



Distr. general  
17 de diciembre de 2019

Español  
Original: inglés



## Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

---

### Conferencia de las Partes en el Convenio de Minamata sobre el Mercurio Tercera reunión

Ginebra, 25 a 29 de noviembre de 2019  
Tema 5 d) del programa provisional\*

### Cuestiones para el examen o la adopción de medidas por la Conferencia de las Partes: orientaciones sobre la gestión de sitios contaminados

## Orientaciones sobre la gestión de sitios contaminados

### Nota de la Secretaría

1. En el párrafo 3 del artículo 12 del Convenio de Minamata sobre el Mercurio se establece que la Conferencia de las Partes en el Convenio de Minamata aprobará orientaciones sobre la gestión de sitios contaminados.
2. La Conferencia de las Partes, en su decisión MC-1/20, solicitó a la Secretaría que preparase un proyecto de orientaciones, en consulta con los expertos designados por los Gobiernos y otras entidades, y lo presentase a la Conferencia de las Partes en su segunda reunión.
3. La Conferencia de las Partes examinó el proyecto en su segunda reunión y en su decisión MC-2/8 solicitó a la Secretaría que siguiese revisándolo, teniendo en cuenta la información y las observaciones presentadas por las Partes y los interesados y en consulta con los expertos designados, y que presentase el proyecto revisado a la Conferencia de las Partes en su tercera reunión.
4. Remitieron información y observaciones el Canadá, Chile, Francia, el Japón, Suiza, el Uruguay, la Secretaría del Convenio para la Protección del Medio Marino y de la Región Costera del Mediterráneo, el Foro Común sobre Tierras Contaminadas en Europa, el Consejo Internacional de Minería y Metales, la Red Internacional de Eliminación de los COP (IPEN) y la Sra. Svetoslava Todorova, Catedrática de la Universidad de Syracuse. El proyecto de orientaciones revisado se publicó en el sitio web del Convenio el 17 de mayo de 2019 y se solicitó a las Partes que enviaran observaciones al respecto antes del 21 de junio de 2019. Remitieron más observaciones la Argentina, el Canadá, Chile, China, España, los Estados Unidos de América, Francia, República Islámica del Irán, el Japón, el Consejo Internacional de Minería y Metales, la Red Internacional de Eliminación de los COP y la Sra. Todorova. El 1 de julio de 2019, la Secretaría convocó por teleconferencia a los expertos designados y, posteriormente, preparó el nuevo proyecto revisado, el cual se reproduce en el anexo II del documento UNEP/MC/COP.3/8.
5. En la teleconferencia, los expertos designados coincidieron en que parte de la información era demasiado técnica para incluirla en las orientaciones, pero que debía ponerse a disposición de las Partes en apoyo de la aplicación del artículo 12. Esa información se recoge en el anexo del documento UNEP/MC/COP.3/INF/13.

---

\* UNEP/MC/COP.3/1.

### **Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes**

6. La Conferencia de las Partes examinó el proyecto de orientaciones que figura en el anexo II del documento UNEP/MC/COP.3/8 y lo aprobó con algunas modificaciones. Las orientaciones aprobadas se reproducen en el anexo de la presente nota.

## Anexo

### Orientaciones sobre la gestión de sitios contaminados

#### A. Introducción

##### 1. Antecedentes

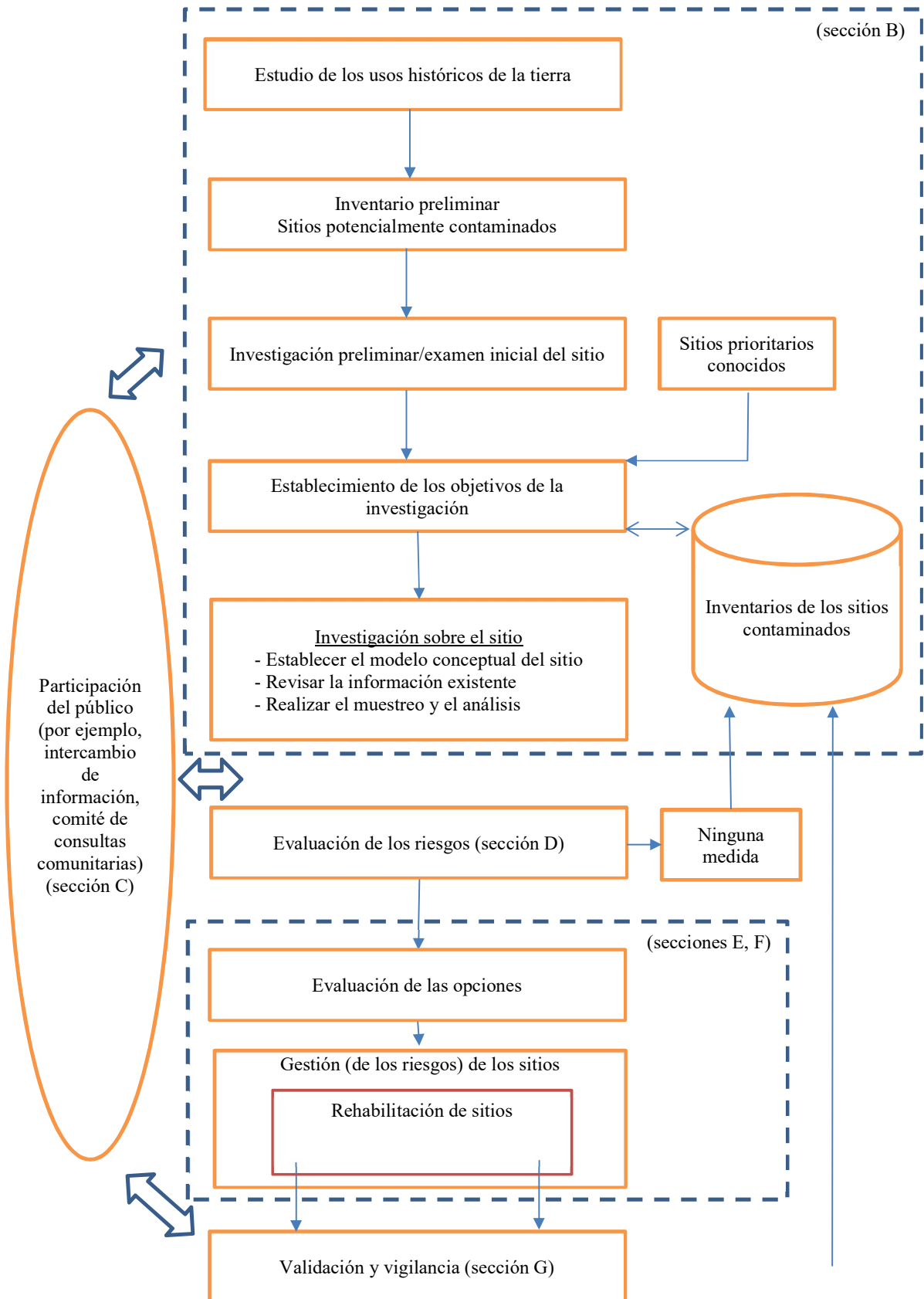
1. El Convenio de Minamata sobre el Mercurio contiene disposiciones sobre los sitios contaminados, algunas de ellas referidas a la identificación y evaluación de esos sitios y a la aprobación por la Conferencia de las Partes de orientaciones sobre la gestión de sitios contaminados. El presente documento ofrece orientaciones sobre los principales elementos para la identificación y gestión de sitios contaminados que utilizarán como referencia aquellas Partes que deseen adoptar medidas para gestionar tales sitios. El documento, que está dirigido a toda una gama de posibles usuarios, incluidos funcionarios públicos y profesionales, ofrece orientaciones para gestionar los sitios, desde la identificación y la investigación detallada de estos hasta el proceso decisorio relativo a su gestión y, si procede, su rehabilitación. Tiene por objeto formular recomendaciones generales a las Partes sin impartir preceptos, teniendo en cuenta las diversas circunstancias nacionales, por ejemplo las circunstancias socioeconómicas y las limitaciones que enfrentan las Partes. En él se abordan las mejores prácticas ambientales y las mejores técnicas disponibles. Los interesados en planificar la gestión detallada de un sitio determinado podrán encontrar más información técnica en las referencias que figuran al final de las orientaciones.

2. Las orientaciones se han preparado de conformidad con el artículo 12 del Convenio. En la figura 1 se presenta un modelo de árbol de decisión para la gestión de los sitios contaminados. Las distintas etapas representadas en el árbol se explican en mayor detalle en la sección indicada de las orientaciones.

3. En las orientaciones no se establecen requisitos obligatorios ni se pretende añadir ni eliminar nada respecto de las obligaciones que impone a las Partes el artículo 12. Se reconoce que, por razones técnicas, económicas o jurídicas, algunas de las medidas descritas en las presentes orientaciones pueden no estar a disposición de todas las Partes. Las leyes y reglamentos vigentes en relación con las actividades de sitios contaminados, priman sobre las presentes orientaciones.

4. En el texto del Convenio no se define expresamente el término “sitio contaminado”. Los países han incorporado sus propias definiciones en sus respectivas legislaciones. En las presentes orientaciones se entiende por “sitio contaminado” un lugar donde existe una presencia confirmada, causada por las actividades humanas, de mercurio y compuestos de mercurio en cantidades tales que una Parte puede considerar que representan un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente.

Figura 1  
 Marco y árbol de decisión preliminar para la gestión de los sitios contaminados



## 2. Riesgos para la salud humana y el medio ambiente

5. El mercurio es un elemento químico que está presente de forma natural en el aire, el agua y el suelo. Sus niveles naturales de fondo varían de un lugar a otro en función de la geología local. El mercurio se emite y libera al medio ambiente como consecuencia de la actividad volcánica, la erosión de las rocas y las actividades humanas. Las principales fuentes antropógenas de emisiones y liberaciones de mercurio son la extracción primaria de mercurio, las operaciones de extracción de oro artesanal y en pequeña escala, la combustión de carbón, los procesos industriales, la amalgama dental y la incineración de desechos.

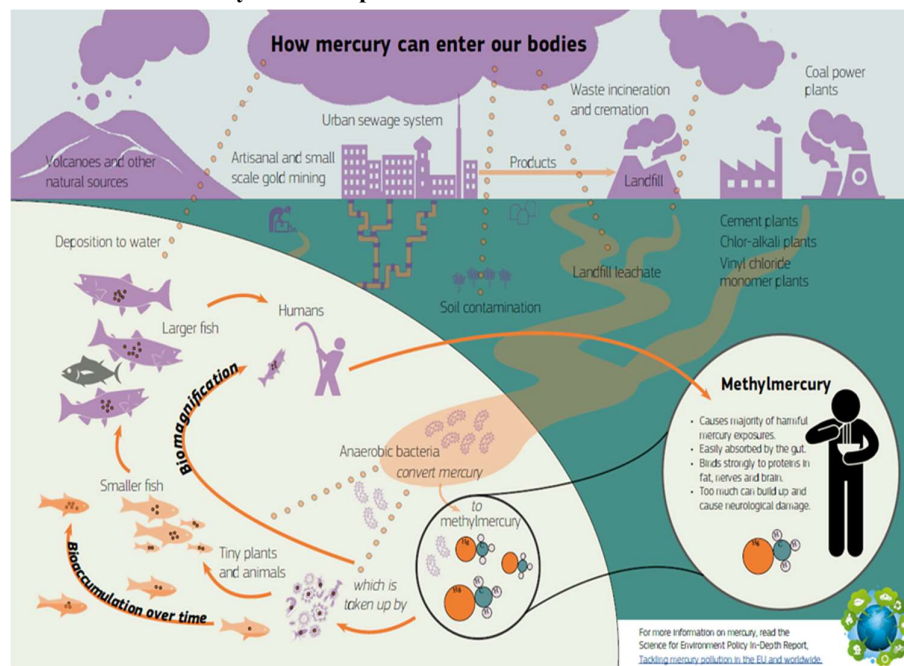
6. Como se muestra en la figura 2, cuando se libera, el mercurio puede recorrer largas distancias y persistir en el medio ambiente, circulando entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y los organismos vivos hasta depositarse por fin en los sedimentos oceánicos profundos o en los suelos minerales. El mercurio se da en distintas formas: mercurio elemental (metálico) y compuestos de mercurio orgánicos e inorgánicos. Los distintos compuestos de mercurio varían entre sí en cuanto a comportamiento ambiental y propiedades toxicológicas.

7. En los lugares de trabajo en los que se usa la sustancia, las personas pueden correr el riesgo de inhalar vapor de mercurio o sufrir exposición cutánea al desarrollar sus labores cotidianas (en entornos industriales, médicos u odontológicos o en minas de extracción de oro artesanal y en pequeña escala) o como consecuencia de vertidos. El mercurio se vaporiza incluso a temperatura ambiente y es por ello que, habida cuenta de que los vapores inhalados de mercurio elemental pueden penetrar en el sistema nervioso central y progresivamente dañarlo, el vapor de mercurio elemental se considera una de las formas más tóxicas del mercurio.

8. Para la población en general, sin embargo, la forma más habitual de exposición directa es a través del consumo de pescado y mariscos contaminados con metilmercurio, una de las formas más tóxicas del mercurio. El metilmercurio se bioacumula y bioamplifica y su concentración aumenta conforme asciende en la cadena alimentaria, de modo que los niveles más altos se registran en especies depredadoras como el atún, el pez espada y otros istiofóridos, los tiburones, los mamíferos marinos y los seres humanos. Este fenómeno puede tener graves consecuencias en los ecosistemas, como efectos en la reproducción de ciertas aves y mamíferos depredadores. La exposición aguda o crónica al mercurio y los compuestos de mercurio entraña un riesgo grave para la salud humana y el medio ambiente. Por lo que respecta a la salud humana, el mercurio puede afectar al cerebro, el corazón, los riñones, los pulmones y el sistema inmunitario de personas de todas las edades. El metilmercurio tiene la capacidad de incorporarse a los tejidos grasos y atravesar la barrera sangre-cerebro y la barrera placentaria. Por consiguiente, la presencia de niveles elevados de metilmercurio en el torrente sanguíneo de fetos y niños pequeños puede perjudicar el desarrollo del sistema nervioso.

Figura 2.

### Fuentes de mercurio y vías de exposición al mercurio



How mercury can enter our bodies	¿Cómo puede entrar el mercurio en nuestros cuerpos?
Volcanos and other natural sources	Volcanes y otras fuentes naturales
Artisanal and small scale gold mining	Extracción de oro artesanal y en pequeña escala
Urban sewage system	Sistema de alcantarillado urbano
Products	Productos
Waste incineration and cremation	Incineración y cremación de desechos
Landfill	Vertederos
Coal power plants	Central eléctrica
Deposition to water	Deposición al agua
Soil contamination	Contaminación del suelo
Landfill leachate	Lixiviación de los vertederos
Cement plants	Plantas de cemento
Chlor-alkali plants	Plantas de cloro-álcali
Vinyl chloride monomer plants	Planta de cloruro de vinilo monómero
Larger fish	Grandes peces
Humans	Humanos
Smaller fish	Peces pequeños
Biomagnification	Biomagnificación
Anaerobic bacteria convert mercury to methylmercury	Bacterias anaeróbicas convierten el mercurio en metilmercurio
Tiny plants and animals	Plantas y animales muy pequeños
Which is taken up by	Que es consumido por
Bioaccumulation over time	Bioacumulación con el paso del tiempo
Methylmercury	Metilmercurio
Causes majority of harmful mercury exposures	Ocasiona la mayoría de las exposiciones nocivas al mercurio
Easily absorbed by the gut	De fácil absorción por el intestino
Binds strongly to proteins in fat, nerves, and brain	Se adhiere fuertemente a la proteína de la grasa, los nervios y el cerebro.
Too much can build up and cause neurological damage	En exceso se puede acumular y ocasionar daños neurológicos
For more information on mercury, read the Science for Environment Policy In-Depth report, Tackling Mercury Pollution in the EU and worldwide	Para más información sobre el mercurio léase el informe "Science for Environment Policy In-Depth Report: Tackling Mercury Pollution in the EU and worldwide".

### 3. Uso mundial de mercurio

9. El mercurio es un metal cuyas propiedades únicas han dado lugar a toda una diversidad de usos. Al ser líquido a temperatura ambiente, se ha utilizado en interruptores y relés, así como en dispositivos de medición, donde permite determinar de manera precisa los cambios de temperatura. También se ha usado en diversos procesos industriales. La capacidad del mercurio de formar amalgamas con otros metales ha propiciado su uso en actividades como la odontología y la extracción de oro artesanal y en pequeña escala.

10. En todo el mundo sigue fabricándose una gran variedad de productos con mercurio añadido, por ejemplo, baterías, lámparas, aparatos de medición (como termómetros), cosméticos y plaguicidas. En general, estos productos presentan una cantidad o unos niveles de mercurio muy bajos; sin embargo, la manipulación incorrecta de grandes cantidades de esos materiales, ya sea en forma de productos o de desechos, puede dar lugar a liberaciones al medio ambiente. La amalgama de mercurio sigue usándose mucho en odontología, y ello que puede ocasionar liberaciones importantes de mercurio a las aguas residuales de las clínicas odontológicas y a la atmósfera en el caso de los crematorios.

11. También persisten en todo el mundo procesos industriales en los que se usa mercurio como catalizador o como parte de un circuito eléctrico. Uno de esos procesos es la producción de cloro-álcali, en la que en ocasiones se usan cantidades enormes de mercurio, con el resultado de que las instalaciones pueden quedar muy contaminadas con la sustancia. El mercurio se ha usado también en la fabricación de acetaldehído. Otros procesos industriales en los que puede usarse mercurio son la producción de monómeros de cloruro de vinilo (para uso en los policloruros de vinilo), la fabricación de metilato o etilato sódico o potásico y la producción de poliuretanos. Cualquiera de estos procesos de fabricación puede contaminar el sitio de producción como consecuencia del propio

proceso, de los vertidos resultantes de accidentes o de una manipulación inadecuada, o de la mala gestión de los desechos de mercurio generados en el proceso.

12. El mercurio se utiliza ampliamente en operaciones de extracción de oro artesanal y en pequeña escala, en las que se mezcla con la mena aurífera. El mercurio se combina con el oro y forma una amalgama que después se calienta para que el mercurio se libere y quede el oro. Dada la naturaleza no estructurada de muchas de las explotaciones de extracción de oro en pequeña escala, el uso y la liberación de mercurio son objeto de controles mínimos, en el mejor de los casos, lo que suele traducirse en niveles elevados de exposición laboral y contaminación de los sitios. Además, familias enteras o grupos de personas pueden verse expuestas al vapor de mercurio en las casas o los almacenes donde tienen lugar los procesos, o en sus inmediaciones.

13. Cabe señalar que las liberaciones de mercurio no se limitan a las resultantes del uso intencional de la sustancia. La mala gestión de los desechos y las aguas residuales, incluidas las derivadas de las medidas de control de la contaminación, puede dar lugar a liberaciones de mercurio al suelo y el agua, y por ende a la contaminación de esos medios. Las actividades de extracción a escala industrial en las que la mena tiene un alto contenido de mercurio o en las que se extrae petróleo y gas también podrían dar lugar a liberaciones de mercurio a la tierra y el agua.

#### **4. Emisiones y liberaciones de mercurio derivadas de sitios contaminados**

14. Los sitios contaminados suponen un riesgo para el medio ambiente de dos formas diferentes: el sitio contaminado (por ejemplo, una instalación o el lugar de un vertido) puede ser una fuente de exposición para quienes entren en él y una fuente de liberaciones de mercurio al entorno circundante. Cuando el mercurio se desplaza fuera del sitio, lo cual plantea un riesgo inaceptable, la rehabilitación u otras medidas de gestión de los riesgos pueden estar dirigidas tanto al sitio de origen de la contaminación como a los entornos ambientales a los que pueda haberse desplazado (por ejemplo, las aguas subterráneas, las aguas superficiales o los sedimentos).

15. En la Evaluación Mundial sobre el Mercurio de 2013 (UNEP, 2013) se examinaron, entre otras cosas, las liberaciones de mercurio al agua procedentes de fuentes puntuales de emisiones de mercurio, sitios contaminados e instalaciones de extracción de oro artesanal y en pequeña escala. Se calculó que los sitios contaminados habían liberado entre 8 y 33 toneladas métricas de mercurio al año al agua y entre 70 y 95 toneladas métricas a la atmósfera. En otros estudios (Kocman and others, 2013) se han registrado niveles más elevados de liberaciones al agua, en concreto de 67 a 165 toneladas métricas de mercurio al año. En la Evaluación Mundial sobre el Mercurio de 2018 (UNEP, 2019) se admite que los sitios contaminados son una fuente antropógena de emisiones que aún no pueden estimarse de forma fiable, y se llega a la conclusión de que no se conocen con detalle los procesos de liberaciones secundarias derivadas del mercurio que en su día se liberó por vías terrestres.

#### **5. Obligaciones dimanantes del Convenio de Minamata sobre el Mercurio**

16. En el artículo 12 del Convenio de Minamata se establecen las siguientes obligaciones en lo relativo a los sitios contaminados:

- a) Las Partes procurarán elaborar estrategias adecuadas para descubrir y evaluar los sitios contaminados con mercurio o compuestos de mercurio.
- b) Toda medida adoptada para reducir los riesgos que generan esos sitios se llevará a cabo de manera ambientalmente racional incorporando, cuando proceda, una evaluación de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente derivados del mercurio o de los compuestos de mercurio que contengan.
- c) La Conferencia de las Partes aprobará orientaciones sobre la gestión de sitios contaminados, que podrán incluir métodos y criterios en relación con:
  - i) La identificación y caracterización de sitios;
  - ii) La participación del público;
  - iii) La evaluación de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente;
  - iv) Las opciones para gestionar los riesgos que plantean los sitios contaminados;
  - v) La evaluación de los costos y beneficios;
  - vi) La validación de los resultados.

17. En el artículo 12 también se alienta a las Partes a cooperar en la formulación de estrategias y la ejecución de actividades para buscar, evaluar, priorizar, gestionar y, según proceda, rehabilitar sitios contaminados.

18. Las presentes orientaciones se han elaborado de conformidad con el párrafo 3 del artículo 12 del Convenio (párr.16 c) del presente documento) y están estructuradas en torno a los principales métodos y enfoques que se enumeran. También hacen referencia a las políticas nacionales de varios países.

## **B. Identificación y caracterización de sitios**

### **1. Identificación de los sitios**

19. En el párrafo 1 del artículo 12 se dispone que las Partes procurarán elaborar estrategias adecuadas para identificar y evaluar los sitios contaminados con mercurio o compuestos de mercurio. De la redacción empleada en el artículo se deduce la obligación de formular un enfoque que incluya un examen nacional de la magnitud que presenta el problema de los sitios contaminados en cada una de las Partes. Para ello, en la mayoría de los casos habrá que empezar por reunir información para localizar instalaciones que puedan haber llevado a cabo actividades que pudieran dar lugar a liberaciones de mercurio, en la medida en que esa tarea sea viable desde el punto de vista jurídico, técnico y financiero. La búsqueda podría deparar tanto sitios activos como sitios abandonados en los que se usen o se hayan usado mercurio o compuestos de mercurio en procesos o productos o actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala u operaciones industriales de otra índole. Ello puede incluir minas históricas, las cuales no fueron gestionadas conforme a las normas modernas de extracción. Gracias a esta primera localización de sitios y a las estimaciones iniciales de la magnitud de la contaminación y de la posibilidad de que se den liberaciones de mercurio y la población se vea expuesta, los países podrán empezar a clasificar por orden de prioridad las medidas de respuesta a sus sitios contaminados en consonancia con los marcos jurídicos vigentes, cuando proceda.

20. Puede adoptarse un enfoque sistemático para localizar y catalogar los sitios contaminados, empezando por un estudio a escala nacional del uso de la tierra en el pasado y en la actualidad y por la creación de una lista inicial de sitios que podrían estar contaminados. Después, puede ordenarse la lista por prioridades y pueden señalarse los sitios que requieran más documentación y una investigación más profunda. Este enfoque puede resultar eficaz al elaborar un plan nacional integral de gestión de los sitios contaminados con mercurio. Otro enfoque que puede complementar el enfoque sistemático es la identificación de sitios contaminados concretos cuando se produzcan cambios de uso de la tierra o se emprendan actividades como la construcción o excavación. Aunque la identificación de sitios contaminados por separado no es un sustituto adecuado del enfoque sistemático, esta puede ser apropiada para los países que ya apliquen una política nacional de gestión de los sitios contaminados.

21. El examen del uso de la tierra en el pasado y en la actualidad es un recurso importante para descubrir sitios que podrían estar contaminados (CCME, 2016). De hecho, puede ser la primera etapa de la localización de los sitios que exigen una investigación más profunda. Hasta que las investigaciones no demuestren que hay contaminación, esos sitios pueden denominarse “presuntos” sitios contaminados. En algunas jurisdicciones, todos los sitios contaminados, ya sean presuntos o confirmados, se incorporan a una base de datos en línea.

22. La contaminación de los sitios puede tener su origen en las siguientes fuentes:

- a) Almacenamiento de mercurio;
- b) Fabricación de productos con mercurio añadido;
- c) Uso del mercurio en procesos de fabricación;
- d) Actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala en las que se utiliza mercurio o mineral primario rico en mercurio, en las cuales se moviliza el mercurio;
- e) La extracción primaria de mercurio y minas abandonadas o minas históricas, las cuales no fueron gestionadas conforme a prácticas modernas;
- f) Fuentes puntuales de emisiones y liberaciones;
- g) Tratamiento y eliminación de desechos;
- h) Otras fuentes.

23. Las fuentes tales como la fabricación de productos con mercurio añadido, el uso de mercurio en los procesos de fabricación y las fuentes puntuales de emisiones y liberaciones de mercurio pueden comprender no solo las actividades citadas en los anexos del Convenio de Minamata, sino también otras actividades no sujetas a control en virtud del Convenio. Cabe señalar que, en algunos casos, un sitio contaminado principal puede llevar asociados algunos sitios contaminados secundarios como consecuencia de la escorrentía, la lixiviación o las migraciones procedentes del sitio principal. En



algunos casos, en particular cuando la escorrentía afluye a humedales u otros ecosistemas sensibles, la contaminación de los sitios secundarios puede consistir principalmente en metilmercurio resultante de una transformación bacteriana, o en otras formas de la sustancia, como el sulfuro de mercurio, que pueden generarse por sulfurización del mercurio a causa del azufre presente en el suelo.

24. En el caso de la extracción de oro artesanal y en pequeña escala, la identificación de los sitios puede resultar especialmente difícil a causa del número de sitios que pueden estar contaminados, la naturaleza informal (cuando no ilícita) de la actividad y la falta de registros oficiales. Tal vez haga falta señalar un conjunto o una región de sitios que podrían acusar los efectos de la minería artesanal y centrarse en esa zona para localizar los sitios concretos que son motivo de preocupación. La información reunida para la preparación de un plan de acción nacional de conformidad con el artículo 7 puede ser útil para identificar sitios contaminados por ese tipo de extracción.

25. A fin de elaborar un inventario nacional preliminar de sitios que podrían estar contaminados, los organismos públicos pueden recopilar los registros de las actividades o usos de la tierra en la actualidad y en el pasado como los mencionados más arriba para que sirvan de fundamento a investigaciones posteriores. En algunas jurisdicciones, los organismos públicos, las empresas y los propietarios privados están obligados por ley<sup>1</sup> a notificar a las autoridades ambientales competentes si poseen tierra de la que se sospecha o se sabe que está contaminada, so pena de afrontar sanciones económicas.

26. En muchos casos, es posible identificar los sitios contaminados utilizando los medios siguientes (UNEP, 2015):

- a) Registros de las actividades industriales o de otra naturaleza realizadas en el sitio en el pasado;
- b) Observación de las condiciones del sitio o de las fuentes de contaminantes concomitantes;
- c) Observación de la fabricación u otras operaciones de las que se sepa que han utilizado o emitido un contaminante especialmente peligroso;
- d) Observación de efectos adversos en los seres humanos, la flora o la fauna debidos presumiblemente a la proximidad al sitio<sup>2</sup>;
- e) Resultados físicos o analíticos que muestren los niveles de contaminación;
- f) Informes presentados por la comunidad a las autoridades acerca de presuntas liberaciones.

## 2. Elaboración de inventarios

27. A medida que avance la identificación de sitios contaminados presuntos y confirmados en una jurisdicción, será posible confeccionar un inventario de sitios que puede usarse para seguir la evaluación y la gestión de cada uno de los sitios a lo largo del tiempo. En este contexto, las Partes tal vez desearán elaborar un inventario que les permita aplicar un enfoque basado en los riesgos para disponer un uso eficiente de los recursos en función de las prioridades a fin de proteger a las poblaciones humanas y las partes del medio ambiente que corran un riesgo más inmediato de exposición al mercurio procedente de los lugares más peligrosos. Así, podrá priorizarse la gestión de los sitios que presenten más riesgo y dejar para más adelante la asignación de recursos a los sitios que presenten un riesgo bajo.

28. Los inventarios pueden servir de “bases de datos vivas” en el sentido de que podrán añadirseles más sitios (potencialmente) contaminados conforme se vayan descubriendo (por ejemplo, sitios heredados muy antiguos y no documentados cuya existencia salga a la luz en actividades de construcción no relacionadas con esos usos). También es posible eliminar del inventario los sitios cuando se demuestre que no están contaminados o que se han rehabilitado por completo, aunque en lugar de ello las Partes pueden optar por catalogarlos como sitios rehabilitados o no contaminados y mantenerlos en la base de datos en previsión de que los adelantos científicos puedan exigir una reevaluación en una fecha posterior. Esa situación podría darse, por ejemplo, si los límites aceptables

<sup>1</sup> Véase, por ejemplo, Gobierno de Australia Occidental, Ley de 2003 de sitios contaminados de Australia Occidental, parte 2, división 1, secc. 11 3), disponible en inglés en <https://www.legislation.wa.gov.au>.

<sup>2</sup> Hay que señalar que los efectos adversos para la salud humana que sirven de indicadores de contaminación en el sitio probablemente solo podrán identificarse en los casos en que la contaminación sea muy elevada o después de que se haya establecido que el sitio está contaminado. La atribución de efectos en la salud a un sitio contaminado debe basarse en la evaluación del sitio y los datos sobre exposición.

para un contaminante determinado se revisasen tan a la baja que un sitio rehabilitado volviese a considerarse “contaminado” por no cumplir los nuevos criterios.

29. Los inventarios pueden adoptar sistemas internos de clasificación para ayudar a las autoridades con la planificación del uso de la tierra y las aprobaciones en materia de urbanismo y para hacer un seguimiento de la evaluación y gestión de sitios. Un ejemplo es el sistema empleado por una jurisdicción estatal de Australia, que establece las siete categorías siguientes:

- a) Contaminados – se requiere rehabilitación;
- b) Contaminados – uso restringido;
- c) Rehabilitados para uso restringido;
- d) Posiblemente contaminados – se requiere investigación;
- e) Descontaminados;
- f) No contaminados – uso no restringido;
- g) Informe no fundamentado<sup>3</sup>.

30. Un método innovador de análisis de inventarios combina los datos de los inventarios con un sistema de información geográfica para conformar una base de datos en línea de libre acceso que muestra la ubicación de los sitios cuya contaminación está confirmada<sup>4</sup>.

### 3. Caracterización de los sitios

31. Cuando se descubran presuntos sitios contaminados, pueden adoptarse medidas para investigar más a fondo los que entrañen más riesgo (por factores como la ubicación y cuestiones ambientales) a fin de determinar sus niveles de contaminación y sus principales riesgos.

32. Los presuntos sitios contaminados descubiertos pueden caracterizarse con más detalle mediante una investigación por fases. Los países pueden establecer sus prioridades en cuanto a la caracterización del sitio a partir del historial de uso de la tierra u otros indicadores de contaminación. Por ejemplo, los países en cuyo territorio se lleve a cabo un volumen considerable de actividades de extracción de oro artesanal o alberguen plantas de producción de cloro-álcali con celdas de mercurio ya desmanteladas podrán optar por dar prioridad a esos sectores. Las investigaciones o exámenes preliminares del sitio, que pueden conllevar visitas *in situ* y un examen de la información disponible, pueden ser un instrumento útil para ordenar por prioridades los lugares que exigen una investigación detallada<sup>5</sup>.

33. La elaboración de un modelo conceptual del sitio (CSM) en relación con el sitio de que se trate es un paso esencial en la caracterización y evaluación en la web<sup>6</sup>. Un modelo conceptual del sitio es una representación visual y una descripción narrativa de los procesos físicos, químicos y biológicos que se producen o se han producido en un sitio dado. En este tipo de modelos se muestran las fuentes de contaminación (posibles y confirmadas) y las vías de exposición de los receptores detectados (actuales o futuros). He aquí algunos elementos específicos de esos modelos (CCME, 2016)<sup>7</sup>:

- a) Una sinopsis de los usos pasados y presentes de la tierra y de los que se prevén en el futuro;
- b) Una descripción detallada del sitio y de su entorno físico que sirva para formular hipótesis sobre la liberación y, en última instancia, el destino de la contaminación presente en el sitio;

<sup>3</sup> Esta jurisdicción permite a cualquier persona denunciar un presunto sitio contaminado mediante un formulario normalizado, tras lo cual se investiga el sitio.

<sup>4</sup> Base de datos de sitios contaminados de Australia Occidental, <https://dow.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=c2ecb74291ae4da2ac32c441819c6d47>.

<sup>5</sup> Algunos países han establecido unos parámetros de cribado para el examen preliminar de los sitios. El Reino Unido ha fijado unos niveles de 1 ppm para el mercurio elemental en el suelo y de 11 ppm para el metilmercurio (Environment Agency, 2009). En Australia, las directrices nacionales para los sitios contaminados (NEPC, 1999) establecen unos niveles de 10 ppm de metilmercurio y 15 ppm de mercurio elemental para el cribado de las propiedades residenciales.

<sup>6</sup> ISO 21365 (2018). Calidad del suelo. Modelos conceptuales sitios posiblemente contaminados.

<sup>7</sup> El Ministerio de Salud del Canadá también ha elaborado un instrumento para la elaboración sistemática de modelos conceptuales de los sitios. El instrumento puede obtenerse en inglés previa solicitud a la División de Sitios Contaminados del Ministerio de Salud del Canadá: <https://www.canada.ca/en/health-canada/corporate/contact-us/contaminated-sites-division.html>.

c) Las fuentes de contaminación del sitio, los productos químicos que pueden ser motivo de preocupación y los medios (aguas superficiales, aguas subterráneas, suelos, sedimentos, vapor del suelo, aire interior y exterior, alimentos cultivados en las inmediaciones, biota) que pueden resultar afectados;

d) La distribución y la forma química de los contaminantes presentes en cada medio, incluida información sobre la concentración, la cantidad total o el transporte (flujo);

e) La forma en que los contaminantes pueden migrar desde las fuentes, los medios y las vías por las que pueden darse la migración y la exposición de los posibles receptores humanos ecológicos, y la información necesaria para interpretar la migración de contaminantes, como datos geológicos, hidrológicos e hidrogeológicos, y las posibles vías preferenciales;

f) Información sobre el clima y las condiciones meteorológicas que pueden influir en la distribución y migración de la contaminación;

g) Cuando proceda, información relacionada con la intrusión de vapor del suelo en los edificios, en concreto datos sobre las características de los edificios (por ejemplo, tamaño, antigüedad, la profundidad y tipo de cimientos, existencia de grietas, puntos de entrada del agua, la electricidad, etc.), el diseño y funcionamiento de la calefacción, la ventilación y el aire acondicionado de los edificios, y las galerías subterráneas de servicios;

h) Información sobre los receptores humanos y ecológicos y patrones de actividad en el sitio o en las zonas afectadas por este.

34. Conviene señalar que no es obligatorio ocuparse de todos los elementos enumerados en el párrafo anterior. En particular, los últimos elementos de la lista exigen que el técnico que lleve a cabo el estudio y la autoridad encargada de determinar la calidad de ese estudio posean un cierto grado de especialización. El uso de un modelo conceptual dependerá de las circunstancias de las Partes y del estado del sitio en cuestión. También pueden usarse otros métodos.

35. Hace falta establecer objetivos de investigación, que en general pueden ser los siguientes:

a) La caracterización de los tipos de contaminantes presentes en el sitio;

b) La comprensión de la geología y la hidrogeología del sitio;

c) La determinación del alcance y la distribución (verticales y laterales) de la contaminación;

d) La caracterización de la migración efectiva de los contaminantes y de las posibles transformaciones;

e) La obtención de datos para determinar y evaluar los posibles efectos adversos en la salud pública y el medio ambiente.

36. Una vez establecidos los objetivos de investigación, debería elaborarse un plan de muestreo y análisis. Este plan debe crearse a partir de la información disponible del sitio y de los objetivos de investigación. El plan de muestreo y análisis debería comprender los elementos siguientes:

a) El examen de los datos existentes, incluida la determinación de las fuentes reales y potenciales, tanto primarias como secundarias;

b) Labores previas a la investigación, en particular la preparación de un plan de salud y seguridad y la localización de las instalaciones y las estructuras que puedan afectar a las investigaciones detalladas o quedar afectadas por estas (esta medida tiene por objeto impedir que el muestreo o las actividades de investigación afecten a la salud y la seguridad de los trabajadores, los transeúntes u otras personas);

c) El muestreo de los medios de comunicación, tipos de datos y herramientas de investigación, incluidas las decisiones sobre los medios de los que tomar muestras (suelo, sedimentos, aguas subterráneas, vapor del suelo, aire, biota, aguas superficiales, etc.);

d) Diseño del muestreo;

e) Métodos de muestreo y análisis y plan de garantía de la calidad.

37. El muestreo debe concebirse con miras a alcanzar los objetivos de la evaluación, a saber: determinar los contaminantes presentes en el sitio, establecer su distribución en el sitio y localizar los puntos críticos que puedan conllevar riesgos inaceptables para la salud humana o el medio ambiente. Una estrategia de muestreo se elabora sobre la base de la información reunida. Tiene en cuenta el modelo conceptual del sitio para definir el patrón de muestreo (densidad, número y distribución de los

puntos de muestreo), el tipo de muestreo (una etapa o varias), el tipo de muestras recogidas (simples o compuestas), la profundidad y los intervalos de muestreo, y los contaminantes que causen preocupación (mercurio, metilmercurio u otros compuestos de mercurio). Al determinar el plan de muestreo se tendrán en cuenta consideraciones prácticas tales como la logística, el transporte y la conservación de las muestras, la disponibilidad de equipo y los costos.

38. Algunos países cuentan con métodos normalizados de muestreo y análisis de otros medios ambientales<sup>8</sup>. Asimismo, la Organización Internacional de Normalización aplica las siguientes normas sobre el muestreo de la calidad del suelo y el agua:

- a) ISO 18400-104, Calidad del suelo – Muestreo – Parte 104: estrategias;
- b) ISO 18400-202, Calidad del suelo – Muestreo – Parte 202: investigaciones preliminares;
- c) ISO 18400-204, Calidad del suelo – Muestreo – Parte 204: guía para el muestreo del gas del suelo;
- d) ISO 5667-11, Calidad del agua – Muestreo – Parte 11: guía para el muestreo de aguas subterráneas.

39. El protocolo de estudio y los procedimientos operativos normalizados de la Organización Mundial de la Salud para la evaluación de la exposición prenatal al mercurio (WHO, 2018a y 2018b) son útiles para la vigilancia biológica de seres humanos.

### C. Participación del público

40. Al abordar la cuestión de los sitios contaminados, siempre que sea posible, las Partes podrían considerar la posibilidad de idear estrategias para promover la participación del público, sobre todo en cuestiones delicadas como la cercanía de sitios contaminados, para que la gestión de los sitios y de los problemas conexos resulte eficaz. La movilización del público suele coordinarse por medio de los organismos gubernamentales a escala local, regional o nacional responsables de gestionar los sitios contaminados. Hay muchos términos que describen el concepto de “participación del público”, como “colaboración con el público”, “participación de la comunidad”, “movilización de la comunidad”, “colaboración con la comunidad” o “participación de los interesados” (National Environmental Justice Advisory Council, 2013). La consulta pública es obligatoria por ley en algunas jurisdicciones. El objetivo de la participación pública es lograr que los individuos (o los grupos) que podrían verse afectados por una medida o interesarse o implicarse en ella estén informados al respecto y que sus opiniones se tengan en cuenta en el proceso decisorio. Por tanto, es importante promover la participación del público en los comienzos del proceso de identificación o de evaluación detallada de un sitio contaminado. Se alienta a las Partes a considerar la posibilidad de elaborar una estrategia de comunicación para transmitir información pertinente. Los conocimientos locales pueden ser muy importantes para identificar los sitios que podrían estar contaminados y escoger una estrategia de muestreo.

41. Según la etapa en que se halle el proceso (búsqueda del sitio, investigación, rehabilitación, mantenimiento posterior, etc.) convendrá aplicar una u otra metodología para promover el concurso de la población. Se alienta a las Partes a considerar la posibilidad de dar a conocer los resultados del proceso de consulta pública y las decisiones sobre las actividades futuras de manera similar a la empleada para difundir información inicial al comienzo del proceso de participación.

42. La comunicación eficaz, junto con un proceso bidireccional de transmisión y recepción de información, es importante para aumentar el nivel de comprensión de los interesados. Se debería divulgar información científica, si la hubiese, por los medios más eficaces para reducir la distancia entre el riesgo real y el percibido por la comunidad en cuestión.

43. Las actividades de divulgación comunitaria van dirigidas a distintos tipos de destinatario. Los propietarios o residentes que viven en el sitio o en sus inmediaciones, las comunidades afectadas por la contaminación procedente del sitio y otras industrias de la zona que puedan sufrir los efectos de la contaminación pueden considerarse partes interesadas. Los directivos y los empleados de sitios activos son también partes interesadas. Ahora bien, si la contaminación es consecuencia, por ejemplo, de una

---

<sup>8</sup> Véase, por ejemplo, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Method 1669 “Sampling Ambient Water for Trace Metals at EPA Water Quality Criteria Levels”; Method 1630 “Methyl Mercury in Water by Distillation, Aqueous Ethylation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry”; Method 1631 “Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry”; and Method 7473 “Mercury in Solids and Solutions by Thermal Decomposition, Amalgamation and Atomic Absorption Spectrophotometry”.

manipulación inadecuada de los desechos o los productos con mercurio, antes de adoptar cualquier otra medida habrá que resolver el problema de la fuente.

44. La calidad de las aportaciones debería primar sobre su cantidad, y el proceso de movilización debería dirigirse tanto a recabar información de la comunidad como a suministrársela. Es importante que la movilización de la comunidad persista a lo largo de todas las actividades de investigación, gestión y rehabilitación del sitio, ya que la fase de gestión puede comportar un riesgo considerablemente mayor para las comunidades adyacentes. Por ejemplo, la excavación de materiales contaminados y el tratamiento *in situ* pueden liberar polvo, vapores y olores. Si los hubiere, los conocimientos especializados de los miembros de la comunidad pueden contribuir a la comprensión de las cuestiones que han de evaluarse. Los líderes comunitarios pueden contribuir de manera importante a garantizar la realización de una actividad proyectada dada su gran influencia sobre los interesados locales. Un mecanismo de participación útil puede ser la creación de un comité de consultas comunitarias en el que intercambiar información técnica, práctica y anecdótica entre las autoridades, los contratistas del sitio y la comunidad con miras a generar una comprensión común de las actividades propuestas en relación con el sitio contaminado. Ese comité también puede ser un foro útil en el que sopesar los programas de vigilancia (del vapor, el polvo, etc.) que podrían introducirse en el sitio y en sus intermediaciones para atender a las preocupaciones de la comunidad durante la fase de gestión.

45. Los procesos de movilización del público pueden iniciarse con el suministro de información a la comunidad afectada. Esta primera fase puede consistir en la transmisión de información general sobre el sitio, en especial datos sobre los usos pasados y la naturaleza de la presunta contaminación. Esta información puede resultar fundamental para conseguir la cooperación y la observancia de la comunidad, en particular con respecto a las medidas iniciales que pueda ser necesario adoptar (por ejemplo, la instalación de vallas para impedir la entrada a las zonas contaminadas y la cobertura de suelos contaminados) y a las actividades de rehabilitación del sitio. La participación del público puede resultar más difícil de promover si el sitio en cuestión sigue activo. También podría resultar de utilidad incluir una exposición de la forma en que esté solicitándose la participación de la comunidad, pues de ese modo se contribuye a crear expectativas comunes en relación con el trabajo. También podría aportarse un calendario inicial de las actividades en el que se especifiquen los plazos de presentación o preparación de informes. La información inicial podría facilitarse mediante la distribución de material impreso (como folletos) directamente dentro de la comunidad, la celebración de talleres o la publicación de anuncios en los periódicos locales o comunitarios o en los sitios web pertinentes. Otra posibilidad es usar las páginas web, estaciones de radio y televisión locales para difundir información y dar a conocer actividades destacadas.

46. Es conveniente elaborar un plan inicial en el que se expongan las modalidades de participación de la población, incluido un calendario para las actividades de movilización propuestas. En los casos en que se solicite información, deberá detallarse la forma en que se recopilarán esas aportaciones y el uso que se le darán. Una de las actividades de movilización de la población debería ser las reuniones públicas, que podrán llevarse a cabo en lugares destacados de la comunidad o, en algunos casos, en el sitio afectado. Las reuniones públicas podrían tener diversos formatos, y según la etapa del proceso será útil adoptar uno u otro.

#### **D. Evaluaciones de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente**

47. La evaluación de los riesgos ayudará a responder las preguntas siguientes:

- a) ¿Representa el sitio un riesgo para la población humana o la biota?
- b) ¿Cuál es la magnitud del riesgo?
- c) ¿Es posible gestionar adecuadamente el sitio sin necesidad de rehabilitarlo (a corto plazo o a mayor plazo) o debería rehabilitarse para reducir el riesgo (a corto plazo o a mayor plazo)?
- d) En caso de no rehabilitarse el sitio ¿podrían aumentar o propagarse los riesgos que plantea?

48. La evaluación de los riesgos es un proceso mediante el cual se estima la magnitud de la contaminación y la probabilidad de que tenga efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente. Por tanto, se trata de un instrumento que puede ayudar a determinar si las medidas ambientales podían ser eficaces en un sitio contaminado y, en caso afirmativo, el tipo de medidas que deberían adoptarse.

49. La evaluación de los riesgos puede ser de ayuda para definir los objetivos de la gestión o rehabilitación de un sitio, como, por ejemplo, a) alcanzar los límites máximos aceptables que hayan fijado la legislación nacional o local o las autoridades competentes, o b) alcanzar los límites específicos basados en los riesgos que se hayan establecido para un sitio concreto a partir de la evaluación. A fin de apoyar la justificación de la adopción de decisiones basada en los riesgos y la gestión sostenible de los riesgos<sup>9</sup>, una evaluación específica del sitio que tome como base un modelo conceptual del sitio bien definido (es decir, el vínculo fuente-vía-receptor) y tenga en cuenta las condiciones del sitio y los valores de referencia local podría considerarse como un instrumento fundamental para determinar la necesidad de adoptar medidas de gestión de los riesgos.

50. La evaluación de los riesgos generalmente se lleva a cabo en cuatro etapas claramente definidas con objetivos específicos a fin de determinar los peligros, la dosis, las relaciones entre los riesgos, y medir la magnitud de exposición para determinar el nivel de riesgo y las consecuencias previstas para los receptores expuestos:

a) *Identificación y caracterización del alcance* (por ejemplo, la extensión de la contaminación, la proximidad a las poblaciones humanas, la profundidad respecto de las aguas subterráneas, la proximidad a las aguas superficiales o hábitats sensibles). La evaluación de los riesgos puede tener por objeto los efectos en la salud humana, los animales terrestres y la biota acuática del mercurio elemental, los compuestos inorgánicos de mercurio y el metilmercurio, y de otros contaminantes. Lo prioritario suele ser la salud humana. El alcance de una evaluación de los riesgos viene dado por las necesidades específicas del sitio;

b) *Análisis del grado de peligrosidad y toxicidad*: los peligros del mercurio y de los compuestos de mercurio se conocen de sobra y hay mucha información científica disponible acerca de los efectos de la exposición a la sustancia (WHO, 2017). Un ejemplo de los efectos ambientales de la exposición al mercurio es la merma de la fecundidad y de las habilidades cazadoras de ciertas especies, en especial los depredadores superiores sometidos a una exposición alimentaria potencialmente elevada;

c) *Análisis de la exposición*: el objetivo es calcular la tasa de contacto entre los contaminantes detectados y los seres humanos o el medio ambiente. El análisis se basa en una descripción de casos de contaminación reales e hipotéticos, y en la caracterización de la naturaleza y el alcance de la contaminación. Para ello puede ser necesario cuantificar la exposición mediante el análisis del suministro de agua, los alimentos cultivados en la zona, el marisco y la orina y el cabello humanos. La medición del nivel de mercurio presente en los sedimentos y en los peces y otras biotas puede servir para identificar posibles efectos ecológicos;

d) *Análisis de los riesgos*: los resultados de las etapas anteriores se combinan para obtener una estimación objetiva de la probabilidad de que los elementos protegidos sufran efectos adversos en las condiciones específicas del sitio.

51. Los sitios contaminados pueden ocasionar un aumento de la concentración de mercurio en la zona, con el consiguiente riesgo para las personas y el medio ambiente. El consumo de aguas subterráneas o superficiales contaminadas puede dar lugar a una exposición a largo plazo, al igual que la ingesta de pescado y marisco procedentes de aguas superficiales contaminadas. Las plantas cultivadas en un sitio contaminado o cerca de este también pueden absorber contaminantes. En los suelos contaminados con mercurio puede generarse un vapor subterráneo (también denominado vapor de suelo) que posteriormente se transfiere a los edificios edificados sobre esos suelos, puede convertirse en una fuente de exposición por inhalación de aire interior cuya importancia debe tenerse en cuenta (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1999). Los sitios contaminados, como consecuencia de la lixiviación o las escorrentías superficiales de mercurio, pueden contaminar las aguas subterráneas o las superficiales, lo que a su vez puede dar lugar a exposiciones al mercurio inorgánico a través del agua potable. Por tanto, conviene tener en cuenta el potencial de contaminación de aguas subterráneas o superficiales que presenta un sitio. En condiciones anaerobias, el mercurio puede ser metilado en el medio ambiente por las bacterias, en particular en los sedimentos u otros entornos adecuados. El mercurio metilado puede entrar en la cadena alimentaria y causar una exposición alimentaria significativa para las especies depredadoras, incluidos los seres humanos. Esto es motivo de especial preocupación en relación con el consumo de pescado. En varias jurisdicciones se han establecido programas de vigilancia de peces y se han publicado advertencias sobre el consumo de

<sup>9</sup> La sostenibilidad de la gestión de los riesgos implica la eliminación o el control de riesgos inaceptables de manera segura y oportuna, al tiempo que se optimizan los valores ambientales, sociales y económicos de la labor (ISO18504:2017).

pescado<sup>10</sup>, sobre todo en los alrededores de fuentes puntuales conocidas, presuntas o históricas de emisiones de mercurio.

52. Los riesgos asociados a un sitio determinado dependen del nivel de contaminación y de la exposición causada por el uso actual. Así, un sitio muy contaminado pero alejado de los centros de población o que no presente un potencial considerable de lixiviación entrañará mucho menos riesgo que otro sitio menos contaminado pero situado en una zona urbana, vinculado de forma más estrecha a zonas de metilación activa (humedales, suelos anaerobios, sedimentos y agua) o que presente filtraciones importantes a las aguas subterráneas. Por tanto, las metas en relación con la descontaminación variarán según los niveles de exposición reales o previstos del sitio de que se trate. La evaluación de la exposición exige tener en cuenta el nivel de mercurio o compuestos de mercurio en el sitio y la migración de mercurio fuera del sitio, y también la proximidad de la población local. Esta información puede haberse recopilado durante el proceso de identificación y caracterización del sitio o puede requerir un muestreo complementario. Existen modelos de transferencia y exposición disponibles para evaluar el riesgo y es necesario realizar un muestreo continuado en el tiempo para confirmar que la situación no se está deteriorando.

## **E. Las opciones para gestionar los riesgos que plantean los sitios contaminados**

53. Una vez concluida la evaluación de un sitio contaminado, se adoptan decisiones sobre los medios más apropiados para gestionar los riesgos que se plantean. Esas decisiones pueden ser adoptadas a escala nacional, regional o local o, en determinadas circunstancias, por los propietarios o por otras entidades. El objetivo de la gestión de los riesgos debería acordarse antes de aplicar las medidas y debería ser compatible con el objetivo del Convenio de Minamata de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio. Los requisitos para la gestión de los sitios contaminados pueden estipularse en la legislación y las políticas nacionales o locales.

54. Las principales vías para abordar desde el punto de vista técnico la contaminación resultante de actividades industriales anteriores u otras actividades humanas son la contención o el aislamiento de los contaminantes, la inmovilización de los contaminantes, y la limpieza o eliminación de los contaminantes del sitio, ya sea *in situ* o *ex situ*. Es probable que la gestión de los sitios sea necesaria como medida inicial tras identificar el sitio y las posibles rutas de liberación y exposición, se emprenda o no su rehabilitación.

### **1. Gestión de sitios**

55. La gestión de los sitios incluye las medidas adoptadas para reducir la exposición de los seres humanos y el medio ambiente al mercurio o compuestos de mercurio presentes. Quizás sea necesario hacer un estudio de las fuentes primarias y secundarias de contaminación de las aguas subterráneas o superficiales.

56. En zonas densamente pobladas, la tierra es un recurso escaso y muy valioso. Un sitio contaminado o restaurado no utilizado puede atraer a personas que busquen hacer uso de él para vivienda, agricultura, o ambas cosas. Las Partes tal vez deseen limitar el uso del sitio e imponer normas de planificación espacial en función de los riesgos que se presenten en el sitio. La decisión sobre el uso de esas tierras requiere una evaluación y supervisión exhaustivas a fin de asegurar que no existan riesgos residuales para la salud humana y el medio ambiente. Las medidas adoptadas pueden incluir restringir el acceso al sitio para limitar la exposición directa (mediante vallas y señales de advertencia) o definir restricciones con respecto a las actividades que puedan exacerbar la contaminación en el sitio. Si la fuente de abastecimiento de agua resulta contaminada, podría ser necesario buscar una fuente paralela de abastecimiento de agua o el tratamiento de las aguas. Si no existe un peligro inmediato para el medio ambiente o la comunidad local, quizás se considere pertinente no realizar tratamiento alguno del material contaminado hasta que se resuelvan los problemas existentes en otros sitios más prioritarios. Tal vez sea posible aislar la contaminación en una planta de contención en el sitio de que se trate, en espera de su rehabilitación posterior. En esas circunstancias, debería vigilarse periódicamente la contaminación del sitio a fin de garantizar que no haya liberación de mercurio ni se den las condiciones para que este afecte al medio ambiente más allá de los límites del sitio. El muestreo de los suelos aportará, probablemente, la mejor indicación del nivel de contaminación; sin embargo, la vigilancia también podría incluir la medición de los niveles de mercurio en el suelo, los gases y la atmósfera en las inmediaciones del lugar. Si en la evaluación

<sup>10</sup> Véase, por ejemplo, Estados Unidos (<https://www.fda.gov/food/metals/mercury-concentrations-fish-fda-monitoring-program-1990-2010> and <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>), Canada (<http://ec.gc.ca/mercure-mercury/default.asp?lang=En&n=DCBE5083-97AD-4C62-8862>) and the French Guyana health agency (<http://gps.gf/doc/catalogue/301/mercure-dans-les-poissons-et-grossesse-fleuves-de-guyane/>).

inicial del sitio se determina que las aguas subterráneas o superficiales están contaminadas, se podría considerar también la posibilidad de realizar muestreos periódicos del agua como parte del plan de gestión. También se deberían adoptar medidas para que la información sobre la calidad del suelo y otros datos sobre el estado del sitio estén fácilmente al alcance de futuros usuarios.

## 2. Rehabilitación de sitios

57. La rehabilitación es otra vía para reducir los riesgos asociados a los sitios contaminados. La rehabilitación incluye las medidas adoptadas para eliminar, controlar, contener o reducir los contaminantes o las vías de exposición. El objetivo de la rehabilitación es lograr que las condiciones del sitio sean aceptables y seguras para su uso actual y también aumentar al máximo las posibilidades de usos futuros. Al definir los objetivos de la rehabilitación se deberían tomar en consideración el nivel de fondo de mercurio. La decisión de rehabilitar requiere el examen de una serie de factores, entre otros los resultados deseados, el nivel de contaminación, las posibilidades de exposición resultantes de la contaminación, la viabilidad de las opciones de rehabilitación, las consideraciones relativas a la relación costo-beneficio, los posibles efectos adversos de las medidas (como la contaminación ambiental asociada a alterar los suelos contaminados), la disponibilidad de tecnologías pertinentes y los recursos financieros disponibles para la rehabilitación. Las medidas de rehabilitación también deberían emprenderse teniendo debidamente en cuenta la necesidad de que se hagan de manera preventiva y sostenible.

58. Hay varios enfoques y tecnologías de rehabilitación, con diversos costos y eficacia. Al seleccionar el método de rehabilitación se debería tener en cuenta el uso declarado del sitio y los riesgos asociados con ese uso. La presencia de otros contaminantes, así como de factores tales como la permeabilidad, la materia orgánica y el contenido de arcilla, también pueden influir en la elección del método de rehabilitación. Por lo general, una estrategia de rehabilitación requiere la combinación de varias técnicas de rehabilitación para tratar el problema de manera adecuada. Evaluar y comparar las distintas opciones de rehabilitación a fin de determinar la solución más eficaz es fundamental<sup>11</sup>.

## 3. Tratamiento de los suelos

59. Cuando sea factible, puede ser preferible el tratamiento en el sitio para eliminar el contaminante o para reducir el peligro asociado a un nivel aceptable. En la medida de lo posible, ese tratamiento debería llevarse a cabo sin efectos adversos sobre el medio ambiente, los trabajadores, la comunidad adyacente al sitio o el público en general.

60. La contención *in situ* de la zona contaminada con mercurio puede ser una opción viable en determinadas circunstancias. Pueden emplearse barreras físicas para prevenir la movilización del mercurio, ya sea a través de la tierra o el aire. Ello puede entrañar, entre otras cosas, excavar zanjas profundas en el suelo en torno a la contaminación y rellenarlas con un compuesto acuoso de lodo (por ejemplo, mezcla de bentonita/cemento y suelo); otra barrera física podría ser la inyección *in situ* en el terreno de productos químicos estabilizadores mediante barrenas especialmente diseñadas. Cabe señalar que esas medidas no reducen la masa de mercurio presente, y existe la posibilidad de que se libere material contaminado durante el proceso (Merly and Hube, 2014). Los controles institucionales tales como las restricciones impuestas a las escrituras o las notificaciones de registro de la tierra podrían ser complementos eficaces a las medidas para impedir la movilización del mercurio.

61. Si el tratamiento *in situ* de suelos contaminados para eliminar la contaminación no resultase viable, otra opción podría ser excavar el terreno contaminado y trasladar la tierra a otro lugar para darle tratamiento. El suelo extraído puede enviarse a un sitio o una instalación de almacenamiento aprobados para su posterior tratamiento, adoptándose las medidas necesarias para prevenir la contaminación ambiental causada por el transporte. Si se elige esta opción, la Parte deberá asegurar que cualquier instalación receptora esté en condiciones de gestionar los desechos de conformidad con sus disposiciones vigentes para la gestión ambientalmente racional de los desechos de mercurio, como se establece en el artículo 11 del Convenio. Además, los suelos que excedan el umbral establecido para los desechos contaminados con mercurio deberían gestionarse de conformidad con las disposiciones para la gestión ambientalmente racional de los desechos de mercurio de conformidad con el artículo 11 del Convenio. El objetivo de tratar el suelo excavado fuera del sitio contaminado es eliminar el contaminante o reducir el peligro asociado a un nivel aceptable. De ser posible, el suelo

<sup>11</sup> NICOLE (2015) presenta varios estudios de caso y un resumen de los enfoques de rehabilitación empleados en sitios contaminados por mercurio. También hay sitios web que ofrecen orientación para la selección de las técnicas de rehabilitación. Véase Agency de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie and Bureau de recherches géologiques et minières interactive tool for preselection of remediation techniques (<http://www.selecedpol.fr/>) y Gobierno del Canadá, Guidance and Orientation for the Selection of Technologies (<http://gost.tpsgc-pwgsc.gc.ca/>).



tratado se enviará de vuelta al lugar de origen o a otro sitio. Los residuos generados durante el tratamiento del suelo contendrán, presumiblemente, altas concentraciones de mercurio y deberán ser gestionados como desechos de mercurio.

62. La excavación y otras actividades que ocasionen alteraciones del terreno en el lugar que se realicen se pueden, en algunos casos, llevar a cabo dentro de estructuras herméticas temporales utilizando filtros de carbono y presurización negativa del aire. De esa manera se mitiga el riesgo de generar vapor y la liberación de partículas que podrían perjudicar a las comunidades locales y al medio ambiente. También se pueden sustituir esas estructuras por costosos programas de vigilancia del aire ambiente, ya que estos proporcionan mayor confianza a los trabajadores y los residentes locales en lo que respecta a reducir los niveles de exposición.

63. Entre los métodos que han dado buenos resultados en el tratamiento de suelos contaminados con mercurio figuran la solidificación y la estabilización, el lavado de los suelos y la extracción por ácidos, el tratamiento térmico y la vitrificación (US EPA, 2007), así como los métodos electrocinéticos y la desorción térmica *in situ*. La opción más adecuada dependerá de la cantidad de mercurio y otros contaminantes en el suelo, así como de su distribución y el tamaño de la zona contaminada. Así pues, el método de tratamiento debería seleccionarse en función de las características del sitio, teniendo en cuenta las tecnologías disponibles a nivel local y nacional.

64. El proceso de solidificación conlleva mezclar el suelo contaminado o los desechos con un aglomerante para crear un lodo, una pasta u otro estado semilíquido que con el tiempo se cura hasta formar un sólido (US EPA, 2007). La solidificación y la estabilización pueden llevarse a cabo en el lugar o en otros sitios. Esta técnica ya se ha utilizado anteriormente en tareas de descontaminación y está disponible comercialmente en algunos países (US EPA, 2007). Hay diversos factores que afectan al rendimiento y el costo de esta técnica de tratamiento, como el pH de la sustancia que se trata, la presencia de compuestos orgánicos, el tamaño de las partículas, el contenido de humedad y el estado de oxidación del mercurio presente. Algunos ejemplos de compuestos aglomerantes son el cemento Portland, el cemento con polímeros de azufre, los sulfuros, los fosfatos, el polvo de hornos de cemento, las resinas de poliéster y los compuestos de polisiloxano. Estos compuestos varían en cuanto a su eficacia como aglomerantes del mercurio. La mezcla de mercurio con azufre puede estabilizar el mercurio en forma de sulfuro, lo cual reduce su lixiviabilidad y su volatilidad; sin embargo, el sulfuro de mercurio se puede convertir nuevamente en mercurio elemental en determinadas circunstancias. Existe un proceso de estabilización polimérica en el que el sulfuro de mercurio se microencapsula en una matriz polimérica de azufre que forma bloques sólidos (UNEP, 2015). Este proceso en dos etapas reduce al mínimo los riesgos ambientales derivados del mercurio, pero también las posibilidades de extraer el mercurio en una etapa posterior.

65. El lavado del suelo y la extracción por ácidos se pueden utilizar en suelos contaminados que han sido extraídos del sitio y tratados por separado. Como su nombre indica, el lavado del suelo es un proceso en el que el suelo se lava para eliminar los contaminantes. El lavado del suelo y la extracción ácida se utilizan principalmente para tratar suelos con un contenido relativamente bajo de arcilla que pueden separarse en fracciones. También es menos eficaz para suelos con un alto contenido orgánico. El rendimiento y los costos pueden depender además de la homogeneidad del suelo, el tamaño de las partículas, el pH y el contenido de humedad.

66. El tratamiento térmico se utiliza para tratar desechos industriales y médicos que contienen mercurio, pero por lo general no es adecuado para suelos con un alto contenido de arcilla o de compuestos orgánicos. El mercurio no puede ser destruido, y cualquier forma de tratamiento térmico debe tener por objeto tratar de separar el mercurio de otras matrices (como el suelo y los sedimentos) de manera que pueda ser gestionado como desecho peligroso en volúmenes más pequeños en forma de concentrado de mercurio, y que sea posible descontaminar la propia matriz. El rendimiento y los costos del tratamiento se ven afectados, entre otras cosas, por la forma en que esté presente el mercurio, por el tamaño de las partículas y el contenido de humedad. El tratamiento térmico es un proceso en el que se utiliza calor para volatilizar el mercurio, que luego puede recogerse de los efluentes gaseosos. Normalmente se lleva a cabo fuera del sitio. Cualquier tratamiento térmico que se realice debe incluir el control del mercurio vaporizado en el proceso. La desorción térmica puede hacerse de manera directa o indirecta. La desorción directa supone la aplicación de calor directamente al material que se ha de tratar y no es recomendable para los suelos y sedimentos que contengan mercurio ya que la cantidad de vapores contaminados que se producen es significativamente superior en comparación con la desorción térmica indirecta, debido al contacto directo con los gases derivados de la combustión del combustible que se utilice para producir calor (gas, petróleo). Esto se traduce en mayores costos en lo que respecta a los mecanismos catalizadores y de control de la contaminación atmosférica debido al aumento del volumen de los vapores que deben tratarse. En la desorción térmica indirecta se aplica calor al exterior de una cámara el cual atraviesa la pared de esa cámara y llega a los

materiales que se han de tratar. La desorción térmica indirecta tiene la ventaja de separar los efluentes gaseosos del material que se trata de los gases de combustión, lo que reduce considerablemente el volumen de gases contaminados que se han de filtrar. Se pueden tratar los efluentes gaseosos del material tratado para recuperar el mercurio, por ejemplo mediante procesos de condensación (Environment Agency, 2012). En el caso de suelos contaminados con una elevada concentración de mercurio se puede utilizar el tratamiento térmico de altas temperaturas en hornos de retorta a temperaturas de entre 425 °C y 540 °C (US EPA, 2007). La incineración, no se considera aplicable cuando se trata de grandes volúmenes de materiales contaminados con mercurio debido al elevado potencial de emisiones y liberaciones de mercurio (Merly and Hube, 2014).

67. Las aplicaciones electrocinéticas utilizan una corriente de baja intensidad en el suelo contaminado. Generalmente esta tecnología incluye cuatro procesos: la electromigración (transporte de especies químicas cargadas en el líquido intersticial), la electroósmosis (transporte del líquido intersticial), la electroforesis (movimiento de partículas cargadas) y la electrólisis (reacción química asociada a la corriente eléctrica). Si bien estos procesos pueden extraer metales de los suelos contaminados, su eficiencia depende de muchos factores. El proceso electrocinético puede ser difícil porque el mercurio tiene una baja solubilidad en la mayoría de los suelos naturales, y el proceso puede verse obstaculizado por la presencia de mercurio elemental (Feng and others, 2015).

#### 4. Tecnologías de tratamiento de aguas

68. Los sitios contaminados podrían evaluarse para determinar la probabilidad de que exista contaminación en las aguas subterráneas o superficiales. En este sentido, puede resultar de utilidad una evaluación de las condiciones hidrogeológicas. Si se detecta mercurio en aguas asociadas a un sitio contaminado hay varias posibles opciones de encarar la cuestión, entre ellas la contención y el tratamiento. Entre las tecnologías de tratamiento cabe mencionar la precipitación/coprecipitación, la adsorción y la filtración por membranas (US EPA, 2007).

69. La precipitación/coprecipitación es un tratamiento habitual, pero requiere una planta de tratamiento de aguas residuales y operadores cualificados. Su eficacia está condicionada por el pH y la presencia de otros contaminantes. El proceso se basa en el uso de aditivos químicos que convierten los contaminantes disueltos en un sólido insoluble (que posteriormente precipitará) o forman sólidos insolubles en los que se adsorben los contaminantes disueltos. A continuación, el líquido se filtra o clarifica para eliminar los sólidos.

70. La adsorción (a menudo mediante carbón activado) se usa preferentemente para sistemas menores en los que el mercurio es el único contaminante presente. En este proceso se concentra el mercurio en la superficie de un materia absorbente, lo que reduce la concentración en la fase líquida libre. Normalmente, los medios de adsorción están empaquetados en una columna a través de la cual se hace pasar el agua contaminada. A continuación, el medio de adsorción utilizado deberá ser regenerado para su uso adicional o bien eliminado adecuadamente. Es mucho más probable que este proceso se vea más afectado por la presencia de otros contaminantes que otros métodos que pueden utilizarse.

71. La filtración por membrana es un proceso muy eficaz en el que los contaminantes se filtran del agua haciéndolos pasar a través de una membrana semipermeable. No obstante, se ve afectado por la presencia de otros contaminantes en el agua, por ejemplo, sólidos en suspensión, compuestos orgánicos y otros contaminantes que reducen la eficiencia de la membrana o impiden completamente su funcionamiento.

#### 5. Tecnologías de tratamiento de aguas subterráneas

72. En el caso de las aguas subterráneas podrían tomarse en consideración tecnologías aplicables *in situ*. Entre las características importantes que deben tenerse en cuenta al seleccionar una tecnología de rehabilitación para las aguas subterráneas son el pH, la existencia de otros contaminantes y parámetros tales como la temperatura y contenido de cloruro (Merly and Hube, 2014).

73. Entre las tecnologías de rehabilitación que han demostrado su eficacia en el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con mercurio cabría mencionar el método de bombeo y tratamiento y las paredes permeables reactivas (Merly and Hube, 2014).

74. Las nuevas tecnologías de rehabilitación de mercurio de las aguas subterráneas contaminadas con mercurio se centran en el aumento de la capacidad de absorción y filtración de los medios para la plena rehabilitación de sitios contaminados con mercurio. También se podría considerar la posibilidad de emplear métodos como el bombeo y el decapado si con ello se logra mejorar la eficiencia del tratamiento de efluentes gaseosos muy contaminados. Actualmente se realizan actividades de investigación y desarrollo sobre la rehabilitación biológica, la nanotecnología, la elaboración de

material absorbente (bioabsorbentes, que permiten la adsorción de mercurio tanto orgánico como inorgánico) y el desarrollo de procesos de coagulación y floculación (Merly and Hube, 2014).

## 6. Tecnologías de tratamiento de sedimentos

75. En los casos en que los sedimentos de los fondos están contaminados con mercurio, podría resultar útil aplicar métodos de eliminación por excavación, taponado o control de la liberación de metilmercurio, como, por ejemplo, mediante la adición de nitrato (Todorova and others, 2009; Matthews and others, 2013). La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha propuesto orientaciones generales sobre rehabilitación de sedimentos<sup>12</sup>. Se debería evaluar el potencial de liberación de mercurio resultante de la alteración de los sedimentos y adoptar medidas de mitigación para garantizar que se reduzca al mínimo cualquier liberación que se produzca y no dé lugar a la exposición inaceptable de los receptores acuáticos.

76. Cuando se trata de excavaciones se pueden emplear en el tratamiento de los sedimentos tecnologías de reconocida eficacia en el tratamiento de los suelos. La eficacia de las intervenciones podría verse afectada por el agua y la materia orgánica, así como por el alto contenido de sal en el caso de sedimentos marinos.

## 7. Opciones para gestionar los riesgos específicos de sitios en los que se hayan llevado a cabo actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala donde se haya utilizado mercurio

77. Los sitios contaminados por el mercurio derivado de las actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala son difíciles de gestionar y rehabilitar ya que muchos pueden albergar asentamientos ocupados, lo cual limita las opciones de gestión y rehabilitación. Algunos sitios de extracción de oro artesanal y en pequeña escala establecidos recientemente solo están ocupados por un período corto debido a un fenómeno de “fiebre del oro” y son abandonados una vez que se agota el yacimiento mineral. En otros sitios la ocupación puede ser a largo plazo ya que se trata de grupos que han trabajado un yacimiento mineral durante generaciones como complemento económico de actividades agrícolas y otros oficios. En algunos casos, el uso de mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala se divide entre la instalación minera y los asentamientos permanentes, donde los molinos de bolas y otro equipo extraen más oro del mineral concentrado. En esos casos, se puede producir contaminación por mercurio tanto en la instalación minera como en los asentamientos conexos, incluidos los establecimientos residenciales ubicados a cierta distancia de la mina.

78. En la identificación de los sitios de extracción de oro artesanal y en pequeña escala contaminados con mercurio se pueden seguir los mismos procesos de identificación preliminar detallado de sitios, identificación exhaustiva de sitios y caracterización de sitios, que se aplican en cualquier sitio contaminado con mercurio, sin embargo, se plantea una complejidad adicional cuando el sitio está activo, ocupado y en un estado dinámico de contaminación (es decir, se producen constantemente nuevos casos de contaminación en nuevos lugares dentro de la zona de que se trate). En el caso de los sitios abandonados la situación es diferente ya que en estos las zonas críticas son relativamente estables y resulta posible caracterizar el sitio sin esperar a que se produzca contaminación resultante en nuevos emplazamientos en todo el sitio.

79. El mercurio procedente de sitios históricos de producción de oro en pequeña escala y de sitios de extracción de oro artesanal y en pequeña escala que operan actualmente se puede filtrar a las masas de agua, como ríos, lagos y embalses, para después combinarse y formar lagunas de mercurio elemental en las cuencas de los ríos o lagos, creando así una fuente de contaminación a largo plazo. Esta forma de mercurio puede identificarse utilizando la tecnología LiDAR de escaneado y eliminarse utilizando una unidad de vacío ensamblada en un vehículo provista de filtros de carbono para evitar las emisiones de vapores. El tanque de retención permite la eliminación ambientalmente racional de los reservorios de mercurio, que puede ser tratado en instalaciones de destilación al vacío fuera del emplazamiento y recuperado para su estabilización.

80. La complejidad que se plantea como resultado de la superposición de las actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala, la contaminación y los asentamientos permanentes o temporales de los sitios hace que la participación del público y la concienciación de la comunidad sea fundamental. En la sección C de la presente guía se proporciona información sobre el establecimiento de un proceso de participación pública para la rehabilitación y la gestión de sitios contaminados, pero quizás sea necesario considerar la posibilidad de adoptar medidas adicionales a la hora de colaborar

<sup>12</sup> En el enlace <https://www.epa.gov/superfund/superfund-contaminated-sediments-guidance-and-technical-support> pueden consultarse orientaciones generales sobre la evaluación y rehabilitación de sedimentos contaminados, incluidos los que están contaminados con mercurio.

con las comunidades que llevan a cabo actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala. Los sitios de extracción de oro artesanal y en pequeña escala pueden tener una combinación de trabajadores temporales y establecidos. Asimismo, las actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala se consideran ilícitas en algunos lugares, lo que puede constituir un obstáculo para la participación efectiva. Ha de estudiarse el perfil de la comunidad en riesgo antes intentar formular un programa de participación, y se han de identificar posibles representantes de mineros no profesionales, asentamientos locales y trabajadores sanitarios para facilitar el desarrollo del proceso de participación. Todas estas actividades deberían realizarse en el marco del plan de acción nacional de la Parte de conformidad con el artículo 7 del Convenio de Minamata, y estar en consonancia con él.

81. Habida cuenta de que puede darse el caso que las actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala sea la única actividad económica en algunos lugares, es preciso elaborar un plan de acción local con representantes locales para informar y apoyar a los mineros en los procesos de transición para dejar de utilizar el mercurio, identificar y aislar las zonas críticas de contaminación, aplicar medidas de intervención y de vigilancia de la salud y gestionar o rehabilitar los sitios contaminados. Reducir o eliminar el uso de mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala es el enfoque preferido, ya que la prevención de la contaminación es invariablemente más económica que la rehabilitación. Si se aplica este enfoque integral con el apoyo de la comunidad, los problemas relacionados con la dinámica de la contaminación por mercurio se pueden reducir –o incluso eliminar– lo que haría más eficaz la gestión de la contaminación en el sitio de que se trate. Un plan de acción local que cuente con el apoyo de funcionarios gubernamentales en cooperación con las comunidades afectadas también puede incluir hipótesis en relación con medios de vida alternativos para los mineros, y de ese modo reducir la oposición de la comunidad a la eliminación del uso de mercurio y las posibilidades de contaminación sostenida.

82. Las medidas técnicas para gestionar y rehabilitar sitios de extracción de oro artesanal y en pequeña escala podrían tener en cuenta el hecho de que los sitios pueden estar ubicados en zonas remotas de difícil acceso. Si el objetivo del plan de gestión es tratar a los medios contaminados para eliminar el mercurio, entonces habría que trasladar el equipo necesario al lugar afectado o transportar el suelo y los sedimentos a instalaciones de tratamiento establecidas. Esta última hipótesis será, en la mayoría de los casos, demasiado costosa. Por consiguiente, quizás sea necesario adaptar métodos normalizados y técnicas para la descontaminación de los suelos, los sedimentos y fangos a tecnologías aplicables fuera de los lugares (generalmente en emplazamientos industriales) para facilitar el traslado al sitio contaminado de equipo más pequeño, modular, transportable y ambientalmente racional a fin de dar tratamiento a los materiales contaminados. En el caso de las aguas contaminadas, esto puede ser inevitable.

83. En los casos en que es posible identificar reservorios de mercurio procedente de las actividades de extracción de oro artesanal y en pequeña escala en los lechos de ríos, lagos y embalses utilizando un sistema de teleobservación como LiDAR, se ha desarrollado una tecnología capaz de eliminar esos reservorios sin alterar significativamente los sedimentos que puede producirse cuando se aplican tecnologías de dragado.

84. Deben tomarse precauciones al reacondicionar antiguas zonas contaminadas ya que algunas medidas de rehabilitación pueden potenciar la movilidad del mercurio (Laperche and Touzé, 2014).

## **F. Evaluación de los costos y beneficios**

85. Los posibles costos y beneficios previstos que entrañan la identificación, evaluación, gestión o rehabilitación de sitios contaminados pueden variar considerablemente. Cada sitio supondrá costos y beneficios directos e indirectos, así como costos y beneficios no monetarios. Estos factores, junto con la disponibilidad de fondos, y el número de sitios que puedan existir en el plano nacional, serán aportes fundamentales para las prioridades nacionales. Comparar sitios muy diferentes puede resultar difícil, pero las Partes tendrán inevitablemente que decidir qué lugares son los que recibirán atención prioritaria.

86. Todas las actividades relacionadas con la identificación y la evaluación de los sitios contaminados entrañan un costo en mayor o menor medida. Esos costos pueden incluir el tiempo dedicado por el personal a aspectos como evaluaciones documentales para la determinación inicial de posibles sitios contaminados y visitas de reconocimiento para inspeccionar los posibles sitios y recoger muestras para evaluar los niveles de contaminación. El análisis de las muestras, ya sea en laboratorios estatales o universitarios, o a través de empresas privadas contratadas para realizarlos, también entrañará costos. Las consultas públicas también pueden entrañar costos relacionados con el tiempo de trabajo del personal o la contratación de un consultor o una empresa especializada.

87. La gestión o la rehabilitación de los sitios contaminados entrañará costos, algunos de los cuales serán costos únicos (gastos de capital) y otros serán continuos, como los gastos operacionales, de mantenimiento y de supervisión. Los costos reales serán muy específicos de cada sitio y dependerán de la disponibilidad y el costo de la tecnología adecuada a nivel nacional, y de los costos salariales y de los bienes fungibles a nivel local.
88. Muchas de las tecnologías disponibles suponen gastos de capital iniciales y gastos continuados de funcionamiento, mantenimiento y supervisión. Algunos países publican los costos relacionados con técnicas de rehabilitación, pero estos solo pueden ser indicativos, ya que algunos costos están en función del país de que se trate (US EPA, 2007; ADEME and BRGM, 2013). Las Partes pueden establecer prioridades nacionales para asegurar que los fondos disponibles se utilicen de manera eficaz. El establecimiento de prioridades podría basarse en la clasificación de los sitios mediante un sistema de puntuación convenido a escala nacional para determinar las prioridades máximas. Un sistema de ese tipo tendría que encontrar un equilibrio entre el costo estimado de la gestión o rehabilitación y los beneficios monetarios y no monetarios que se esperan de la gestión eficaz de los sitios. Se dispone de amplia información sobre la aplicabilidad y posible eficacia de algunas de las tecnologías existentes, mientras que en el caso de tecnologías menos establecidas, la información es más limitada.
89. El impacto de la exposición al mercurio resultante de los sitios sobre la población local y el entorno local también podría entrañar costos, algunos directos (como la vigilancia médica o de atención a las personas víctimas de sus efectos perjudiciales para la salud) y otros indirectos (como la pérdida de ingresos asociada con la contaminación de los peces, que no pueden capturarse ni venderse, o la pérdida de tierras de cultivo). Con la gestión o la rehabilitación de los sitios se pretende mitigar esos gastos en el futuro. Los costos asociados a los efectos de un sitio contaminado sobre el medio ambiente local pueden verse a corto o a largo plazo, pero los beneficios resultantes de la gestión eficaz de un sitio contaminado deberían observarse desde una perspectiva a muy largo plazo. Entre los costos a corto plazo cabe mencionar las consecuencias relacionadas con las labores de rehabilitación, mientras que los costos a largo plazo pueden incluir una disminución del valor de la tierra en las inmediaciones del sitio y las limitaciones de la producción agrícola o de otros usos de la tierra. Los costos de los diferentes resultados no relacionados con el mercado para las comunidades afectadas, como la morbilidad, los daños cerebrales y la pérdida de recursos naturales o de recursos de agua potable pueden ser significativamente más altos. Esos costos deberían incluirse en las evaluaciones económicas. Se han desarrollado nuevos métodos para estimar los costos económicos asociados a la pérdida de productividad a causa de los efectos del mercurio en la salud y el desarrollo cognitivo en determinadas poblaciones (Trasande and others, 2016) que pueden tenerse en cuenta en el análisis de la relación costo-beneficio a largo plazo de la gestión y la rehabilitación de sitios contaminados.
90. El hecho de que se gestione un sitio contaminado no significa que el sitio deje de causar efectos en el medio ambiente o la salud humana. La restricción del acceso a sitios contaminados con mercurio puede limitar la exposición directa de las personas y los animales, pero no impide necesariamente la contaminación de las aguas subterráneas, la migración de polvo contaminado fuera del sitio o la contaminación atmosférica por los vapores de mercurio. Todos estos efectos entrañan costos que deben tenerse en cuenta en cualquier evaluación.
91. La evaluación de los beneficios de la gestión o rehabilitación de sitios contaminados debería tomar en consideración los valores culturales y sociales en la medida de lo posible. En muchas culturas indígenas, los elementos naturales como ríos, lagos y accidentes geográficos (y los animales que los habitan) tienen un gran valor cultural, religioso y social que no figura en ejercicios económicos de la relación costo-beneficio. Sin embargo, la incapacidad para realizar actividades culturales como consecuencia de la contaminación puede tener un costo muy elevado para las comunidades, lo que se traduce en el deterioro de la cohesión social y graves consecuencias para la salud. Siempre que sea posible, a la hora de determinar las prioridades nacionales se deben incorporar perspectivas sociales y culturales.
92. La estimación de la relación costo-beneficio también debería tener en cuenta el valor ecológico de rehabilitar los sistemas ecológicos contaminados y su productividad, así como el valor económico. Por ejemplo, un sitio contaminado rehabilitado puede tener características beneficiosas para especies raras o en peligro de extinción, o actuar como cuenca de captación de importantes vías navegables.
- Opciones de financiación para la investigación y la gestión de sitios contaminados**
93. Muchas jurisdicciones de todo el mundo utilizan distintas combinaciones de opciones de financiación para sufragar el costo de la investigación y la gestión de sitios contaminados. Algunos países cuentan con técnicos especializados dentro de los organismos gubernamentales que tienen a su cargo la realización de esas investigaciones, mientras que otros prefieren recurrir a expertos

consultores o utilizar una combinación de personal del Organismo y consultores que trabajan juntos. La búsqueda de los recursos para financiar esa labor puede ser difícil, pero existen diversas opciones en las que participan tanto el sector privado como el público.

94. La financiación de la gestión y rehabilitación de sitios contaminados debería reflejar el principio de que quien contamina paga, siempre que sea posible. Ello podría requerir la creación de un marco jurídico y reglamentario que vele por que el pago de los gastos derivados de la evaluación, la gestión y la rehabilitación, el tratamiento y la eliminación de los desechos recaiga en los responsables de la contaminación. De no existir un marco jurídico establecido, las Partes deberían adoptar un enfoque casuístico. En algunos casos, los distintos niveles de gobierno pueden ser responsables del marco de financiación para los sitios contaminados.

95. Muchos modelos dirigidos a hacer pagar al causante de la contaminación de sitios incluyen disposiciones similares a las relativas al “huérfano sitio” del modelo de la Unión Europea. Los sitios de huérfanos son lugares en los cuales los contaminadores ya no existen, no pueden ser identificados o no se dispone de fondos suficientes para cubrir los costos de la evaluación y rehabilitación. En algunas jurisdicciones, el marco jurídico o administrativo para determinar la responsabilidad por los costos de gestión y rehabilitación de sitios cuenta también con disposiciones respecto de “teratenientes inocentes” en virtud de las cuales se exime a un propietario que no ocasionó la contaminación ni tiene conocimiento de ella de contribuir a los costos de la limpieza. El sistema “Superfund”<sup>13</sup> de los Estados Unidos y el marco jurídico de Australia<sup>14</sup> Occidental incluyen este concepto. En algunas jurisdicciones, un propietario u otros ocupantes de una propiedad puede considerarse responsables de los costos derivados de la evaluación y rehabilitación asociados a la contaminación ocasionada por otra persona. El registro de sitios contaminados podría compartirse con la oficina o el ministerio responsable de las transacciones de tierras, según proceda, para facilitar la aplicación del principio de quien contamina paga.

## G. Validación de los resultados

96. Es importante poder verificar si las medidas de gestión o rehabilitación han sido eficaces para el cumplimiento de los objetivos en materia de gestión de desechos o rehabilitación fijados con respecto del sitio. Los medios de verificación deberían establecerse durante el proceso de planificación inicial, y los recursos necesarios para emprender las actividades necesarias, como la supervisión, deberían incluirse en la totalidad del proyecto. Las técnicas de medición sobre el terreno podrían utilizarse para ese fin, a fin de reducir los costos relacionados con la determinación de la presencia de mercurio (por ejemplo, utilizando dispositivos portátiles de rayos X-fluorescentes).

97. Los objetivos de un programa de supervisión variarán en función de las medidas seleccionadas para gestionar el sitio. El éxito puede medirse por la reducción de los niveles de mercurio en el sitio, los niveles de mercurio que pasan al medio ambiente desde el sitio o la exposición de las poblaciones en las inmediaciones del sitio, o por la recuperación de algún uso adecuado en el sitio. Si hay indicios de que las medidas de gestión del sitio no cumplen los objetivos generales del proyecto, puede ser necesario emprender medidas adicionales. El ciclo de gestión de la planificación, la aplicación, la evaluación, la adopción de decisiones y la reorganización debe ir acompañado en algunos casos de la adopción de medidas iterativas.

98. Una forma habitual de validación es la validación del muestreo del sitio. Por ejemplo, si se ha excavado una zona crítica en la que se ha detectado la presencia de mercurio, el muestreo de las paredes y la base de la zona excavada deberían mostrar niveles de mercurio similares o inferiores a los objetivos de la rehabilitación en lo relativo a las concentraciones de mercurio en el suelo. También pueden medirse las concentraciones en el agua superficial o subterránea, las concentraciones atmosféricas y los niveles en la biota para evaluar si se han alcanzado los objetivos de la gestión y la rehabilitación.

99. Como parte de la evaluación general de las medidas iniciales adoptadas para gestionar un sitio contaminado, se puede considerar la posibilidad de adoptar nuevas medidas como la rehabilitación, en particular si los avances tecnológicos la hacen más viable que en el momento de la evaluación inicial del sitio. El programa de vigilancia debería incluir medidas adecuadas de supervisión continua de los niveles de mercurio en todos los medios que son motivo de preocupación, incluso después de que hayan concluido las actividades de rehabilitación, para garantizar que la rehabilitación haya sido un éxito y que no existen otras fuentes de contaminación que no fueron identificadas durante la caracterización del sitio.

<sup>13</sup> <https://www.epa.gov/enforcement/landowner-liability-protections>.

<sup>14</sup> Gobierno de Australia Occidental (2003). Contaminated Sites Act 2003, sección 27 2) a).

## **H. Cooperación en la formulación de estrategias y la ejecución de actividades para buscar, evaluar, priorizar, gestionar y, según proceda, rehabilitar sitios contaminados.**

100. En el texto del Convenio se alienta a las Partes a que cooperen entre sí, tanto de manera específica en el artículo 12 sobre sitios contaminados como en las disposiciones del artículo 14 en materia de creación de capacidad, asistencia técnica y transferencia de tecnología. La cooperación puede consistir, por ejemplo, en la realización de actividades de intercambio de información, exploración de oportunidades para la evaluación conjunta de los sitios, coordinación de los planes de comunicación en relación con los sitios.

101. Las oportunidades de intercambio de información pueden surgir durante el proceso de identificación de los sitios contaminados, que también puede presentar oportunidades de evaluación conjunta del sitio. Esto puede ser particularmente apropiado, por ejemplo, cuando hay varios sitios en una subregión que previamente pertenecían a la misma empresa o eran gestionados por ella o en los que se han realizado actividades similares (como la extracción del oro artesanal en pequeña escala, la minería primaria de mercurio o la producción de cloro-álcali).

102. Las actividades de cooperación durante la evaluación de los sitios contaminados pueden generar ahorro y aumentar la eficiencia, en particular si las Partes están dispuestas a compartir los costos del muestreo y el análisis. Tal vez sea posible, por ejemplo, que una Parte asuma la tarea de obtener las muestras que, posteriormente serán evaluadas por otra Parte con mayor capacidad de laboratorio.

103. En cuanto a la priorización de los sitios contaminados, las Partes pueden tomar las decisiones sobre la base de las prioridades nacionales; sin embargo, un enfoque cooperativo que implique el intercambio de información y el examen conjunto de prioridades puede resultar útil, sobre todo en situaciones en las que es probable que la contaminación se haya extendido más allá de las fronteras nacionales. La Parte que sufra los efectos más graves de la contaminación puede aportar información útil para el proceso de asignación de prioridades. Además, las Partes tal vez deseen cooperar cuando existan múltiples sitios contaminados en estrecha proximidad. Podría requerirse la cooperación de las Partes para restringir el acceso a determinados sitios. En los casos en que se prevén actividades de rehabilitación, tal vez sea posible elaborar planes conjuntos con respecto al tratamiento del material contaminado que podrían aportar beneficios de escala o posibilitar el tratamiento en centros especializados.

104. Existen algunas redes de entidades reguladoras establecidas desde hace tiempo relacionadas con la gestión de las tierras contaminadas. En el plano mundial, en 1993 se creó el International Committee on Contaminated Land. En la Unión Europea, los Estados miembros y la Comisión Europea han colaborado desde 1994 en el Common Forum on Contaminated Land, poniendo en marcha dos medidas concertadas sobre la evaluación y la gestión de los riesgos<sup>15</sup>. Estas iniciativas han generado documentos de orientación sobre la gestión sostenible de las tierras contaminadas que se pueden descargar de manera gratuita en <http://www.iccl.ch/> y <https://www.commonforum.eu/>.

---

<sup>15</sup> CLARINET – Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies ([https://www.commonforum.eu/references\\_clarinet.asp](https://www.commonforum.eu/references_clarinet.asp)), and CARACAS – Concerted Action for Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe ([https://www.commonforum.eu/references\\_caracas.asp](https://www.commonforum.eu/references_caracas.asp)).

## Referencias

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) and Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) (2013). “Comparaison des techniques par COÛTS.” Available at [http://www.selecdepol.fr/sites/default/files/medias/Donnees%20comparatives/Comparaison\\_des\\_tech\\_niques\\_par\\_COUTS.pdf](http://www.selecdepol.fr/sites/default/files/medias/Donnees%20comparatives/Comparaison_des_tech_niques_par_COUTS.pdf). (in French only)

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (1999). Toxic Substances Portal – Mercury: Public Health Statement for Mercury (<https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=112&tid=24>) and Mercury Quick Facts: Health Effects of Mercury Exposure ([https://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs/11-229617-E-508\\_HealthEffects.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/mercury/docs/11-229617-E-508_HealthEffects.pdf)).

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) (2016). *Guidance Manual for Environmental Site Characterization in Support of Environmental and Human Health Risk Assessment*. Available at [https://www.ccme.ca/en/resources/contaminated\\_site\\_management/assessment.html](https://www.ccme.ca/en/resources/contaminated_site_management/assessment.html).

Environment Agency (2009). *Soil Guideline Values for Mercury in Soil Science Report SC050021/Mercury SGV*. Technical note. Environment Agency, Rio House, Almondsbury, Bristol BS32 4UD.

Environment Agency (2012). *How to comply with your environmental permit: additional guidance for treating waste by thermal desorption*. Available at [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/300893/geho0512bwir-e-e.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/300893/geho0512bwir-e-e.pdf).

Feng, H., and others (2015). “In situ remediation technologies for mercury-contaminated soil.” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22, no. 11, pp. 8124–8147. Available at [https://www.researchgate.net/publication/274729292\\_In\\_situ\\_remediation\\_technologies\\_for\\_mercury-contaminated\\_soil](https://www.researchgate.net/publication/274729292_In_situ_remediation_technologies_for_mercury-contaminated_soil).

Kocman, D., and others (2013). “Contribution of contaminated sites to the global mercury budget.” *Environmental Research*, vol. 125 (Aug. 2013), pp.160–170. Available at <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.362.1877&rep=rep1&type=pdf>.

Laperche, V., and Touzé, S. (2014). *Restauration de l'état des masses d'eau de surface contaminée par le mercure – État de l'art des méthodes existantes et adaptabilité dans le contexte guyanais*. Rapport final. BRGM/RP-64032-FR. Available at [http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DRGUYA/Infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD\\_FICJOINT\\_0016486&search=restauration](http://www.side.developpement-durable.gouv.fr/EXPLOITATION/DRGUYA/Infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD_FICJOINT_0016486&search=restauration) (in French only).

Matthews, D., and others (2013). “Whole-lake nitrate addition for control of methylmercury in mercury-contaminated Onondaga Lake, NY.” *Environmental Research*, vol. 125 (Aug. 2013), pp. 52–60.

Merly, C., and Hube, D. (2014). *Remediation of Mercury-contaminated Sites*. Project No. SN-03/08. Available at <https://docplayer.net/18898131-Remediation-of-mercury-contaminated-sites.html>.

National Environmental Justice Advisory Council (2013). *Model Guidelines for Public Participation*. Available at <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/recommendations-model-guide-pp-2013.pdf>.

National Environmental Protection Council (NEPC) (1999). *Guideline on Investigation Levels for Soil and Groundwater; NEPM Schedule B (1)*. Available at <http://www.nepc.gov.au/system/files/resources/93ae0e77-e697-e494-656f-afaf9fb4277/files/schedule-b1-guideline-investigation-levels-soil-and-groundwater-sep10.pdf>.

Network for Industrially Contaminated Land Management in Europe (NICOLE) (2015). *Risk-based Management of Mercury Impacted Sites*. Available at <http://www.nicole.org/uploadedfiles/WGM%202015-06-10%20NICOLE%20Risk%20based%20Management%20of%20Mercury%20Impacted%20Sites.pdf>.

Todorova, S., and others (2009). “Evidence for regulation of monomethyl mercury by nitrate in a seasonally stratified, eutrophic lake.” *Environmental Science and Technology*, vol. 43, no. 17 (September 2009), pp. 6572–6578. Available at <https://experts.syr.edu/en/publications/evidence-for-regulation-of-monomethyl-mercury-by-nitrate-in-a-sea>.

Trasande, L., and others (2016). “Economic implications of mercury exposure in the context of the global mercury treaty: hair mercury levels and estimated lost economic productivity in selected developing countries.” *Journal of Environmental Management*, vol. 183 (Sept. 2016), pp. 229–235. Available at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27594689>.



- 
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2013). *Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport*. Geneva, UNEP Chemicals Branch. Available at <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7984>.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2015). “Technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with mercury or mercury compounds.” UNEP/CHW.12/5/Add.8/Rev.1. Available at <http://www.basel.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP12/tabid/4248/mctl/ViewDetails/EventModID/8051/EventID/542/xmid/13027/Default.aspx>.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2019). *Global Mercury Assessment 2018*. Geneva, UNEP Chemicals Branch. Available at <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27579/GMA2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- United States Environment Protection Agency (US EPA) (2007). *Treatment Technologies for Mercury in Soil, Waste, and Water*. Washington. Available at <https://clu-in.org/download/remed/542r07003.pdf>.
- World Health Organization (WHO) (2017). “Mercury and health” (website). Available at <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/en/>.
- World Health Organization (WHO) (2018a). *Assessment of prenatal exposure to mercury: standard operating procedures*. Available at [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/mercury/en/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/en/).
- World Health Organization (WHO) (2018b). *Assessment of prenatal exposure to mercury: human biomonitoring survey – the first survey protocol*. Available at [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/mercury/en/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/en/).
-