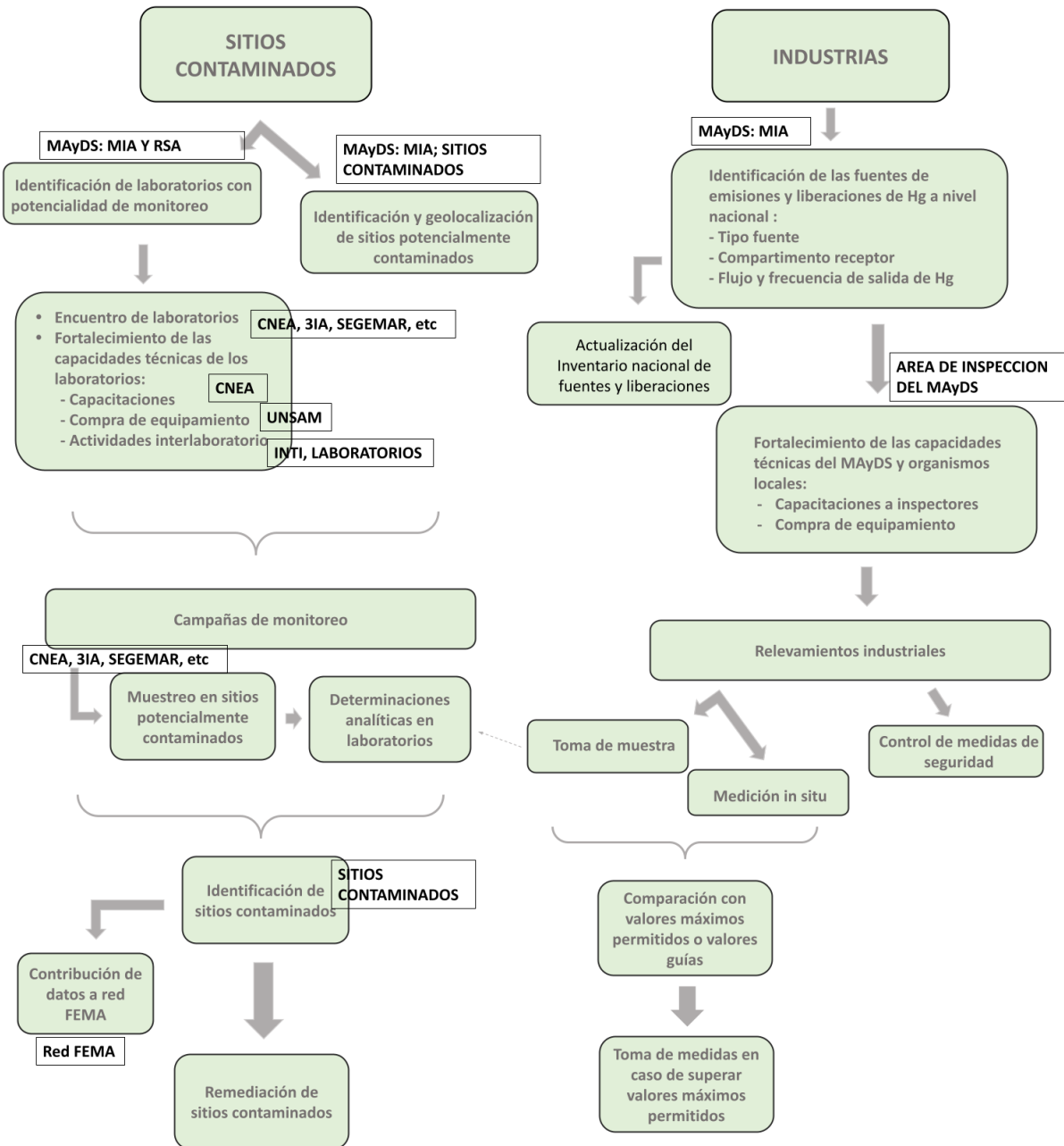
→ **Relevamiento inicial y elección de destinatarios de equipamiento:** se ha recopilado toda la información existente respecto a la capacidad instalada de instituciones para monitoreo de mercurio. Se creó un mapa de actores relevantes para favorecer al avance y ejecución de las actividades (Figura 9 y 10).

Figura 9. Plan de monitoreo, control y vigilancia, y fortalecimiento de las capacidades



Fuente: MAyDS, 2021

Figura 10. Mapa de actores



Fuente: MAYDS, 2021.

→ Requisitos selección de los destinatarios del equipamiento

Para la selección de los destinatarios del equipamiento, se priorizaron las universidades nacionales que reportaron interés en trabajar con la temática de mercurio. Se detalla a continuación los requisitos para la selección de los destinatarios:

- 1) **Fuentes de emisión y/o liberación y sitios potencialmente contaminados** (Fuente: MIA) Se tuvo en cuenta la magnitud y cantidad de fuentes de emisión y liberación de mercurio en las distintas provincias en donde se encuentran distribuidos los laboratorios relevados.
- 2) **Matrices:** Las matrices a las que se le dio mayor relevancia fueron a la matriz aire, peces, suelo/sedimentos.
- 3) **Estado de situación de los laboratorios:** se decidió fortalecer a aquellos laboratorios que demostraron a través de respuesta a las encuestas realizadas, la necesidad de equipamiento para las determinaciones analíticas de mercurio.
- 4) **Solvencia económica y recursos humanos:** se le dio prevalencia a los laboratorios que demostraron poseer la solvencia económica que garantice el uso y mantenimiento del equipamiento como así a aquellos que cuentan con los recursos humanos capacitados para el monitoreo de mercurio en distintas matrices.
- 5) **Posibilidad de articulación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** este criterio es de particular importancia ya que es el principal componente a la hora de establecer relaciones entre el ministerio y los laboratorios.
- 6) **Cercanía al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** se consideró que aquellos laboratorios ubicados en cercanías al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible serían los más apropiados a la hora de generar vínculos y brindar servicios.
- 7) **Actividades interlaboratorio:** se consideró un factor importante la participación de los laboratorios en actividades interlaboratorio y/o su interés de realizar este tipo de actividad a futuro.

→ Procedimiento de elección

La encuesta fue enviada al listado de laboratorios con capacidad de monitoreo de mercurio ubicados en aquellas provincias donde se encontraban las fuentes de emisión o liberación de mercurio más relevantes y en mayor cantidad.

En primera instancia, se seleccionó a los laboratorios que respondieron a dicha encuesta ya que resulta un factor muy importante el interés de los mismos en cuanto

a las determinaciones de mercurio.

Se realizó luego una segunda selección teniendo en cuenta la consideración 1, es decir que fueron seleccionados los laboratorios situados en las provincias que contaban con gran número de fuentes de emisión o liberación de mercurio. A su vez se consideró relevante la cercanía de los laboratorios al actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, lo cual facilitaría las relaciones y trabajo entre ambos actores (consideración 6). Como resultado, fueron seleccionados los laboratorios situados en la provincia de Buenos Aires. Los mismos se detallan a continuación:

- División de Desarrollos Analíticos, Gerencia Química, CNEA
- Laboratorio Experimental de Calidad de Aguas, INA.
- Coordinación de Activos y Residuos Químicos, SENASA
- Laboratorio Ambiental, UNDAV
- Dirección de servicios analíticos, SEGEMAR
- Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3IA), UNSAM
- Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, UNLP
- Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), UNLP-CONICET

Como se mencionó anteriormente, es de nuestro interés fortalecer a las instituciones que se encuentran en una situación económica no muy favorable y potenciarlas con respecto al resto de las grandes instituciones científicas líderes. Por lo tanto, se tuvo en cuenta (consideración 3) a los laboratorios que demostraron carecer de equipamiento en óptimas condiciones para el monitoreo de mercurio, y que a su vez garantizaron:

Posibilidad de llevar a cabo muestreos (ellos mismos o trabajo en conjunto con grupos de la misma institución) y determinaciones analíticas de mercurio en las matrices relevantes (consideraciones 2 y 4). Esto aseguraría que el laboratorio cuenta con los recursos humanos capacitados tanto para el muestreo como para las determinaciones analíticas en las matrices de interés, y por ende está en condiciones de utilizar el equipamiento; solvencia económica para el mantenimiento y uso del equipo (consideración 4). Es muy importante cerciorarse de que el laboratorio está en condiciones de poder mantener el equipo y así garantizar su uso; participación en actividades interlaboratorio y/o interés en realizar a futuro (consideración 7). Estas actividades dan una idea del interés del laboratorio en cumplir con los métodos estandarizados para los ensayos en el laboratorio.

La elección final del destinatario estuvo regida por la posibilidad de vínculo entre la Dirección Nacional de Sustancias y Residuos Peligrosos y las instituciones científicas ya que es un factor clave a la hora de tomar dicha decisión (consideración 5). Se

presentó entonces la oportunidad de generar vínculos con el Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental (3IA) de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y con el Laboratorio Ambiental de la Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV), los cuales cumplían con todos los requisitos detallados anteriormente.

Luego de varias reuniones en donde participaron los integrantes del 3IA y de la Dirección Nacional de Sustancias y Residuos Peligrosos del MAyDS, y paralelamente reuniones con el equipo del Proyecto SIP y la Universidad de Avellaneda, en donde todos los actores demostraron interés mutuo, se logró tomar la decisión final, eligiendo a estas dos instituciones científicas como destinatario del equipamiento.

1) Instituto 3IA, Universidad Nacional de San Martín

En base a los requerimientos expresados por dicha institución para poder contribuir en el monitoreo de mercurio, se favorecerá a la misma con la compra de:

- Espectrofotómetro de absorción y emisión atómica, marca Shimadzu, modelo 24.471,20 1 unidad 24.471,20 AA-7000F/AAC para análisis por llama, fabricado en Japón. N/P 206-77500-58 (**Figura 11**).

Figura 11. Espectrofotómetro de absorción y emisión atómica, marca Shimadzu, modelo 24.471



Fuente: MAyDS, 2023.

Características generales: Espectrofotómetro de absorción y emisión atómica con Software de control y procesamiento de datos y la unidad de muestreo dual para cambio automático llama/horno y posicionamiento automático por software del sistema de atomización. Monocromador con red de difracción holográfica en montaje tipo Czerny-Turner con corrección de aberraciones. Posee un rango espectral de 185.0 a 900.0 nm y una resolución con cambio automático seleccionable en 0.2; 0.7; 1.3; 2.0 nm. Espectro de la lámpara cerca de la línea analítica, y monocromador fijado automáticamente en el máximo de emisión. La torreta de lámparas, con posicionamiento automático controlado por la computadora, admite 6 lámparas de cátodo hueco como mínimo y permite encender dos lámparas simultáneamente, una en uso y la otra en precalentamiento para el análisis siguiente. La óptica es de doble haz para llama y de simple haz de alto rendimiento para horno de grafito; deberá disponer de un sistema fotométrico de alta velocidad y frecuencia dual simultánea, con dos métodos de corrección de fondo, por lámpara de deuterio de cátodo caliente y por auto-inversión de líneas espectrales usando lámparas de cátodo hueco de alta

intensidad. Permite trabajar en modos emisión, sin corrección de fondo, con corrección de fondo por lámpara de deuterio y con corrección de fondo por método de autoinversión. La frecuencia de operación de las lámparas es como mínimo de 500Hz para asegurar una corrección eficiente en el caso de atomización electrotérmica. En el caso de usar la lámpara de deuterio, el balanceo de intensidad de haces será automático. El detector es de tipo fotomultiplicador.

→ Accesorios y complementos que incluye:

Generador de Hidruros: hace posible la determinación cuantitativa rápida y precisa de trazas de As, Se, Hg, Sn, Sb, Te, Bi, etc. Es de alta sensibilidad y precisión, de operación sencilla y sin contaminación cruzada. Su principio de operación es tal que se hacen entrar al recipiente de reacción la solución de la muestra, ácido clorhídrico y solución de borohidruro de sodio. El hidrógeno nascente reduce los metales a los hidruros gaseosos correspondientes. La fase gaseosa se separa de la fase líquida e ingresa en la celda calentada para ser atomizada y medida. Método de obtención de hidruros: Método de flujo continuo. Agente reductor: NaBH_4 Velocidad de toma de muestra: variable de 0 a 8 ml/min. Velocidad de entrada de reactivo: variable de 0 a 3 ml/min. Atomizador: Celda de absorción (Calentamiento con llama de aire- C_2H_2). Gas portador: Argón, 3,2 kgf/cm², 70 ml/min.

Muestreador automático: único tanto para inyección en el horno de grafito como para introducción de muestras en la llama, en el generador de hidruros y para micromuestreo en llama. Análisis secuencial automático de no menos de 12 elementos en por lo menos 60 muestras, con agregado automático de por lo menos 4 modificadores de matriz. Funciones de detección de cero, autodiagnóstico, enjuague automático, preparación automática y acceso aleatorio. En modo GFA prepara automáticamente los patrones de calibración por dilución automática de patrones concentrados. La obtención de las curvas de calibración se hace en forma automática, tanto por el método de patrones externos como por el método de agregado patrón. La medición de las muestras también es automática, y en caso de que alguna presente una absorbancia mayor que la del patrón más concentrado, deberá ser diluida automáticamente y re-analizada, teniendo en cuenta el factor de dilución para el informe final de concentraciones. En el caso de muestras de muy baja concentración, el sistema podrá pre-concentrarlas en forma automática en las mediciones por horno de grafito.

Pico para conectar el HVG-1 al muestreador automático ASC-6000/6100F/7000, marca Shimadzu, fabricado en Japón. N/P 206-67563.

Lámpara de cátodo hueco, de intensidad normal, marca Hamamatsu fabricada en China, para determinación de Mercurio. N/P SSOT-AK0001-OHG.

Lámpara de cátodo hueco, de intensidad normal, marca Hamamatsu, para determinación de Arsénico. N/P SSOT-AK0001-OAS.

Compresor de aire silencioso para equipos de absorción atómica, marca Shimadzu, fabricado en Japón. N/P 208-91750-36. Requerimientos Electricos: 230V AC 220/230V, 50/60 Hz.

→ Soluciones Estándar:

- Solución Estándar de Mercurio, concentración: 1000 ug/mL, para AA e ICP, marca SPEX, N/P: PLHG4-2X
Matriz: HNO₃ 10%
Presentación: Botella de 500 ml, 1 unidad
- Solución Estándar de Arsénico, concentración: 1000 ug/mL, para AA e ICP,2 marca SPEX, N/P: PLAS1-2X
Matriz: HNO₃ 2%
Presentación: Botella de 500 ml, 1 unidad

→ Para su uso e instalación se necesita de los siguientes PRODUCTOS Y SERVICIOS, los cuales serán otorgados a esta institución:

- UPS 10 KVA para la instalación y funcionamiento del equipo (**Figura 12**).

Especificaciones técnicas: UPS marca American Wise Power (AWP) 10 KVA Modelo APO fabricadas por EAST GROUP CO LTD. Autonomía para una corrida en equipos GC MS de 35 a 45 minutos según el consumo promedio.

Factor de potencia = 0,9. Tecnología On Line doble-conversión. Protección a tiempo completo. Baja reinyección de armónicos (iTHD < 3%). • Alto factor de potencia a la entrada (pf > 0,99). Configuración redundante paralelo 1 + 1.I. Amplia gama de tensión de entrada, reduce el uso de baterías. Capacidad de arranque en baterías, cuando falta la red comercial. LCD multilinguaje de fácil visualización. Software de gestión, gestiona en tiempo real, en forma local y / o remota. Soporta cualquier tipo de Grupo Electrónico, sin alterar la calidad de energía entregada a los consumos.

Figura 12. UPS 10 KVA.



Fuente: MAyDS, 2022

- Instalación del sistema de aspiración (campana piramidal, clapeta reguladora del caudal de aspiración, ductos de extracción, extractor tipo centrifugo multipala y chimenea tipo americano).

Figura 13. Instalación del sistema de aspiración y mesada.



Fuente: MAyDS, 2022

- Adecuación, reforma e instalación de mesada; adecuación de cañería de gases y reguladores para acetileno (**figura 14**).

Figura 14. Reguladores para el acetileno.



Fuente: MAyDS, 2022

→ Adecuación de cañería de gases y reguladores para Argón.

2) Laboratorio Ambiental de la Universidad Nacional de Avellaneda

En base a los requerimientos expresados por dicha institución para poder contribuir en el monitoreo de mercurio, se favorecerá a la misma con la compra de:

→ Digestor para metales DEENA II (**figura 15**)

Figura 15. Digestor para metales DEENA II



Fuente: MAyDS, 2023.

Características generales: Este digestor es capaz de automatizar la adición, preparación de muestras y digestión de químicos utilizados en el análisis de mercurio y metales en laboratorios ambientales y eliminar la dispensación manual de ácidos corrosivos y otros reactivos peligrosos. Tiene capacidad para calentar, agitar y diluir las muestras hasta un volumen final. También, permite medir el color de las muestras de acuerdo al requisito de los métodos de preparación de muestras para determinación de Hg. Garantiza que cada muestra se trate exactamente de la misma manera, protegiendo contra errores humanos. Posee 60 posiciones con viales de 50ml, y los trata a una temperatura de al menos 180°C de manera de asegurar una perfecta digestión de todos los metales presentes en la muestra. Permite utilizar hasta 12 reactivos. Cuenta con brazos de fibra de carbono para garantizar la resistencia a la corrosión, Además asegura un llenado preciso a volumen contar con conexión USB, compatibilidad bluetooth y purga de aire interna. Cuenta con un software intuitivo y completamente personalizable. Tiene la potencialidad de alojar viales de polipropileno (termostatizables hasta 135 ° C), de PTFE (termostatizables hasta 200 C°).

Ventajas principales para el usuario: Reduce la manipulación manual de ácidos; Aumenta la eficiencia de las digestiones; Libera al analista de tareas rutinarias y nocivas; Garantiza resultados consistentes; Mejora la seguridad de los laboratorios.

Aplicaciones y beneficios: Todos los laboratorios requieren de instrumentación para desarrollar su actividad, que facilite y contribuya a hacer más fácil la labor diaria de sus analistas. Un buen instrumento, además de ser fiable, debe estar al alcance de todo laboratorio moderno sin importar su tamaño, ni el volumen de muestras diarias que deba acometer. Este analizador automático es más preciso que la técnica manual que intenta emular, y además demuestra su rentabilidad con un coste/parámetro que resulta competitivo y amortizable en un plazo razonablemente corto. Posee una buena reputación por su cuidado diseño, extremada durabilidad y la facilidad de manejo. Se aplican para un amplio espectro de sustancias y matrices. Las más comunes son: aguas (de todo tipo: salobres, potables, residuales, cuenca, embalse, lixiviado, pozo, negras, etc.), suelos y foliares, vinos, carnes, piensos, fertilizantes, y hasta un total de 800 metodologías. Esto permite que se mejore la capacidad técnica instalada del laboratorio al que se destina el equipo. De esta forma incrementa su nivel técnico y lo convierte en una potencial institución totalmente capacitada técnicamente para el monitoreo de mercurio. Accesorios y complementos que incluye: US Power Cable 240 VAC 15^a 3m; DEENA sample rack Low temp 50 ml flat bottom; 50 ml SEAL Digi Tube W/Cap 250 /pk Lámpara de cátodo hueco para medir Hg y As.

El laboratorio cuenta con un Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Thermo. Sin embargo, han expresado la falta de la lámpara de cátodo hueco para el análisis de mercurio con este equipo. La misma debe ser comprada al proveedor de la marca Thermo. Además, se incluyó una lámpara de cátodo hueco para la determinación de Arsénico ya que carecían de la misma y es una forma de fortalecer al laboratorio para que contribuyan a la determinación de este elemento tóxico comúnmente presente en agua.

→ Lámpara de Cátodo Hueco para mercurio (figura 16):

- Marca: Thermo Fisher Scientific
- Especificaciones técnicas: Lámparas de Cátodo hueco Uncoded de dos pines, para espectrómetros de Absorción Atómica marca Thermo Fisher Scientific para medir Mercurio.

→ Lámparas de Cátodo Hueco para arsénico (figura 16):

- Marca: Thermo Fisher Scientific

- Especificaciones técnicas: Lámparas de Cátodo hueco Uncoded de dos pines, para espectrómetros de Absorción Atómica marca Thermo Fisher Scientific para medir Arsénico.

Figura 16. Lámparas de Cátodo hueco de Hg y As.



Fuente: MAyDS, 2021.

→ Soluciones Estándar (figura 17):

- Solución Estándar de Mercurio, concentración: 1000 ug/mL, para AA e ICP, marca SPEX, N/P: PLHG4-2X. Matriz: HNO₃ 10%. Presentación: Botella de 500 ml, 1 unidad.
- Solución Estándar de Arsénico, concentración: 1000 ug/mL, para AA e ICP,2, marca SPEX, N/P: PLAS1-2X. Matriz: HNO₃ 2%. Presentación: Botella de 500 ml, 1 unidad.

Figura 17. Soluciones estándar de mercurio y arsénico.



Fuente: MAyDS, 2021.

Estas soluciones estándar son necesarias para la calibración del espectrofotómetro de absorción atómica con el que cuenta el laboratorio.

El proceso de elección del equipamiento adecuado, ha sido un trabajo en conjunto con las/los técnicas/os de los laboratorios beneficiarios del equipamiento, y con la correcta asesoría de los técnicos pertenecientes a las empresas proveedoras del equipamiento.

Una vez elegido el mejor equipamiento en relación costo/beneficio, se continuó con los procesos administrativos necesarios para poder llevar a cabo su compra. Ello supuso un gran esfuerzo y trabajo en conjunto con las universidades beneficiarias, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación y el INTI (tabla 3).

Tabla 3. Equipamiento a laboratorios y sus costos.

Equipamiento a laboratorios			
Nombre del bien/servicio		Univ. destinada	Monto estimado (PESU)
1	Adquisición UPS 10KVA para funcionamiento de espectrofotómetro	UNSAM	\$292.560,00
2	Instalación de mesa base y sistema de aspiración para equipo espectrofotómetro de absorción atómica	UNSAM	\$245.530,00
3	Adecuación de cañería de gases y reguladores para Argón	UNSAM	\$503.617,00
4	Adquisición del Espectrofotómetro de absorción atómica	UNSAM	\$3.436.400,22 USD 32.999,08
5	Adquisición de un sistema automático para preparación de muestras y digestión para metales DEENA II	UNDAV	\$2.858.125,00 USD 26.900,00

6	Adquisición de lámparas de cátodo hueco para medir Hg y As	UNDAV	\$207.613,40
7	Adquisición de Estándares de Hg y As	UNSAM Y UNDAV	\$59.764,30

→ **Aspectos legales relacionados con la compra de los bienes**

Para llevar a cabo la compra, fue necesario realizar distintos documentos legales acompañados de informes técnicos que sustentan dicha compra. Se dispusieron las especificaciones técnicas para el armado de los documentos legales. Se articuló con las universidades beneficiarias y con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial, para poder dar lugar a los procesos administrativos.

Se realizaron los siguientes convenios de asistencia, colaboración y cooperación para la gestión de mercurio y sus desechos.

Conclusiones y oportunidades

Uno de los principales desafíos que enfrenta la Argentina respecto a la gestión de mercurio, es la falta de datos armonizados respecto a niveles de mercurio presentes en distintas matrices a lo largo de todo el territorio, incluyendo la información de sitios contaminados o potencialmente contaminados. Es el caso particular de los basurales, cuya identificación y localización reviste cierta dificultad, ya que son fuentes dinámicas en cambio constante.

Abonando sobre la política pública ambiental implementada desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del “Plan Federal de Erradicación de Basurales a Cielo Abierto”, este proyecto se suma al compromiso de mejorar la calidad de vida de la población y el cuidado del ambiente. También se encuentra enmarcado en la necesidad de dar respuesta a los compromisos asumidos mediante la ratificación del Convenio de Minamata sobre mercurio mediante la ley 27.356, mediante el involucramiento de sectores con alto conocimiento y trayectoria, potenciando y fortaleciendo capacidades nacionales para la implementación del Convenio.

Este informe ha presentado los principales hallazgos y conclusiones sobre el monitoreo ambiental del mercurio y propone la conformación de una red de monitoreo que inicie con una experiencia piloto que pueda luego ser replicada a escala federal.



Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sostenible
Argentina

