



CONVENIO
DE MINAMATA
SOBRE EL MERCURIO

Distr. general
24 de agosto de 2021

Español
Original: inglés

**Conferencia de las Partes en el Convenio de Minamata
sobre el Mercurio**

Cuarta reunión

En línea, 1 a 5 de noviembre de 2021*

Tema 4 i) del programa provisional**

**Cuestiones para el examen o la adopción de medidas por
la Conferencia de las Partes: evaluación de la eficacia**

**Aplicación del artículo 22 del Convenio de Minamata sobre el
Mercurio: evaluación de la eficacia**

Adición

**Orientación sobre la vigilancia del mercurio y los compuestos de
mercurio para apoyar la evaluación de la eficacia del Convenio
de Minamata: resumen**

Nota de la Secretaría

I. Introducción

1. En el párrafo 2 a) de la decisión MC-3/10, relativa a los arreglos para la primera evaluación de la eficacia, la Conferencia de las Partes en el Convenio de Minamata sobre el Mercurio solicitó a la Secretaría que promoviese la labor de evaluación de la eficacia garantizando los servicios necesarios para la preparación de orientaciones en materia de vigilancia que hagan posible obtener información armonizada y comparable sobre los niveles de mercurio en el medio ambiente.
2. En consonancia con el proceso descrito en la sección II más adelante se ha elaborado un proyecto de orientaciones en materia de vigilancia del mercurio y los compuestos de mercurio para apoyar la evaluación de la eficacia del Convenio de Minamata, el cual se ha presentado como documento UNEP/MC/COP.4/INF/12, junto con material complementario disponible, que se recoge en el documento UNEP/MC/COP.4/INF/25.
3. El resumen de las orientaciones se reproduce en el anexo I de la presente nota para su examen por la Conferencia de las Partes en su cuarta reunión.

II. Elaboración de las orientaciones en materia de vigilancia

4. En respuesta a la decisión MC-3/10, la Secretaría, en consulta con la Mesa de la cuarta reunión de la Conferencia de las Partes, preparó una hoja de ruta¹ en la que se esbozaba un proceso iterativo y

* La continuación de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Minamata sobre el Mercurio se celebrará de forma presencial en Bali (Indonesia) y, en principio, está prevista para el primer trimestre de 2022.

** UNEP/MC/COP.4/1.

¹ Los documentos y las presentaciones mencionadas en la presente nota pueden consultarse en línea en <https://www.mercuryconvention.org/en/meetings/cop4#sec971>.

participativo para la elaboración de orientaciones en materia de vigilancia en el contexto de la evaluación de la eficacia.

5. En consonancia con la hoja de ruta, la Secretaría preparó anotaciones al esbozo provisional de las orientaciones en materia de vigilancia y celebró sesiones informativas de participación abierta en línea en junio de 2020 para debatir sobre el proceso de elaboración de las orientaciones. Posteriormente, se invitó a las Partes y organizaciones a identificar expertos que contribuyesen a la redacción de las orientaciones², y contrató a tres consultores para que redactaran capítulos sobre la vigilancia del mercurio en el aire, la biota y los seres humanos.

6. El primer seminario web entre los expertos y consultores identificados se celebró el 15 de septiembre de 2020, y las anotaciones al borrador de las orientaciones se elaboraron teniendo en cuenta las observaciones recibidas. Entre septiembre de 2020 y marzo de 2021 se convocaron nuevas reuniones temáticas en línea para trabajar en las orientaciones.

7. Como resultado del proceso, la Secretaría, en colaboración con los consultores y con el apoyo de los expertos identificados por las Partes y organizaciones, redactó un primer borrador de las orientaciones, que se puso a disposición de las Partes y los interesados pertinentes para que formularan observaciones a más tardar el 15 de abril de 2021. Se recibieron un total de 14 propuestas, procedentes de 8 países y 6 organizaciones.

8. Tras nuevas consultas con expertos, se elaboró un segundo proyecto de orientaciones, acompañado de material complementario, que se puso a disposición de las Partes y organizaciones para su revisión el 15 de julio de 2021. Durante el período de presentación de observaciones se recibió un total de 15 propuestas, de las cuales diez eran propuestas de las Partes y cinco de otras organizaciones.

9. Durante todo el proceso de elaboración de las orientaciones, se ha tratado de abarcar todas las observaciones y modificaciones sugeridas. Se celebraron varias discusiones bilaterales entre los países u organizaciones y la Secretaría o los consultores en un intento de abordar plenamente los comentarios y las enmiendas sugeridas. También se invitó a las Partes y organizaciones a presentar información adicional sobre los programas de vigilancia existentes y los procedimientos operativos estándares disponibles. A pesar de todos los esfuerzos, algunas observaciones y sugerencias no pudieron reflejarse en las orientaciones, en particular las que pedían la eliminación de un texto que había recibido el apoyo de otros revisores. Para apoyar la transparencia y mantener una comunicación abierta, se invitó a las Partes y organizaciones a ponerse en contacto con la Secretaría para analizar las preguntas y observaciones relacionadas con la preparación de las orientaciones, aun cuando consideraran que habían sido reflejadas plenamente en las revisiones.

10. El documento resultante, “Guidance on monitoring of mercury and mercury compounds to support evaluation of the effectiveness of the Minamata Convention” (UNEP/MC/COP.4/INF/12), se presenta en seis capítulos: 1) introducción y objetivos, 2) datos de vigilancia comparables y evaluación de la eficacia, 3) vigilancia del mercurio en la atmósfera, 4) vigilancia del mercurio en la biota, 5) biomonitorización humana y 6) gestión, vigilancia y análisis de datos entre medios. También cuenta con un resumen, una lista de referencias a las publicaciones citadas y un anexo que contiene una visión general de un enfoque escalonado para la vigilancia del mercurio en el medio ambiente y los seres humanos. Un suplemento del documento principal de orientación, titulado “Supplementary material – guidance on monitoring of mercury and mercury compounds to support evaluation of the effectiveness of the Minamata Convention” (UNEP/MC/COP.4/INF/25), consta de dos partes: la parte A, que contiene una visión general de los programas de vigilancia existentes organizados por matriz (vigilancia del aire, de la biota y de los seres humanos), una visión general de las lagunas existentes y una lista no exhaustiva de los procedimientos operativos estándares; y la parte B, que contiene una visión general de los procedimientos de garantía y control de calidad en los análisis de laboratorio y la gestión de datos y un proyecto de plantilla para la presentación de los datos de vigilancia.

11. Además de lo anterior, la Secretaría está elaborando unas orientaciones independientes sobre la vigilancia del mercurio en los lugares donde se realizan actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala, y en sus alrededores.

² En el momento de la redacción de la presente nota, se habían identificado 37 expertos de 16 Partes y 42 de organizaciones para contribuir a la elaboración de las orientaciones.

Anexo I

Orientaciones en materia de vigilancia del mercurio y los compuestos de mercurio para apoyar la evaluación de la eficacia del Convenio de Minamata: resumen

1. En el párrafo 2 del artículo 22 sobre evaluación de la eficacia, el Convenio de Minamata dispone que la Conferencia de las Partes adopte los “arreglos para proveerse de datos monitorizados comparables sobre la presencia y los movimientos de mercurio y compuestos de mercurio en el medio ambiente, así como sobre las tendencias de los niveles de mercurio y compuestos de mercurio observados en los medios bióticos y las poblaciones vulnerables”.

2. El documento “Guidance on monitoring of mercury and mercury compounds to support evaluation of the effectiveness of the Minamata Convention”¹ (en adelante, las “orientaciones en materia de vigilancia”) proporcionan orientación científica y técnica para apoyar a la Conferencia de las Partes en la obtención de datos de vigilancia comparables para la evaluación de la eficacia. El objetivo general de las orientaciones en materia de vigilancia es i) explicar el papel de la vigilancia en la evaluación de la eficacia y establecer expectativas realistas sobre lo que se puede aprender con el tiempo; ii) proporcionar orientación a las Partes y organizaciones que actualmente cuentan con programas de vigilancia sobre los datos y la información que los acompañan que podrían servir de base para la evaluación de la eficacia; y iii) proporcionar orientación a las Partes y organizaciones que deseen desarrollar nuevos programas de vigilancia –o mejorar los existentes– con el fin de contribuir a la evaluación de la eficacia.

3. Las orientaciones en materia de vigilancia están diseñadas en torno a las siguientes cuatro cuestiones normativas generales²:

- a) ¿Han adoptado las Partes medidas para aplicar el Convenio de Minamata?
- b) ¿Han propiciado esas medidas cambios en el suministro, el uso, las emisiones y las liberaciones de mercurio en el medio ambiente?
- c) ¿Se han traducido esos cambios en cambios en los niveles de mercurio en el medio ambiente, los medios bióticos y las poblaciones vulnerables, que puedan atribuirse al Convenio de Minamata?
- d) ¿Hasta qué punto las medidas existentes con arreglo al Convenio de Minamata logran el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos del mercurio?

4. Las orientaciones en materia de vigilancia describen los procesos científicos y técnicos y los principios rectores para recopilar o generar datos de vigilancia comparables. También se refieren a los métodos que pueden utilizarse para comprender la presencia, los movimientos y las tendencias del mercurio en el medio ambiente y en los seres humanos a partir de los datos de vigilancia, con el fin de fundamentar la evaluación de la eficacia. En el texto de las orientaciones se han agrupado las actividades de vigilancia para alcanzar seis objetivos:

- a) Estimación de las concentraciones de mercurio para zonas sin (es decir, sitios de observación) o con (es decir, sitios afectados) fuentes antropogénicas locales;
- b) Identificación de tendencias temporales;
- c) Caracterización de los patrones espaciales;
- d) Estimación de la atribución de fuentes de mercurio antropogénico;
- e) Estimación de la exposición y los impactos adversos;
- f) Cuantificación de los principales procesos ambientales para entender mejor las relaciones causa-efecto.

5. Para cada uno de estos seis objetivos de vigilancia se han formulado preguntas para orientar la recopilación y el análisis de los datos de vigilancia pertinentes y fundamentar la evaluación de la eficacia de manera complementaria. Estas preguntas orientativas se recogen en el capítulo 2 de las

¹ Documento UNEP/MC/COP.4/INF/12.

² Documento UNEP/MC/COP.3/14.

orientaciones en materia de vigilancia³. Las respuestas a las preguntas orientativas proporcionan varias líneas de evidencia con diferentes puntos fuertes y desafíos. En conjunto, forman una serie de pruebas científicas que pueden ofrecer apoyo basado en datos factuales a la evaluación de la eficacia.

6. Para reforzar las pruebas científicas de la evaluación de la eficacia deberían utilizarse datos de vigilancia comparables y de alta calidad. Los protocolos de la garantía y el control de la calidad empleados por los programas de vigilancia existentes proporcionarán una base para generar datos comparables de alta calidad. Los datos generados a partir de los diferentes programas de vigilancia pueden complementarse, según proceda, con datos comparables y de alta calidad procedentes del mundo académico y de la investigación. Ello puede lograrse a través de un conjunto bien documentado y transparente de “indicadores de datos” que permitirá el uso de datos de diferentes fuentes con distintos niveles de garantía y control de la calidad.

7. El aire, la biota y los seres humanos fueron identificados como matrices clave para vigilar las tendencias del movimiento del mercurio desde sus fuentes hasta el medio ambiente y las poblaciones humanas. En las orientaciones en materia de vigilancia se presenta un enfoque escalonado para supervisar las tendencias de esas diferentes matrices, con el fin de apoyar a las Partes y organizaciones que deseen desarrollar nuevos programas de vigilancia, o mejorar los existentes.

8. El enfoque escalonado respecto de las tres matrices puede diferir en función de los objetivos de vigilancia a los que esté dirigido principalmente; sin embargo, en su mayor parte, el nivel 1 pretende aportar pruebas que respalden la consecución de los objetivos 1, 2 y parcialmente 5; el nivel 2 pretende proporcionar información que apoye los objetivos 3, 4 y 5; y el nivel 3 pretende apoyar el objetivo 6, que a su vez mejorará la solidez científica de los datos para la consecución de los otros cinco objetivos. Cada nivel se basa en el anterior para proporcionar un mayor peso global de las pruebas. En general, el enfoque escalonado es el siguiente:

a) **El nivel 1** tiene por objeto ofrecer orientaciones en materia de vigilancia del mercurio de referencia con un conjunto limitado de parámetros para circunstancias en las que los recursos disponibles son limitados. Los métodos del nivel 1 son eficaces en función de los costos, factibles, viables y sostenibles⁴. Los métodos del nivel 1 tienen como objetivo proporcionar información útil para identificar y caracterizar las carencias y necesidades de interés nacional, regional o local y proporcionar información útil para el esfuerzo colectivo de evaluación de la eficacia. Aunque la aplicación de las acciones del nivel 1 puede no abordar plenamente los objetivos de vigilancia, aportará información valiosa y creará una base para la vigilancia en el nivel 2.

b) **El nivel 2** pretende basarse en los métodos del nivel 1 y crear una base para evaluar la atribución de fuentes a escalas local, nacional y global. Los métodos y enfoques de este nivel pueden ser más costosos o complejos que los del nivel 1. Aunque no todas las Partes están obligadas a aplicar el nivel 2, cuantos más enfoques del nivel 2 se apliquen, mayor será el peso de las pruebas para la evaluación de la eficacia.

c) **El nivel 3** identifica los métodos y enfoques de investigación que pueden desempeñar un papel fundamental en el apoyo a los programas de los niveles 1 y 2 y a la evaluación de la eficacia, principalmente mediante una mejor comprensión de los procesos clave que vinculan las fuentes con las concentraciones y exposiciones medioambientales (objetivo 6). El nivel 3 se centra en los procesos; de ahí que, es probable que los resultados arrojen conocimientos de amplia aplicación y refuercen el peso de las pruebas científicas utilizadas para apoyar los demás objetivos de vigilancia. Por lo tanto, la información del nivel 3 deberá tenerse en cuenta en la evaluación de la eficacia cuando esté disponible.

9. En los capítulos 3 (aire), 4 (biota) y 5 (humanos) se ofrece información detallada sobre las recomendaciones de los tres niveles respecto de cada una de las matrices clave. Aunque los principios generales de los niveles son similares en cada una de las matrices, existen algunas diferencias en los enfoques recomendados. Por ejemplo, en los enfoques para controlar el mercurio en el aire, las principales diferencias entre los niveles son los métodos empleados para recoger datos. En el capítulo relativo a la biota, las principales diferencias entre los niveles reflejan cómo se seleccionan y muestrean los lugares, así como qué mediciones auxiliares se recogen. En el capítulo sobre la biovigilancia humana, los tres niveles se diferencian principalmente por la población humana a la que se dirige y la forma en que se realiza el muestreo. En el anexo de las orientaciones en materia de vigilancia se presenta un resumen en forma de cuadro sinóptico de la información que se recomienda

³ Para facilitar la consulta, las preguntas orientativas del cuadro 2.1 de las orientaciones se reproducen en el anexo II de la presente nota.

⁴ En la decisión MC-1/9, la Conferencia de las Partes señaló que los acuerdos en materia de vigilancia deberían tener en cuenta la eficacia en función de los costos, la factibilidad, la viabilidad y la sostenibilidad.

recopilar en cada nivel, para cada una de las tres matrices. En el capítulo 6 se explica cómo se pueden realizar análisis individuales y análisis transversales de las matrices de las observaciones utilizando varios modelos mecanicistas y estadísticos para apoyar los objetivos de vigilancia y fundamentar la evaluación de la eficacia.

A. Vigilancia de mercurio en la atmósfera

10. Los niveles de mercurio en la atmósfera están relacionados con las emisiones de mercurio de fuentes naturales, geogénicas y antropogénicas. Las principales fuentes antropogénicas de mercurio atmosférico que aborda el Convenio son las fuentes puntuales enumeradas en el anexo D del Convenio y el uso intencional de mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala y en otros productos y procesos industriales. En el contexto de la evaluación de la eficacia, será pertinente estimar la importancia de la contribución de las fuentes que aborda el Convenio en comparación con el total de las emisiones antropogénicas, así como de las emisiones heredadas y naturales, y cómo estas emisiones se desplazan en el medio ambiente receptor y repercuten en él. Se espera que muchas de las medidas del Convenio para controlar el suministro, el uso, las emisiones, las liberaciones, el almacenamiento y la eliminación del mercurio reduzcan los niveles de mercurio en la atmósfera.

11. El capítulo 3 identifica diferentes métodos que las Partes y organizaciones pueden utilizar para vigilar el mercurio en la atmósfera y generar datos comparables para fundamentar la evaluación de la eficacia. El mercurio presente en la atmósfera ha sido controlado con éxito durante decenios, pero no todas las regiones han sido cubiertas por igual, y las mayores lagunas de datos se producen en el hemisferio sur. Los niveles sugeridos para la vigilancia del aire dan a las Partes y organizaciones la oportunidad de iniciar, ampliar o mejorar sus programas de vigilancia de manera que puedan generarse datos comparables para apoyar la evaluación de la eficacia.

12. En muchas zonas ya existen programas de vigilancia del aire bien establecidos. Las orientaciones ofrecen la oportunidad de adherirse a uno de los varios programas o redes de vigilancia existentes para aprovechar la experiencia y la información que estas redes establecidas pueden proporcionar, o de comenzar a aplicarlo. La recogida automatizada de datos sobre el mercurio presente en la atmósfera es el método predominante en las redes de vigilancia existentes; sin embargo, el muestreo pasivo y manual del mercurio en la atmósfera son otras dos opciones que también se presentan para su consideración. En el capítulo 3 se presentan las ventajas y desventajas de emplear cada método.

13. En función de las necesidades específicas de la iniciativa de vigilancia, las orientaciones en materia de vigilancia proponen diferentes métodos en el nivel 1 como paso mínimo para empezar a generar datos comparables sobre el mercurio atmosférico de alta calidad. El objetivo de la vigilancia del aire de nivel 1 es proporcionar datos comparables para identificar las tendencias temporales y caracterizar los patrones espaciales que permitan comprender los cambios en la distribución del mercurio a lo largo del tiempo en todo el mundo. La deposición húmeda de mercurio de la atmósfera, uno de los métodos incluidos en el nivel 1, es un método bien conocido que proporciona resultados comparables útiles para comprender parte de la deposición atmosférica de mercurio a un entorno receptor. Por lo tanto, las recomendaciones del nivel 1 ofrecen medios científicamente sólidos y rentables para adquirir datos comparables y de alta calidad sobre las concentraciones de mercurio en el aire.

14. Es importante que cada iniciativa de vigilancia identifique lugares que puedan aportar información sobre las preguntas orientativas. Así, se ofrecen recomendaciones sobre dónde vigilar el mercurio en el aire para observar mejor los cambios derivados de las emisiones, informar sobre las capacidades de los modelos atmosféricos y colmar las lagunas de datos. Se deberían examinar diversos emplazamientos, por ejemplo sitios de observación/remotos, rurales, urbanos y contaminados/industriales. Cada tipo de emplazamiento supone el uso de un criterio de vigilancia diferente y debería elegirse cuidadosamente de modo que sea posible centrarse en la cuestión pertinente. En la medida de lo posible, se debería coordinar la elección de los lugares para la vigilancia del aire con los lugares (o poblaciones vulnerables) en los que se controla el mercurio en la biota o en los seres humanos.

15. Los programas y redes de vigilancia del mercurio atmosférico existentes ofrecen una gran experiencia sobre los elementos y procesos clave relacionados con procesos adecuados de garantía de calidad y control de calidad de los datos. Tanto en el documento de orientación principal como en el

material complementario se indican los detalles sobre la mejor manera de aplicar los programas de garantía de calidad y control de calidad⁵.

16. En general, los elementos expuestos en el capítulo 3 ayudarán a responder a las diferentes preguntas orientativas de la evaluación de la eficacia con respecto a la vigilancia del mercurio atmosférico. Además, el capítulo 3 proporciona a las Partes y organizaciones pertinentes los medios para iniciar, mejorar o ampliar sus iniciativas de vigilancia del mercurio atmosférico, a fin de que puedan proporcionar datos comparables para la evaluación de la eficacia.

B. Vigilancia de mercurio en la biota

17. El enfoque para vigilar el mercurio en la biota en apoyo de la evaluación de la eficacia tiene en cuenta: a) los objetivos de vigilancia descritos anteriormente y las preguntas orientativas identificadas en el capítulo 2; b) la comprensión científica actual del ciclo biogeoquímico del mercurio, incluido su transporte, transformación y bioacumulación, así como la deposición atmosférica, las presiones locales y los factores impulsores a gran escala que afectan a esos procesos; y c) el enfoque escalonado presentado para ampliar y desarrollar los programas de vigilancia con los recursos disponibles.

18. Se sabe que el transporte, la transformación y la bioacumulación del mercurio en el medio marino y continental están influidos por una serie de procesos que compiten entre sí y que, en última instancia, determinan la cantidad de mercurio que se encuentra en una muestra biótica determinada. La biomagnificación y la bioacumulación del mercurio en la cadena alimentaria dependerán tanto de la biodisponibilidad del metilmercurio como de la dinámica de la red alimentaria. Aunque muchos de estos procesos son conocidos, su fuerza y complejidad relativas dependen del lugar y la ubicación. Esta complejidad hace que la clasificación de los lugares según el uso del suelo, el hábitat y las características del ecosistema sea fundamental en la recogida de datos. Al evaluar los resultados bióticos, deberán tenerse en cuenta las presiones externas, tales como la deposición atmosférica, la actividad industrial/agrícola o la extracción de oro artesanal y en pequeña escala y los factores impulsores a gran escala (por ejemplo, el cambio climático) que pueden tener repercusiones en el sistema. La elección de los bioindicadores y los tipos de tejidos relacionados son también puntos de decisión críticos, ya que las concentraciones bióticas de metilmercurio pueden variar significativamente según el nivel trófico y a menudo se ven afectadas por el ciclo vital y los factores ecológicos. Así, los niveles recomendados en el capítulo de la biota reflejan estas y otras consideraciones en su diseño. Los elementos necesarios para vigilar el mercurio en la biota se han organizado en niveles que incluyen la selección de los lugares de vigilancia, los bioindicadores, el tipo de tejido y las mediciones auxiliares.

19. Para el nivel 1, se recomienda que los lugares elegidos representen una mezcla de a) lugares remotos, con poca aportación antropogénica local que será representativa de las condiciones de fondo y b) lugares con impactos antropogénicos bien conocidos. Dado que existen varios métodos de uso rutinario para analizar las concentraciones de mercurio en la biota, es importante utilizar el mismo método de forma sistemática a lo largo del tiempo en los lugares elegidos y realizar un muestreo anual de los mismos para realizar un análisis sólido de las tendencias. Se debe dar prioridad a los lugares que se rigen por procesos biogeoquímicos bien conocidos y en los que se realizan actividades en materia de vigilancia del aire o biomonitorización humana. Todos estos lugares deberían clasificarse en función de su uso del suelo, su hábitat y sus características ecosistémicas. Se recomiendan las especies del nivel trófico 4 porque este nivel trófico es en el que con más frecuencia se realizan mediciones y estas especies se utilizan como alimento por los humanos. La elección de bioindicadores en este nivel trófico es especialmente adecuada para garantizar la coherencia con los esfuerzos en materia de vigilancia en curso y para estimar la exposición y los efectos adversos en los seres humanos. Deberían tomarse mediciones auxiliares basadas en covariables de interés conocidas (o sospechadas) para normalizar las concentraciones de mercurio utilizadas en el análisis de tendencias. En los casos en que se disponga de poca o ninguna información previa, la experiencia en el uso de mapas del sistema de información geográfica (SIG) adquirida durante la evaluación inicial del Convenio de Minamata también podría ser útil para elegir los lugares.

20. Las recomendaciones del nivel 2 incluyen la adición de más ubicaciones que representen características diferentes de las elegidas en el nivel 1 o que sean particularmente adecuadas para comprender el impacto de un aporte, presión o impulsor específicos. Cuando resulte conveniente, las mediciones se pueden realizar en los lugares adicionales de forma rotativa, de modo que se controlen todos los lugares cada varios años. Se recomienda que, durante la rotación, se muestreen las mismas especies en todos los sitios. Si esto no es posible, se recomienda el muestreo de todas las especies

⁵ El documento "Supplementary material – Guidance on monitoring of mercury and mercury compounds to support evaluation of the effectiveness of the Minamata Convention" se reproduce en UNEP/MC/COP.4/INF/25.

utilizadas en el programa, al menos en algunos lugares, para establecer relaciones estadísticas entre los niveles de mercurio previstos. Las recomendaciones del nivel 2 están dirigidas a la recopilación de mediciones auxiliares adicionales que se sabe que influyen en los aportes, las presiones y los impulsores de interés en todos los sitios. Por ejemplo, las mediciones de isótopos estables de carbono (^{13}C) y nitrógeno (^{15}N) ayudan a evaluar los cambios en la red alimentaria o las fuentes de materia orgánica. Además, los parámetros químicos del agua, como la materia orgánica y el carbono disueltos, los sólidos en suspensión, el pH, el oxígeno disuelto y la salinidad pueden, a su vez, dar una indicación del impacto de las presiones locales y de los impulsores a gran escala. Las mediciones de mercurio en los sedimentos subyacentes pueden ser útiles para rastrear los cambios en los aportes o presiones locales. Estas mediciones auxiliares, junto con el sistema de clasificación de sitios introducido en el nivel 1, también ayudarán a establecer la amplitud de los procesos biogeoquímicos que rigen un sitio concreto que pueden generalizarse con modelos. Se pueden encontrar más detalles sobre las mediciones auxiliares recomendadas en el cuadro sobre el enfoque escalonado que figura como anexo en el documento de orientación (UNEP/MC/COP.4/INF/12).

21. Las recomendaciones del nivel 3 se basan en los niveles 1 y 2. La elección del emplazamiento y el muestreo de bioindicadores son los mismos, pero se sugiere añadir a la recogida de datos especies de un nivel trófico inferior. Las recomendaciones del nivel 3 también incluyen la introducción de “supersitios”, en los que se realiza un seguimiento intensivo de una cuenca o zona específica de interés, y de “sitios satélites” (sitios con datos de apoyo) en las proximidades del supersitio, mediante los cuales se puede establecer la representatividad de las relaciones biogeoquímicas observadas. También se recomiendan mediciones auxiliares adicionales, en particular de isótopos estables de mercurio, para establecer relaciones de causa-efecto entre los niveles de mercurio en la biota y los aportes, las presiones y los impulsores que influyen en ellos. Por lo tanto, todos los elementos de este nivel ayudarán a cuantificar los procesos ambientales clave que rigen los niveles de mercurio en la biota y reforzarán el peso de las pruebas que la vigilancia de la biota añade a la evaluación de la eficacia.

C. **Biomonitorización humana**

22. La salud humana puede verse afectada negativamente por la exposición al mercurio. Las poblaciones humanas pueden estar expuestas al mercurio elemental e inorgánico en entornos laborales (por ejemplo, en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala y la odontología), el contacto con determinados productos (por ejemplo, amalgamas dentales, algunas cremas para aclarar la piel, bombillas fluorescentes rotas y otros productos de desecho) y la contaminación ambiental y las fuentes dietéticas, incluidos, entre otros, el marisco, el pescado y los mamíferos marinos contaminados con metilmercurio. La medición de los niveles de mercurio en la sangre, el pelo o la orina de los individuos de las poblaciones diana proporciona información directa sobre la exposición humana al mercurio, a partir de la cual se pueden evaluar los riesgos para la salud humana.

23. El artículo 22 del Convenio exige a la Conferencia de las Partes que establezca disposiciones para proporcionar datos de vigilancia sobre la tendencia de los niveles de mercurio en las poblaciones humanas vulnerables. Estos datos de biovigilancia humana ayudarán a abordar los seis objetivos de vigilancia y apoyarán la evaluación de la eficacia. El capítulo 5 proporciona orientación esencial y enlaces a recursos clave, para que las Partes y organizaciones pertinentes consideren la posibilidad de utilizar los datos de biovigilancia humana existentes, y generar nuevos, para la evaluación de la eficacia.

24. Existen varias bases de datos de información y recursos de biovigilancia humana que pueden utilizarse para ayudar a comprender la exposición humana al mercurio antes de la entrada en vigor del Convenio de Minamata. Esta información ayuda a establecer una línea de referencia para la evaluación de la eficacia. En cuanto a los datos que se recogerán en el futuro, hay que tener en cuenta dos fuentes. En primer lugar, están los datos de biovigilancia generados por los programas nacionales de biovigilancia existentes dirigidos por los Gobiernos, las iniciativas regionales o los estudios dirigidos por el mundo académico. En segundo lugar, las Partes y organizaciones pertinentes pueden seguir apoyando la evaluación de la eficacia mediante la realización de nuevos estudios de biovigilancia de forma armonizada, de modo que estén diseñados a propósito para cubrir las lagunas de datos y crear capacidad.

25. Los datos de biovigilancia humana pueden diseñarse como parte de un enfoque escalonado para fundamentar nuevos programas de vigilancia o mejorar los existentes. Las actividades recomendadas en el nivel 1 están orientadas a iniciativas que buscan crear un programa de biovigilancia humana o ampliar un programa mínimo con recursos modestos. El objetivo del nivel 1 es centrarse en una subpoblación vulnerable y realizar mediciones de mercurio total en sangre, orina o cabello. Esta actividad debería repetirse idealmente en la misma población cada 2 a 5 años. Un buen

punto de partida para el nivel 1 son las directrices actuales de la Organización Mundial de la Salud para caracterizar la exposición prenatal al mercurio⁶. Las recomendaciones del nivel 2 están dirigidas a la recogida de datos para informar de todos los objetivos de vigilancia y solicitan un análisis más profundo de los grupos de subpoblación del nivel 1 o la incorporación de la biovigilancia del mercurio a otras encuestas sanitarias o estudios de cohortes más profundos. El nivel 3 tiene como objetivo aumentar la comprensión de los procesos clave que relacionan las fuentes de mercurio con la exposición humana, por lo que se requieren métodos y enfoques de investigación que requieran muchos recursos. Entre ellos se encuentran los programas nacionales de biovigilancia humana y las encuestas para comparar con las subpoblaciones vulnerables, así como la coordinación de las actividades de biovigilancia humana con la vigilancia del aire y la biota, cuando sea pertinente.

26. Los elementos clave de todos los estudios de biovigilancia en humanos que hay que tener en cuenta son: a) la definición de la población objetivo y de la muestra (que suele centrarse en los grupos vulnerables al mercurio, es decir, los que se encuentran en etapas tempranas de la vida o los que están relativamente expuestos); b) seleccionar y medir los biomarcadores apropiados para ayudar a definir la exposición a las diferentes fuentes y formas de mercurio (siendo las mediciones de mercurio total en cabello, orina, sangre y sangre del cordón umbilical las más utilizadas y aceptadas); c) administrar encuestas para recopilar información de apoyo (por ejemplo, sobre sociodemografía, prácticas profesionales, hábitos alimenticios) para profundizar en la comprensión y ayudar a la interpretación; y d) la gestión y el análisis de los datos en función de la pregunta normativa orientadora. Todos estos elementos deben realizarse de forma responsable y ética.

D. Gestión, modelización y análisis de datos entre medios

27. Desde el momento en que el mercurio es liberado inicialmente hasta que los seres humanos quedan expuestos a él puede sufrir muchos cambios físicos y (bio)químicos que interactúan entre sí a lo largo de una amplia gama de escalas temporales y que pueden ser resultado del comportamiento humano. La atribución de las tendencias observadas a impulsores específicos, como las emisiones antropogénicas directas de mercurio, el mercurio heredado, las emisiones impulsadas por procesos naturales o la influencia antropogénica y los impulsores ambientales o de comportamiento no relacionados con el mercurio, hace que sea preciso emplear modelos que resuelvan los procesos intervinientes, complementados o calibrados por enfoques estadísticos empíricos. Separar la magnitud relativa de los aportes, las presiones y los factores impulsores que aborda el Convenio de aquellos que no quedan bajo su égida será clave para evaluar la eficacia de las políticas ya aplicadas. Ello hace que el análisis extrapolado que implica la elaboración de modelos mecánicos y estadísticos en todos los medios pertinentes sea una parte vital del peso científico de las pruebas utilizadas para evaluar la eficacia del Convenio.

28. Mediante el análisis de los datos de vigilancia se pueden derivar las tendencias temporales y espaciales de los niveles de mercurio en medios ambientales específicos o matrices humanas. Estas tendencias proporcionan una indicación de primer nivel sobre si el Convenio puede estar contribuyendo a proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos adversos del mercurio, evaluando si los niveles en el medio ambiente y los seres humanos están cambiando. Los análisis de los datos de vigilancia recogidos en cada matriz por separado serán informativos, pero estos datos también pueden utilizarse de forma integrada combinando múltiples enfoques de análisis complementarios para responder a la misma pregunta. Ello mejorará la solidez y aumentará el peso científico de las pruebas. A medida que se disponga de más datos de vigilancia comparables y de alta calidad y mejore nuestra comprensión de los procesos que intervienen, se podrá responder a preguntas más específicas con un mayor nivel de certidumbre.

29. Para estimar los niveles de mercurio en lugares con o sin fuentes antropogénicas conocidas de mercurio se pueden realizar análisis sencillos sobre los datos de vigilancia en los lugares elegidos para ello. Estas observaciones, junto con los modelos adecuados, pueden utilizarse para llevar a cabo un análisis de tendencias que ofrezca una presentación transparente de la certidumbre con la que se ha detectado una tendencia, así como su magnitud.

30. Para caracterizar los patrones espaciales, se pueden utilizar varios modelos de transporte químico atmosférico, complementados con modelos estadísticos, cuando resulte conveniente, para cuantificar la representatividad de los niveles y las tendencias observadas en el aire y extrapolar las concentraciones en el aire ambiente y la deposición húmeda a zonas respecto de las cuales se cuenta con escasos datos de vigilancia. Los modelos cuyas variables espacial en el aire y otros medios hayan

⁶ <https://apps.who.int/iris/handle/10665/334181>.

sido resueltas pueden utilizarse para interpolar los niveles y las tendencias del mercurio, teniendo en cuenta los factores que impulsan las diferencias espaciales y temporales.

31. Se pueden emplear dos tipos de análisis cuando se utilizan modelos para estimar la atribución de la fuente y la exposición para la evaluación de la eficacia: un análisis “ascendente” o basado en el proceso que estima los efectos de los impulsores en las cantidades observables, y un análisis “descendente” o basado en la observación que identifica los impulsores. Los análisis ascendentes pueden utilizarse siempre que existan parámetros de entrada adecuados y un conocimiento suficiente del sistema en cuestión a nivel de proceso. Los análisis descendentes pueden utilizarse siempre que se disponga de suficientes datos y/o mediciones auxiliares (o de encuestas adecuadas, en el caso de la biovigilancia humana). Estos dos enfoques pueden utilizarse por separado, pero el mayor peso de las pruebas se obtiene cuando se utilizan juntos de forma complementaria. En los lugares sometidos a una vigilancia intensiva, se pueden realizar análisis combinados descendentes y ascendentes de los biomarcadores atmosféricos, de la biota y humanos.

32. Por último, la cuantificación de los procesos medioambientales clave puede mejorar nuestra comprensión de las relaciones causa-efecto, lo que a su vez mejorará la certidumbre con la que se pueden utilizar los modelos para responder a las preguntas orientativas. Se puede obtener una mayor comprensión de los procesos del mercurio a través de los datos de vigilancia comparables y de alta calidad recopilados para la evaluación de la eficacia, así como a través de otros estudios experimentales, de vigilancia, computacionales y de modelización puestos a disposición de la evaluación. Por lo tanto, la solidez del peso científico de las pruebas disponibles para la evaluación de la eficacia mejorará de forma iterativa de un ciclo de evaluación al siguiente.

33. Para mejorar la transparencia, la comprensión y la legitimidad de los modelos utilizados para la evaluación de la eficacia, los modelos pueden ser evaluados e intercomparados para dar una clara comprensión de la confianza de sus resultados con respecto a las preguntas formuladas. Los supuestos, parámetros y funciones clave, así como las consecuencias derivadas de la selección de uno de ellos, pueden presentarse a todos los interesados. Los procesos participativos también pueden utilizarse para la selección o construcción de modelos con el fin de mejorar la apropiación de los resultados por parte de los encargados de la formulación de políticas.

34. Además del documento principal, las orientaciones en materia de vigilancia ofrecen material complementario⁷ organizado en dos partes: la parte A, que contiene una visión general de los programas de vigilancia existentes organizados por matrices (aire, biota y biomonitorización humana), una visión general de las lagunas existentes y una lista no exhaustiva de los procedimientos operativos estándares; y la parte B, que contiene una visión general de los procedimientos de garantía y control de calidad en los análisis de laboratorio y la gestión de datos y un proyecto de plantilla para la presentación de los datos de vigilancia.

⁷ Documento UNEP/MC/COP.4/INF/26.

Anexo II

Preguntas orientativas extraídas de la orientación en materia de vigilancia del mercurio y los compuestos de mercurio para apoyar la evaluación de la eficacia del Convenio de Minamata¹

Objetivos de vigilancia y preguntas orientativas asociadas

1. Estimación de las concentraciones de mercurio para zonas sin (es decir, sitios de observación) o con (es decir, sitios afectados) fuentes antropogénicas locales
 - a) ¿Cuáles son los niveles y la forma del mercurio encontrados en lugares que se consideran alejados de fuentes antropogénicas?
 - b) ¿Cuáles son los niveles y la forma del mercurio encontrados en los lugares que se espera que sean afectados por fuentes antropogénicas locales puntuales?
2. Identificación de tendencias temporales
 - a) ¿Cambian con el tiempo los niveles y la forma del mercurio en la matriz observada (aire, biota, seres humanos) en un lugar determinado, por ejemplo, a corto plazo (< 5 años), a medio plazo (5 a 20 años) y a largo plazo (> 20 años)? ¿Existe una tendencia o trayectoria a largo plazo (una señal) que pueda separarse de la variabilidad temporal (ruido)?
 - b) ¿Cómo difieren espacialmente las variaciones temporales y las tendencias observadas, y cómo difieren entre las matrices?
 - c) ¿Cómo se comparan las variaciones y tendencias temporales del mercurio observadas con las variaciones y tendencias en relación con:
 - i) El mercurio en diferentes formas (especies químicas) o dentro de otras matrices?
 - ii) Las emisiones y liberaciones de mercurio?
 - iii) Los contaminantes, las emisiones o variables ambientales relacionadas?
3. Caracterización de los patrones espaciales
 - a) ¿Cuáles son los niveles y la forma del mercurio en la matriz observada (aire, biota, seres humanos) en un lugar y momento determinados?
 - b) En conjunto, ¿qué sugieren los datos disponibles sobre:
 - i) La variabilidad espacial de las concentraciones de mercurio en el medio ambiente?
 - ii) La variabilidad de las concentraciones de mercurio dentro y entre las poblaciones humanas, las poblaciones de animales salvajes y sus hábitats, y los ecosistemas?
 - c) ¿Difieren las variaciones espaciales y los patrones observados difieren entre:
 - i) Las formas (especies químicas) del mercurio?
 - ii) El aire, biota y matrices humanas?
 - d) ¿Cómo se comparan las variaciones espaciales y los patrones o gradientes observados con los de:
 - i) Las emisiones y liberaciones de mercurio?
 - ii) Los contaminantes/emisiones o variables ambientales relacionadas?
4. Estimación de la atribución de fuentes de mercurio antropogénico
 - a) Utilizando modelos y análisis estadísticos coherentes con los datos de observación, ¿cómo pueden atribuirse a los cambios los niveles observados, los patrones espaciales, las

¹ Se muestra a partir del 15 de julio de 2021. Una versión ligeramente revisada de las preguntas orientativas estará disponible en el documento UNEP/MC/COP.4/INF/12.

tendencias temporales y los impactos adversos sobre las especies, los servicios de los ecosistemas, la diversidad biológica y las poblaciones humanas:

- i) En el mercurio antropogénico, natural y heredado?
- ii) En las fuentes antropogénicas (locales, regionales, mundiales) de mercurio?
- iii) Por influencia del Convenio?
- iv) Sin influencia del Convenio?

5. Estimación de la exposición y las repercusiones negativas

a) ¿Cómo se comparan los niveles observados de mercurio en el aire, en la biota y en los seres humanos con los niveles de referencia nacionales e internacionales asociados a los efectos adversos sobre la salud humana, la fauna y la sostenibilidad medioambiental?

b) ¿Hasta qué punto son significativos los cambios observados en las exposiciones para los diferentes tipos de impactos sobre los seres humanos y la flora y fauna silvestres en las regiones que están alejadas de las fuentes, así como en las que reciben el impacto directo de fuentes antropogénicas?

c) ¿Se atribuyen los cambios observados en la exposición a las medidas de mitigación o a la influencia del Convenio?

6. Cuantificación de los principales procesos ambientales para entender mejor las relaciones causa-efecto

a) ¿Cómo contribuyen las mediciones auxiliares a establecer el nivel, el patrón espacial o las tendencias temporales del mercurio y mejorar la comprensión de la importancia relativa de los procesos y parámetros ambientales que impulsan el transporte y el destino?

b) ¿En qué medida son coherentes los niveles, las tendencias temporales y los patrones espaciales observados con las estimaciones modelizadas y qué lecciones se pueden extraer de ellas para mejorar los modelos existentes?