



## Comisión Jurídica y Técnica

Distr. general  
8 de julio de 2022  
Español  
Original: inglés

### 25º período de sesiones

Período de sesiones de la Comisión Jurídica y Técnica, parte I  
Kingston, 4 a 15 de marzo de 2019  
Tema 11 del programa

**Examen de las recomendaciones para información de los contratistas con respecto a la evaluación de los posibles efectos ambientales de la exploración de minerales marinos en la Zona**

### **Recomendaciones para información de los contratistas con respecto a la evaluación de los posibles efectos ambientales de la exploración de minerales marinos en la Zona**

**Publicadas por la Comisión Jurídica y Técnica\***

#### **I. Introducción**

1. Durante la exploración en busca de minerales marinos, la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos tiene el deber, entre otras cosas, de establecer y examinar periódicamente las normas, los reglamentos y los procedimientos de carácter ambiental para asegurar la eficaz protección del medio marino contra los efectos nocivos que puedan resultar de las actividades en la Zona y, junto con los Estados patrocinantes, aplicar un enfoque de precaución a esas actividades sobre la base de las recomendaciones de la Comisión Jurídica y Técnica. Además, los contratos de exploración para la búsqueda de minerales en la Zona exigen que el contratista recopile datos oceanográficos y ambientales de referencia y establezca bases de referencia para evaluar los efectos probables de su programa de actividades de conformidad con el plan de trabajo para la exploración en el medio marino y un programa de vigilancia e información respecto de esos efectos. El contratista cooperará con la Autoridad y el Estado o los Estados patrocinantes en la formulación y ejecución de dichos programas de vigilancia. El contratista informará anualmente de los resultados de sus programas de vigilancia ambiental. Además, cuando se solicite la aprobación de un plan de trabajo para la exploración, todos los solicitantes deberán adjuntar, entre otras cosas, la descripción de un programa de estudios de referencia oceanográficos y ambientales de conformidad con los reglamentos pertinentes y con las normas, reglamentos y procedimientos ambientales dictados por la Autoridad, que permita evaluar los posibles efectos ambientales de las actividades

\* El presente documento sustituye a [ISBA/25/LTC/6/Rev.1](#) y a [ISBA/25/LTC/Rev.1/Corr.1](#).



de exploración propuestas, teniendo en cuenta las recomendaciones que formule la Comisión Jurídica y Técnica, así como una evaluación preliminar de los posibles efectos en el medio marino de las actividades de exploración propuestas.

2. Cuando lo estime oportuno, la Comisión Jurídica y Técnica podrá formular recomendaciones de índole técnica o administrativa para que sirvan como directrices a los contratistas a fin de ayudarles en la aplicación de las normas, reglamentos y procedimientos de la Autoridad. De conformidad con el artículo 165, párrafo 2 e) de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982, la Comisión también hará recomendaciones al Consejo acerca de la protección del medio marino teniendo en cuenta las opiniones de expertos reconocidos.

3. Cabe recordar que, en junio de 1998, la Autoridad organizó un taller sobre la elaboración de directrices ambientales para la exploración en busca de campos de nódulos polimetálicos. El resultado del taller fue un proyecto de directrices para evaluar el posible impacto ambiental de la exploración de campos de nódulos polimetálicos en la Zona. Los participantes en el taller señalaron que se necesitaban métodos claros y uniformes de análisis ambiental basados en principios científicos aceptados y que tuvieran en cuenta las limitaciones de carácter oceanográfico. Un año después de la aprobación del Reglamento sobre Prospección y Exploración de Nódulos Polimetálicos en la Zona ([ISBA/6/A/18](#)), la Comisión Jurídica y Técnica publicó directrices en 2001 como documento [ISBA/7/LTC/1/Rev.1](#) y posteriormente las revisó en 2010 a la luz de nuevos conocimientos (véase [ISBA/16/LTC/7](#)). Tras la aprobación del Reglamento sobre Prospección y Exploración de Sulfuros Polimetálicos en la Zona ([ISBA/16/A/12/Rev.1](#)) en 2010 y del Reglamento sobre Prospección y Exploración de Costras de Ferromanganeso con Alto Contenido de Cobalto en la Zona ([ISBA/18/A/11](#)) en 2012, se acordó que era necesario formular un conjunto de directrices ambientales que incluyese orientaciones para la exploración de sulfuros polimetálicos y de costras de ferromanganeso con alto contenido de cobalto.

4. Del 6 al 10 de septiembre de 2004 se celebró en Kingston un taller sobre “Sulfuros polimetálicos y costras cobálticas: su medio y consideraciones para la elaboración de perfiles ambientales de referencia y un programa conexo de vigilancia de la exploración” en vista de la necesidad de formular principios de protección ambiental para las actividades de exploración de esos dos recursos. Las recomendaciones del taller se basaron en los conocimientos científicos existentes acerca del medio marino y la tecnología que se usaría. Con posterioridad a estos talleres, se han puesto en práctica varios programas nacionales y regionales de investigación sobre la minería en alta mar, especialmente por países de Europa (proyecto de Gestión de los Impactos de la Explotación de Recursos en Aguas Profundas (MIDAS), 2013 a 2016, y proyecto MiningImpact de JPI Oceans, 2015 a 2017), el Pacífico Sudoccidental (proyecto sobre minerales en aguas profundas de la Comunidad del Pacífico y la Unión Europea, 2011 a 2016), Nueva Zelanda (proyecto para facilitar la gestión de la minería en el mar del Instituto Nacional de Investigación sobre el Agua y la Atmósfera, 2012 a 2016) y el Japón y Francia (proyecto conjunto denominado “EcoDeep”), que han evaluado las necesidades científicas de estudios de bases de referencia y vigilancia. Además, la Autoridad organizó una serie de talleres de normalización taxonómica (sobre la megafauna en Wilhelmshaven (Alemania), en 2013; sobre la macrofauna en Uljin-gun (República de Corea), en 2014; y sobre la meiofauna en Gante (Bélgica), en 2015). Del 27 al 29 de septiembre de 2017 se organizó en Berlín un taller sobre la determinación de zonas de referencia para los efectos y zonas de referencia para la preservación en las zonas de los contratos de explotación minera de los fondos marinos. Los resultados de esos talleres y programas están disponibles para actualizar las recomendaciones anteriores a los contratistas que figuran en el documento [ISBA/19/LTC/8](#).

5. A menos que se indique otra cosa, las recomendaciones que figuran en el presente documento con respecto a la exploración se aplican a todos los tipos de campos. En algunos lugares, tal vez no sea factible aplicar algunas de las recomendaciones concretas. Si fuese el caso, se recomienda que el contratista presente argumentos en ese sentido a la Autoridad, la cual podrá eximir al contratista del requisito específico.

6. La Comisión opina que, habida cuenta de la naturaleza técnica de las recomendaciones, es indispensable proporcionar, como anexo I de las recomendaciones, un comentario explicativo. El comentario explicativo se complementa con un glosario de términos técnicos.

7. La naturaleza de las consideraciones ambientales asociadas a las pruebas de extracción y las pruebas de los componentes de extracción depende del tipo de tecnología utilizada para extraer los minerales y de la escala de la operación. La remoción mecánica sin procesamiento inicial en el fondo marino se consideró la tecnología que con mayor probabilidad se utilizaría y es el método de extracción de minerales que se da por supuesto en el presente documento. En el futuro, es probable que en las operaciones de extracción se empleen técnicas que no se abordan aquí. Habida cuenta de que las recomendaciones que figuran en el presente documento se basan en los conocimientos científicos actuales sobre el medio marino y la tecnología que se consideraba que se iba a utilizar en el momento en que se prepararon, pueden requerir una revisión en una fecha ulterior, teniendo en cuenta los progresos de la ciencia y la tecnología. De conformidad con cada reglamento, la Comisión podrá examinar estas recomendaciones cuando lo considere oportuno, teniendo en cuenta el estado de los conocimientos científicos y la información disponible. Se recomienda que ese examen se lleve a cabo periódicamente, a intervalos de no más de cinco años. A fin de facilitarlos, se recomienda a la Autoridad que organice talleres a intervalos adecuados y se invite a participar en ellos a los miembros de la Comisión, contratistas y expertos reconocidos de la comunidad científica, organizaciones internacionales y gubernamentales y organizaciones no gubernamentales.

8. Tras la aprobación del plan de trabajo para la exploración en forma de contrato y antes de iniciar las actividades de exploración, el contratista presentará a la Autoridad lo siguiente:

a) Una evaluación del impacto que estudie los posibles efectos sobre el medio marino de todas las actividades propuestas, a excepción de las actividades que la Comisión Jurídica y Técnica considere que no tienen posibilidades de causar efectos nocivos en el medio marino;

b) Una propuesta de un programa de vigilancia para determinar los posibles efectos en el medio marino de las actividades propuestas y para verificar que no se ocasionen daños graves al medio marino como consecuencia de la prospección y la exploración en busca de minerales;

c) Datos que puedan utilizarse para establecer una base de referencia ambiental que permita evaluar los efectos de las actividades futuras.

## **II. Alcance**

### **A. Finalidad**

9. En las presentes recomendaciones se describen los procedimientos que habrán de seguirse en la adquisición de los datos de referencia y la vigilancia que deberá llevarse a cabo durante las actividades en la zona de exploración que puedan causar daños graves al medio ambiente y después de ellas. Sus fines concretos son los siguientes:

a) Definir las propiedades oceanográficas, químicas, geológicas, biológicas y sedimentarias que deberán medirse y los procedimientos que deberán seguir los contratistas para asegurar la eficaz protección del medio marino contra los efectos nocivos que puedan producirse como consecuencia de las actividades de los contratistas en la Zona;

b) Facilitar la presentación de informes por los contratistas;

c) Proporcionar orientación a los posibles contratistas para que elaboren un plan de trabajo de la exploración en busca de minerales marinos de conformidad con lo dispuesto en la Convención, en el Acuerdo de 1994 relativo a la Aplicación de la Parte XI de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar y en los reglamentos pertinentes de la Autoridad.

## **B. Definiciones**

10. Salvo que en el presente documento se indique otra cosa, los términos y expresiones definidos en cada reglamento tendrán el mismo sentido en estas recomendaciones. En el anexo II del presente documento figura un glosario de términos técnicos.

## **C. Estudios ambientales**

11. En todo plan de trabajo para la exploración en búsqueda de minerales marinos se tendrán en cuenta las siguientes etapas de realización de estudios ambientales:

a) Estudios ambientales de referencia;

b) Vigilancia para asegurar que no se causen daños graves al medio marino como resultado de actividades realizadas durante las actividades de prospección y exploración;

c) Vigilancia durante la realización de las pruebas de los componentes de extracción y después de ellas.

12. Los contratistas permitirán que la Autoridad envíe inspectores a bordo de los buques y las instalaciones que utilicen para realizar actividades de exploración en la Zona con el objeto, entre otros, de vigilar los efectos de esas actividades en el medio marino.

## **III. Estudios ambientales de referencia**

### **A. Información necesaria para los estudios de referencia**

13. Es importante obtener suficiente información de la zona de exploración a fin de documentar las condiciones naturales existentes antes de las pruebas de extracción o de los componentes de extracción, comprender mejor procesos naturales como la dispersión y la sedimentación de partículas, así como la sucesión de la fauna bentónica, y recoger otros datos que permitan adquirir la capacidad necesaria para predecir con exactitud los efectos en el medio ambiente, como el impacto previsto y su proceso, incluidos el penacho de perturbación del fondo marino, el penacho de descarga, la posible toxicidad, el ruido y la intensidad de la luz. Los efectos de procesos naturales que ocurren periódicamente en el medio marino pueden ser significativos, pero no están bien cuantificados. Por consiguiente, es importante obtener un historial lo más largo posible de las reacciones naturales de las

comunidades de la superficie marina, la capa pelágica, la capa cercana al fondo y el fondo marino ante la variabilidad ambiental natural antes de llevar a cabo actividades relacionadas con la extracción. Deben usarse las mejores tecnologías y metodologías de muestreo disponibles al establecer los datos de referencia para las evaluaciones del impacto ambiental.

## **B. Requisitos de los datos de referencia**

14. A fin de establecer la línea de base ambiental de la zona de exploración que se exige en los reglamentos pertinentes, el contratista, utilizando la mejor tecnología disponible, incluido el Sistema de Información Geográfica, y métodos estadísticos eficaces para elaborar la estrategia de muestreo, reunirá datos con miras a establecer las condiciones de referencia de la oceanografía física, la oceanografía química y los parámetros geológicos, biológicos y de otro tipo característicos de los entornos que es probable que resulten afectados por las actividades de exploración y las posibles pruebas de extracción y de los componentes de extracción. Es indispensable contar con datos de referencia que demuestren cuáles son las condiciones naturales previas a las pruebas de extracción y de los componentes de extracción para vigilar los cambios ocurridos como consecuencia de estas actividades y para predecir el efecto de la extracción comercial.

15. Para contar con los datos necesarios, deberá hacerse, entre otras cosas, lo siguiente:

a) Oceanografía física:

i) Adaptar el programa de medición a la geomorfología del fondo marino y los procesos hidrodinámicos regionales en la superficie del mar, en la columna de agua y en el fondo marino;

ii) Recoger información sobre las condiciones oceanográficas, como la presión, la dirección y velocidad de las corrientes, la temperatura, la salinidad y los regímenes de turbidez, a intervalos en toda la columna de agua y, en particular, cerca del fondo marino;

iii) Medir los parámetros oceanográficos físicos en las profundidades que puedan resultar afectadas por los penachos causados por las descargas del procesamiento y los penachos de perturbación del fondo marino;

iv) Medir los parámetros físicos con suficiente resolución espacial y temporal para describir debidamente el entorno oceanográfico;

v) Medir las concentraciones y composiciones naturales de partículas para registrar su distribución en toda la columna de agua;

b) Oceanografía química:

i) Reunir información acerca de la composición química de la columna de agua, incluida el agua que cubra los recursos, en particular acerca de los metales y otros elementos que puedan liberarse durante el proceso de extracción, incluidas las interacciones que puedan producirse como consecuencia de los procesos de trituración, las fugas en la tubería de respiración, la deshidratación en el buque de superficie y el penacho de descarga consiguiente;

ii) Proporcionar información sobre los posibles nuevos productos químicos que puedan liberarse, si los hubiera, en el penacho de descarga después de la deshidratación o procesamiento del mineral, en caso de que ocurra en el mar;

- iii) Medir la concentración de oxígeno, generando perfiles en la columna de agua, en la medida de lo posible cerca y a través de la interfaz entre los sedimentos y el agua hasta llegar a la columna de sedimentos;
- iv) Medir el pH y otros componentes del sistema de carbonatos cuando proceda (por ejemplo, el dióxido de carbono o la alcalinidad);
- c) Propiedades geológicas:
  - i) Elaborar mapas regionales del sistema de información geográfica, con batimetría de alta resolución y tipo de fondo marino, que muestren los principales accidentes geológicos y geomorfológicos, para reflejar así la heterogeneidad del entorno. Estos mapas deberán producirse a una escala apropiada para describir la variabilidad de los hábitats y los recursos;
  - ii) Registrar los niveles de referencia de contenidos de metales pesados y oligoelementos de los recursos que puedan liberarse durante las pruebas de extracción o de los componentes de extracción;
  - iii) Determinar las propiedades básicas de los sustratos para describir los yacimientos de la superficie de la tierra que sean posibles fuentes de los penachos de perturbación del fondo marino;
  - iv) Muestrear el sustrato teniendo en cuenta la variabilidad del fondo marino y la naturaleza de cada categoría de recursos;
- d) Comunidades biológicas:
  - i) Utilizar mapas batimétricos de alta resolución para planificar la estrategia de muestreo biológico, teniendo en cuenta la variabilidad del entorno;
  - ii) Reunir datos sobre las comunidades biológicas, tomando muestras de fauna representativas de la variabilidad de los hábitats, la topografía del fondo marino, la profundidad, las características del fondo marino y el sedimento, la columna de agua y recursos minerales que vayan a extraerse;
  - iii) Recopilar datos sobre las comunidades de protozoos y metazoos de la zona cercana al fondo y el fondo marino, sobre todo la megafauna, la macrofauna, la meiofauna, las comunidades microbianas, los detritívoros y peces demersales y la biota vinculada directamente con el recurso, tanto en la zona de exploración como en las zonas en las que puedan repercutir las operaciones (por ejemplo, las zonas afectadas por los penachos de perturbación del fondo marino y de descarga);
  - iv) Analizar las comunidades pelágicas que se encuentren en la columna de agua y cerca del fondo (en la capa bentónica limítrofe) y puedan verse afectadas por las operaciones (por ejemplo, por el ruido o los penachos de descarga);
  - v) Registrar los avistamientos de mamíferos marinos, otros animales grandes que habitan cerca de la superficie (como tortugas y bancos de peces) y concentraciones de aves, identificando las especies correspondientes en la medida de lo posible. Deberá registrarse información detallada en tránsito hacia las zonas de exploración y desde ellas, así como entre estaciones;
  - vi) Establecer series cronológicas de estaciones para evaluar las variaciones temporales en las comunidades de la columna de agua y los fondos marinos;
  - vii) Evaluar la distribución regional de especies y comunidades o concentraciones, así como la conectividad genética de especies clave y representativas;

viii) En la medida de lo posible, la recolección de muestras deberá documentarse fotográficamente (e indizarse a imágenes de vídeo) sobre el terreno, de modo que se disponga de un archivo de información sobre el contexto o el entorno de cada muestra;

e) Registrar y describir la actividad de bioturbación y la mezcla de sedimentos;

f) Evaluar los vínculos entre los hábitats pelágicos y bentónicos, incluidos los flujos hacia los sedimentos: reunir series cronológicas de datos sobre el flujo de hundimiento y la composición de los materiales (incluida la materia orgánica particulada) desde la parte superior de la columna de agua hasta el fondo marino;

g) Medir el consumo de oxígeno de la comunidad sedimentaria como sistema de medida de la función de toda la comunidad (principalmente microbiana);

h) Evaluar la estructura de la red alimentaria de los hábitats pelágicos y bentónicos.

16. Además de los análisis de los datos, deberán facilitarse los datos sin elaborar en formato electrónico con los informes anuales, conforme a lo acordado con la secretaría. Estos datos se utilizarán para la gestión ambiental regional y la evaluación de los impactos acumulativos.

17. Además de la información indicada anteriormente, la siguiente información es específica de los sulfuros polimetálicos:

a) Deberá registrarse cualquier modificación de la descarga de fluidos en condiciones hidrotermales y de la fauna asociada (empleando documentación fotográfica, mediciones de temperatura y otros sistemas de medida, según sea conveniente);

b) En el caso de los depósitos de sulfuros activos, deberán analizarse las relaciones entre la temperatura y la fauna (por ejemplo, entre 5 y 10 mediciones de temperatura distintas y documentadas en vídeo dentro de cada subhábitat);

c) Deberá determinarse la distribución, la abundancia, la estructura de especies y la diversidad de los taxones dominantes en cada subhábitat (zonas de chimeneas activas e inactivas y hábitats no vinculados a chimeneas). Esto incluye la evaluación de comunidades quimiosintéticas localizadas y especializadas en relación con posibles emplazamientos de extracción;

d) La biomasa y la estructura de las comunidades microbianas y de meiofauna asociadas a los depósitos de sulfuros polimetálicos deberán obtenerse por muestreo de vehículos operados por control remoto o sumergibles, cuando sea posible, o mediante el análisis de muestras de draga oceanográfica y perforación de rocas. Deberá tomarse una cantidad estadísticamente justificable de muestras de sulfuros polimetálicos, en la medida de lo posible. Deberán determinarse, en la medida de lo posible, las especies que viven sobre la roca o en grietas y agujeros en el yacimiento;

e) Solo deberán reunirse muestras biológicas procedentes de sistemas activos de chimeneas hidrotermales utilizando muestreo de precisión mediante vehículos operados por control remoto o sumergibles, por subhábitat y colocándolas en cajas de muestras diferentes;

18. Además de la información indicada anteriormente, la siguiente información es específica de las costras de ferromanganeso con alto contenido de cobalto:

a) Las comunidades biológicas asociadas a las costras de ferromanganeso con alto contenido de cobalto pueden tener una distribución muy localizada. Por lo tanto, las muestras biológicas dentro de la zona del contratista deberán estratificarse de

acuerdo con el tipo de hábitat, que quedará definido por la topografía (por ejemplo, la cumbre, la ladera y la base de los montes submarinos), la hidrografía, el régimen de las corrientes, la megafauna predominante (por ejemplo, barreras de coral o campos de esponjas y octocorales), el contenido de oxígeno del agua (si la capa de oxígeno mínimo toca el accidente de que se trata) y posiblemente también la profundidad. Se deberán tomar muestras biológicas repetidas, tanto desde el punto de vista espacial como temporal, usando técnicas adecuadas de muestreo en cada subhábitat. Se recomienda sacar una cantidad estadísticamente justificable de muestras repetidas por estrato para recoger especímenes y evaluar la variedad de especies;

b) Deberán realizarse perfiles perpendiculares fotográficos o en vídeo para determinar el tipo de hábitat, la estructura de las comunidades y las asociaciones de la megafauna con tipos específicos de sustratos. La abundancia, la cobertura porcentual y la diversidad de la megafauna deberán basarse inicialmente en por lo menos cuatro perfiles perpendiculares. Estos perfiles perpendiculares deberán incluir fondo marino *llano* en la base del monte submarino, la ladera del monte y su cumbre. Deberán realizarse otros perfiles perpendiculares en las zonas de costras donde la realización de pruebas de extracción pueda ser de interés;

c) Los peces demersales y otros componentes del necton que vivan por encima del fondo marino deberán evaluarse utilizando perfiles perpendiculares fotográficos o en vídeo tomados con dispositivos remolcados, dispositivos bentónicos u observaciones y fotografías realizadas mediante vehículos operados por control remoto o sumergibles. Los montes submarinos pueden ser ecosistemas importantes que proporcionan diferentes hábitats a distintas especies de peces que se congregan en ellos para desovar o alimentarse.

## **IV. Protocolo de recopilación, comunicación y archivo de datos**

### **A. Recopilación y análisis de datos**

19. Los tipos de datos que se recopilen, la frecuencia de la recopilación y las técnicas analíticas empleadas de conformidad con las presentes recomendaciones deberán ajustarse a la mejor metodología disponible y utilizar un sistema internacional de control de calidad y procedimientos y laboratorios certificados.

### **B. Sistema de archivo y recuperación de datos**

20. Deberá entregarse a la secretaría de la Autoridad, en un plazo de un año desde la finalización del crucero, un informe de crucero con listas de estaciones y de actividades y otros metadatos pertinentes.

21. El contratista deberá proporcionar a la Autoridad todos los datos pertinentes, las descripciones de los datos y los inventarios, incluidos los datos ambientales sin elaborar en el formato que se convenga con la Autoridad, de conformidad con lo descrito en el párrafo 23. Los datos y la información necesarios para que la Autoridad formule normas, reglamentos y procedimientos sobre la protección y preservación del medio marino y su seguridad que no sean datos relativos al diseño del equipo que estén protegidos por derechos de propiedad intelectual (incluidos los datos hidrográficos, químicos y biológicos) deberán estar libremente disponibles para hacer análisis científicos a más tardar cuatro años después de la finalización del crucero. Deberá poderse consultar en la Web un inventario de los datos de cada contratista. Junto con los datos, deberán incluirse metadatos que detallen las técnicas analíticas,



los análisis de los errores, las descripciones de los fallos, las técnicas y las tecnologías cuya utilización deba evitarse, comentarios sobre la suficiencia de los datos y otros descriptores pertinentes.

22. El contratista deberá hacer todos los esfuerzos razonables para asegurar que se archiven ejemplos representativos de las muestras biológicas, minerales y moleculares de buena calidad que queden cuando se terminen los estudios en una instalación de almacenamiento a largo plazo apropiada, por ejemplo, museos de historia natural, repositorios de núcleos, institutos geológicos y colecciones internacionales etiquetadas (microbiología).

23. Todos los datos relativos a la protección y preservación del medio marino, con la excepción de los datos relativos al diseño del equipo, que se hayan reunido en cumplimiento de las recomendaciones que figuran en los párrafos 24 y 38, deberán transmitirse al Secretario General para que estén libremente disponibles, con sujeción a los requisitos de confidencialidad que figuren en los reglamentos pertinentes.

24. El contratista transmitirá al Secretario General todos los demás datos no confidenciales que obren en su poder y que puedan ser pertinentes para proteger y conservar el medio marino.

### **C. Presentación de informes**

25. Se presentarán periódicamente a la Autoridad informes con una evaluación e interpretación de los resultados de las actividades de vigilancia, junto con los datos sin elaborar, de conformidad con las Recomendaciones para orientar a los contratistas respecto al contenido, el formato y la estructura de sus informes anuales ([ISBA/21/LTC/15](#)), utilizando la plantilla de presentación de informes del contratista correspondiente, que podrá consultarse en el sitio web de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos.

### **D. Transmisión de datos**

26. Todos los datos relativos a la protección y preservación del medio marino, con la excepción de los datos relativos al diseño del equipo, que se hayan reunido en cumplimiento de las recomendaciones que figuran en los párrafos 24 y 38, deberán transmitirse al Secretario General de modo que estén libremente disponibles para el análisis y la investigación de carácter científico en un plazo de cuatro años desde la finalización de un crucero, con sujeción a los requisitos de confidencialidad que figuren en los reglamentos pertinentes. Este procedimiento no excluye la obligación de informar y transmitir los datos a la Autoridad de conformidad con la cláusula 10 del anexo IV del Reglamento sobre Prospección y Exploración de Nódulos Polimetálicos en la Zona, titulado “Cláusulas uniformes del contrato para la exploración”.

27. El contratista transmitirá al Secretario General todos los demás datos no confidenciales que obren en su poder y que puedan ser pertinentes para proteger y conservar el medio marino.

## **V. Cooperación en materia de investigación y recomendaciones para colmar lagunas en los conocimientos**

28. La cooperación en materia de investigación puede proporcionar datos adicionales para la protección del medio marino y ofrecer una buena relación costo-eficacia a los contratistas.

29. La interacción entre múltiples disciplinas oceanográficas y diversas instituciones puede ser útil para colmar las lagunas de conocimientos (especialmente con respecto a las pautas ambientales a escala regional) que surjan como consecuencia del trabajo individual de los contratistas. La Autoridad puede prestar apoyo a la coordinación y difusión de los resultados de tales investigaciones, de conformidad con la Convención. La Autoridad deberá prestar asesoramiento a los contratistas de exploración en lo que respecta a la determinación de oportunidades de cooperación en materia de investigación, pero los contratistas deberán tratar de establecer sus propios vínculos con instituciones académicas y otros expertos profesionales.

30. Los programas de cooperación en materia de investigación podrían ofrecer sinergias especiales, al combinar los conocimientos especializados, las instalaciones de investigación, las capacidades logísticas y los intereses comunes de las empresas mineras y las instituciones y los organismos de cooperación. De este modo, los contratistas pueden aprovechar al máximo las instalaciones de investigación de gran escala, como los buques, los vehículos submarinos autónomos y los vehículos operados por control remoto, y los conocimientos especializados sobre geología, ecología, química y oceanografía física de las instituciones académicas.

31. Para responder determinadas preguntas acerca de los efectos ambientales de futuras actividades de extracción, deberán realizarse experimentos, observaciones y mediciones de carácter específico. No es necesario que todos los contratistas realicen los mismos estudios. Puede que la repetición de algunos experimentos o estudios de impacto no contribuya a los conocimientos científicos o las evaluaciones del impacto y consuma innecesariamente recursos financieros, humanos y tecnológicos. Se alienta a los contratistas a que consideren la posibilidad de aunar sus esfuerzos mediante la realización de estudios oceanográficos internacionales en cooperación y aprovechen las conclusiones de los otros contratistas para lograr la comprensión necesaria (y ampliada) de los ecosistemas objetivo.

## **VI. Evaluación del impacto ambiental durante la exploración**

### **A. Actividades que no requieren una evaluación del impacto ambiental durante la exploración**

32. Sobre la base de la información disponible, se considera que varias tecnologías actualmente utilizadas en actividades de exploración no tienen posibilidades de causar daños graves al medio marino y, por lo tanto, no requieren una evaluación del impacto ambiental. Entre ellas, cabe mencionar las siguientes:

- a) Observaciones y mediciones gravimétricas y magnetométricas;
- b) Trazados de imágenes y de perfiles acústicos o electromagnéticos de resistividad, autopotencial o polarización inducida en el fondo y el subsuelo marino sin usar explosivos ni frecuencias que se sepa que afectan significativamente a la vida marina;
- c) Muestreos de agua, biota, sedimentos o rocas para el estudio ambiental de referencia, a saber:

- i) Muestreos de pequeñas cantidades de agua, sedimentos y biota (por ejemplo, desde vehículos operados por control remoto);
- ii) Muestreos de rocas y minerales de alcance limitado, como el realizado utilizando pequeños extractores de muestras o cangilones;
- iii) Muestreos de sedimentos con nucleadores de caja y otros nucleadores;
- d) Observaciones y mediciones meteorológicas, incluida la instalación de instrumentos (por ejemplo, número limitado de amarres);
- e) Mediciones y observaciones oceanográficas, incluidas las hidrográficas, como la instalación de instrumentos (por ejemplo, amarres y dispositivos bentónicos);
- f) Mediciones y observaciones en vídeo, película o fotografías realizadas mediante dispositivos que no entren en contacto con el fondo (por ejemplo, plataformas remolcadas con cámaras, vehículos operados por control remoto y vehículos submarinos autónomos);
- g) Análisis y ensayos de minerales a bordo de buques;
- h) Sistemas de posicionamiento, incluidos transpondedores de fondo y boyas de superficie y subsuperficie que se indiquen en los avisos a los navegantes;
- i) Mediciones con sensores de penachos remolcados (análisis químicos, nefelómetros y fluorómetros, entre otros);
- j) Mediciones metabólicas *in situ* de la fauna (por ejemplo, del consumo de oxígeno de las comunidades sedimentarias);
- k) Análisis de ADN de muestras biológicas;
- l) Estudios con trazadores o liberación de colorantes, a menos que se requiera una evaluación del impacto ambiental con arreglo a las leyes nacionales o internacionales para ciertos colorantes o trazadores potencialmente perjudiciales.

## **B. Actividades que requieren una evaluación del impacto ambiental durante la exploración**

33. Las actividades siguientes requieren una evaluación del impacto ambiental previa, así como un programa de vigilancia ambiental que se aplique durante y después de la actividad específica, de conformidad con las recomendaciones que figuran en los párrafos 33 y 38. Es importante señalar que estos estudios del impacto ambiental, las bases de referencia y la vigilancia serán probablemente los principales elementos utilizados en la evaluación del impacto ambiental para la extracción comercial. Las actividades son las siguientes:

- a) Utilización de sistemas de perturbación de los sedimentos que creen perturbaciones artificiales y penachos en el fondo marino;
- b) Pruebas de los componentes de extracción;
- c) Pruebas de extracción;
- d) Pruebas de sistemas y equipos de descarga;
- e) Actividades de perforación utilizando equipos de perforación a bordo;
- f) Muestreos con sistemas de arrastre, dragas o trineos epibentónicos o técnicas similares, en campos de nódulos, que excedan los 10.000 m<sup>2</sup>;
- g) Toma de muestras de gran tamaño para realizar pruebas de los procesos que se llevan a cabo en tierra.

34. La declaración de impacto ambiental y la información que figura en la recomendación del párrafo 38 serán presentadas por el contratista al Secretario General con al menos un año de antelación con respecto al inicio de la actividad, teniendo presente la importancia de contar con tiempo suficiente para permitir que la documentación que se presente sea evaluada siguiendo el procedimiento establecido en la sección E y teniendo en cuenta las sesiones anuales de la Comisión.

35. Se necesitan datos de vigilancia ambiental antes, durante y después de las actividades enumeradas en el párrafo 33, incluida la realización de pruebas de los componentes de extracción en el lugar afectado y en emplazamientos de control (seleccionados según sus características ambientales y composición biótica). La evaluación del impacto deberá basarse en un programa de vigilancia debidamente formulado, que deberá ser capaz de detectar efectos en el tiempo y en el espacio y de proporcionar datos estadísticamente justificables. Cuando se lleven a cabo pruebas de extracción, además de las recomendaciones formuladas en los párrafos anteriores, deberá establecerse una zona de referencia para los efectos y una zona de referencia para la preservación para vigilar el impacto de las pruebas (véase el párrafo 38 o)).

36. Se prevé que el impacto ambiental se produzca en el fondo marino y también puede producirse a cualquier profundidad de descarga (cuando corresponda) en la columna de agua. La evaluación del impacto deberá abordar los efectos sobre los entornos bentónico, de la capa bentónica limítrofe y pelágico. La evaluación del impacto no solo deberá abordar las zonas directamente afectadas por la actividad, sino también la región más amplia afectada por los penachos de perturbación del fondo marino, el penacho de descarga y cualesquier materiales que puedan ser emitidos al transportar los minerales hasta la superficie del océano, lo que dependerá de la tecnología utilizada. Se requiere una evaluación del impacto ambiental para evaluar si se producirán cambios ambientales como consecuencia del penacho de descarga que den lugar a la alteración de las cadenas alimentarias y puedan perturbar las migraciones verticales y de otros tipos y provocar cambios en las características geoquímicas de una zona de oxígeno mínimo, cuando están presentes o sea aplicable.

37. Las pruebas de extracción o de los componentes de extracción podrán ser realizadas por contratistas a título individual o en colaboración. En lo relativo a las evaluaciones ambientales, esta etapa de pruebas se deberá vigilar estrechamente de modo que puedan predecirse los cambios que quepa esperar de la elaboración y el uso de sistemas comerciales de mayor escala. Una vez que se hayan realizado las pruebas de extracción, aunque sea por otro contratista, los conocimientos adquiridos con esas pruebas deberán hacerse públicos y aplicarse, según proceda, para asegurar que las preguntas sin respuesta se respondan a través de nuevas investigaciones.

### **C. Información y mediciones que deberá proporcionar un contratista que realice una actividad que requiera una evaluación del impacto ambiental durante la exploración**

38. El contratista proporcionará al Secretario General la totalidad o parte de la información siguiente, dependiendo de la actividad concreta que vaya a realizar, con arreglo al modelo que figura en el anexo III:

- a) Técnica de recolección de minerales (dragado mecánico pasivo o activo, succión hidráulica o chorros de agua, entre otros);
- b) Profundidad de penetración en el sedimento o la roca y perturbaciones laterales provocadas por el colector;
- c) Mecanismos de desplazamiento (esquíes, ruedas, vehículos oruga, tornillos de Arquímedes, placas de soporte o cojines de agua amortiguamiento de agua,

entre otros) que entren en contacto con el fondo marino, y la anchura, longitud y recorrido de las pistas del recolector en el fondo marino;

d) Proporción del sedimento que se separe de la fuente del mineral en el colector, volumen y dimensiones máxima y mínima del material que deseche el colector, tamaño y configuración geométrica de los penachos de perturbación del fondo marino y trayectoria y dispersión espacial de los penachos en relación con las dimensiones de las partículas que contengan;

e) Métodos para separar el recurso mineral del sedimento en el fondo marino, incluido el lavado de los minerales; la concentración y composición del sedimento mezclado con agua en el penacho de perturbación del fondo marino; la altura de los penachos de descarga con respecto al fondo marino; la construcción de modelos de la dispersión de las partículas según su tamaño y de su sedimentación; estimaciones de la profundidad a la cual el sedimento cause asfixia de organismos a distintas distancias del lugar de extracción; y estimaciones (basadas en los modelos de penachos) de la dispersión de los penachos en la columna de agua, tanto horizontal como verticalmente, incluidas las concentraciones de partículas en función de la distancia desde la actividad de extracción propuesta, y de su duración;

f) Métodos de procesamiento en el fondo marino, si se utilizase alguno;

g) Métodos de trituración de los minerales;

h) Métodos de transporte de los materiales hasta la superficie;

i) Separación del recurso mineral de los finos y el sedimento en el buque de superficie;

j) Métodos para tratar los sedimentos y los finos desgastados;

k) Volumen y profundidad del penacho de descarga, concentración y composición de las partículas en el agua descargada, propiedades químicas y físicas de la descarga y comportamiento del penacho de descarga en la superficie, la capa pelágica o el fondo marino, según corresponda;

l) Lugar de las pruebas de extracción y límites de la zona de pruebas;

m) Duración probable de las pruebas;

n) Planes de las pruebas (pauta de recolección, zona que se perturbará y vigilancia, entre otras cosas);

o) Demarcación, en relación con la evaluación del impacto de las pruebas de extracción, de la zona de referencia para los efectos y la zona de referencia para la preservación. La zona de referencia para los efectos deberá ser el lugar donde vayan a tener lugar las pruebas de extracción y los efectos directos relacionados. La zona de referencia para la preservación deberá estar en un lugar elegido cuidadosamente y lo suficientemente lejano como para no verse afectada por las actividades de pruebas, incluidos los efectos de los penachos de descarga y de perturbación del fondo marino. La aplicación de un buen programa de vigilancia para detectar cualquier perturbación que pueda producirse más allá de la zona de referencia para los efectos como resultado de las pruebas es crucial con vistas a clasificar la ubicación de la zona de referencia para la preservación. Deberá llevarse a cabo la detección de perturbaciones fisicoquímicas y biológicas a gran distancia del emplazamiento de las pruebas de extracción (> 10 km). Las zonas de referencia para la preservación serán importantes con miras a determinar las variaciones naturales de las condiciones ambientales que servirán de referencia para evaluar los efectos de las pruebas de extracción. Su composición en cuanto a especies deberá ser comparable a la de las zonas afectadas. Las zonas de referencia para la preservación establecidas durante las pruebas de

extracción de una exploración deberán estar dentro de la zona del contratista, si es posible;

p) Mapas de referencia (por ejemplo, sonar de barrido lateral, batimetría de alta resolución y tipo de fondo marino) de los depósitos que se recogerán;

q) Situación de los datos ambientales de referencia regionales y locales.

39. Todo contratista deberá especificar en su programa para una actividad específica, según se enumeran más arriba, los sucesos que puedan provocar la suspensión o modificación de las actividades como consecuencia de daños graves al medio ambiente, en caso de que los efectos de esos sucesos no puedan mitigarse de forma adecuada.

#### **D. Observaciones y mediciones que deberán realizarse después de emprender una actividad que requiera una evaluación del impacto ambiental durante la exploración**

40. El contratista proporcionará al Secretario General la totalidad o parte de la información siguiente, dependiendo de la actividad concreta que realice:

a) Espesor del sedimento y los fragmentos de roca nuevamente depositados en la zona afectada por el penacho operacional causado por la actividad de extracción y por el penacho de descarga y los cambios en la heterogeneidad del sustrato;

b) Cambios en la abundancia, diversidad y composición de especies de las comunidades bentónicas y pelágicas (cuando proceda), incluidos microbios y protozoos, a saber, la recolonización, los cambios en las especies clave, las especies que formen hábitats tridimensionales o los ingenieros de ecosistemas, las tasas de bioturbación, los efectos químicos y los cambios en el comportamiento de las principales especies (sometidas a efectos como la asfixia por la sedimentación);

c) Posibles cambios en las comunidades, incluidos los microbios y protozoos, en zonas adyacentes que no esté previsto que se vean perturbadas por la actividad, incluidos los penachos de descarga y de perturbación del fondo marino y la estructura de la red alimentaria;

d) Cambios en las propiedades del agua al nivel del penacho de descarga durante las pruebas de extracción y cambios en el comportamiento de la biota en el penacho de descarga y por debajo de este (véase también el anexo I, párr. 13);

e) En el caso de los yacimientos minerales, mapas posteriores a las pruebas de extracción de la zona explotada que indiquen los cambios en la geomorfología;

f) Niveles de metales encontrados en los organismos representativos y clave de la biota bentónica que se vean afectados por los sedimentos de los penachos operacionales y de descarga;

g) Nuevos muestreos de los datos ambientales de referencia locales y evaluación de los efectos ambientales;

h) Cambios en el flujo de líquidos y respuesta de los organismos a los cambios en los entornos hidrotermales, cuando corresponda;

i) Cambios en las corrientes marinas y respuesta de los organismos a los cambios en la circulación.

**E. Procedimiento para examinar la declaración de impacto ambiental en relación con las pruebas de los componentes de extracción u otras actividades que requieran una evaluación del impacto ambiental durante la exploración**

41. El procedimiento constará de las siguientes etapas:

a) El contratista deberá presentar la declaración de impacto ambiental completa con arreglo al modelo que figura en el anexo III y de conformidad con el plazo especificado en el párrafo 34 de las presentes recomendaciones. En su presentación, el contratista deberá incluir información sobre la consulta celebrada con los interesados, como se indica en el anexo I de las presentes recomendaciones;

b) El Secretario General acusará recibo de la declaración de impacto ambiental en un plazo de 30 días y comprobará si está completa con arreglo al modelo que figura en el anexo III de las presentes recomendaciones. Si la documentación presentada está incompleta, el Secretario General se pondrá en contacto con el contratista para solicitar información adicional. El contratista deberá responder en un plazo de 30 días. El contratista que no pueda responder en ese plazo podrá solicitar una prórroga razonable de ese período;

c) En su próxima sesión, la Comisión Jurídica y Técnica iniciará el examen de la declaración de impacto ambiental para determinar si está completa y es precisa y fiable desde el punto de vista estadístico, de conformidad con el anexo I, párrafo 69, de las presentes recomendaciones, sin perjuicio de la posibilidad de solicitar las opiniones de expertos externos reconocidos;

d) La Comisión podrá solicitar al contratista, por conducto del Secretario General, que proporcione nueva información sobre la declaración, incluida la celebración de la consulta con los interesados. El contratista tendrá un plazo de 30 días para proporcionar dicha información;

e) La Comisión continuará y finalizará su examen sobre la base del anexo I, párrafo 69, de las presentes recomendaciones, y formulará recomendaciones al Secretario General sobre la conveniencia de incorporar la declaración de impacto ambiental al programa de actividades previsto en el contrato. El Secretario General informará al contratista al respecto;

f) Si la Comisión no recomienda que se incorpore la declaración de impacto ambiental al programa de actividades previsto en el contrato, el contratista podrá optar por volver a presentar la declaración. Si el contratista opta por volver a presentar la declaración, esta se volverá a presentar y se examinará de acuerdo con el procedimiento aquí descrito, incluyendo, si es necesario, la consulta revisada con los interesados a la que se hace referencia en el párrafo a);

g) La Presidencia de la Comisión informará al Consejo en su próximo período de sesiones sobre la labor realizada con respecto a este asunto.

## Anexo I

### Comentario explicativo

1. A la luz de lo dispuesto en el párrafo 6 de las presentes recomendaciones y en los párrafos 2 a 6 del presente comentario explicativo, el objetivo de este comentario es ofrecer orientación a los contratistas sobre las mejores tecnologías y metodologías disponibles para prestarles ayuda en la aplicación de las presentes recomendaciones de exploración y lograr la protección eficaz del medio marino frente a los efectos nocivos que puedan derivarse de las actividades en la Zona. Debe entenderse que las siguientes orientaciones representan las metodologías y tecnologías pertinentes actuales, que pueden cambiar como consecuencia de futuras investigaciones. También se entiende que estas orientaciones se aplicarán de manera específica a cada operación propuesta, prestando especial atención a los entornos que probablemente vayan a verse afectados.

2. El plan de trabajo para la exploración deberá incluir actividades que den respuesta a los siguientes requisitos ambientales:

a) Establecer un estudio ambiental de referencia con el que comparar la variabilidad de fondo, el cambio climático y los efectos causados por las actividades de extracción;

b) Proporcionar métodos para vigilar y evaluar los efectos de la explotación minera de los fondos marinos sobre el medio marino;

c) Suministrar datos para la evaluación del impacto ambiental requerida para todas las actividades enumeradas en la sección VI de las presentes recomendaciones y para la solicitud de contrato de explotación;

d) Suministrar datos para la gestión regional de la exploración y explotación de los recursos, la conservación de la biodiversidad y la recolonización y vigilancia de las zonas afectadas por la explotación minera de los fondos marinos;

e) Establecer procedimientos para demostrar que la exploración en busca de minerales marinos no causa daños graves al medio ambiente.

3. Sobre la base de las actuales metodologías propuestas, se prevé que las principales repercusiones se produzcan en el fondo marino. El procesamiento a bordo del buque minero, el penacho de descarga y las diferentes tecnologías que se utilicen pueden causar otros efectos.

4. En los fondos marinos, el equipo de extracción perturbará y retirará el fondo marino (rocas, nódulos y sedimentos) y además creará un penacho de perturbación del fondo marino compuesto por partículas en suspensión que, en algunos casos, podrían contener contaminantes tóxicos, incluidos metales, con los consiguientes posibles efectos para la vida marina.

5. El procesamiento de lodos minerales en la superficie del mar a bordo del buque minero traerá a la superficie grandes volúmenes de agua fría, de alto contenido en nutrientes, sobresaturada de dióxido de carbono y cargada de partículas, que se debe controlar cuidadosamente a fin de no alterar los ecosistemas de la superficie marina y permitir la desgasificación de gases que influyen en el clima y la liberación de contaminantes tóxicos, incluidos los metales producidos por el proceso de extracción, en particular en relación con las fases de minerales reducidos, tales como sulfuros. Deberán evaluarse los posibles efectos perjudiciales de cualesquier sustancias químicas que se añadan para separar las fases minerales de los materiales de desecho y el agua.



6. Cualquier descarga en el medio marino deberá controlarse cuidadosamente y sus efectos, incluidos sus posibles efectos de ecotoxicidad, deberán ser evaluados.
7. Los requisitos de los datos de referencia corresponden a seis categorías: oceanografía física, oceanografía química, propiedades geológicas, comunidades biológicas, bioturbación y flujos al sedimento. [Recomendación III.B.15]
8. Se recomienda usar instrumentos cartográficos adecuados, como el sistema de información geográfica para la cartografía del hábitat, el registro de los lugares de muestreo y la planificación de programas de muestreo aleatorio estratificado. [Recomendaciones III.B.14 y III.B.15.c.i)]

### **Oceanografía física**

9. Se necesitan datos oceanográficos físicos para evaluar las condiciones de fondo naturales y estimar la posible influencia de los penachos operacionales y de descarga y, junto con información sobre la geomorfología del fondo marino, para predecir la posible distribución de las especies. Se necesita información sobre las características del agua, como la presión, las corrientes, la temperatura, la salinidad, la turbidez, el oxígeno, las propiedades ópticas (por ejemplo, intensidad de la luz, retrodispersión o atenuación, entre otras) y las partículas en suspensión. [Recomendaciones III.B.14; III.B.15.a); y III.B.17 a 18 (según corresponda para cada hábitat)]

10. Respecto a la recopilación de datos:

a) Deberá describirse la estructura oceanográfica (espacial y temporal) de la columna de agua, realizando perfiles y secciones que indiquen la estratificación de toda la columna de agua. La metodología empleada deberá proporcionar una resolución suficiente para describir debidamente la variabilidad espacial y temporal en la zona del contrato. Esos estudios podrán llevarse a cabo utilizando distintos equipos; por ejemplo, sondas de medida de la conductividad, la temperatura y la profundidad con sensores adicionales, batitermógrafos no reutilizables y sondas batitermográficas desechables, sistemas de boya y amarre, flotadores y boyas de deriva, vehículos submarinos autónomos y planeadores submarinos con sensores apropiados. Para medir las variaciones temporales (a lo largo de un año e interanuales), se necesitarán boyas o amarres o bien flotadores y boyas de deriva con sensores apropiados. La variabilidad espacial también deberá determinarse y podrá lograrse, por ejemplo, utilizando una red de estaciones de conductividad, temperatura y profundidad o una gama de vehículos submarinos autónomos, planeadores submarinos o flotadores y boyas de deriva. También se podrán utilizar los datos obtenidos por satélite para mediciones de la superficie del mar;

b) Podrán realizarse mediciones de las corrientes utilizando medidores Doppler acústicos de corrientes marinas (incluidos los medidores Doppler acústicos de corrientes marinas montados en buques y los medidores Doppler acústicos de corrientes marinas descolgados), otros correntómetros y flotadores o boyas de deriva. Para medir la variación temporal se utilizan amarres y boyas (con medidores Doppler acústicos de corrientes marinas u otros correntómetros) y flotadores o boyas de deriva;

c) El número y la ubicación de los amarres deberán ser adecuados para la extensión de la zona, con vistas a describir debidamente el régimen de las corrientes, en particular en las zonas de geomorfología compleja. La resolución de muestreo recomendada deberá cumplir los estándares del Experimento Mundial sobre la Circulación Oceánica y el Estudio de la variabilidad y la predecibilidad del clima, y la distancia entre estaciones no deberá ser superior a 50 km. En regiones con grandes gradientes laterales (por ejemplo, en las corrientes limítrofes y cerca de grandes estructuras geomorfológicas), deberá reducirse el espaciamiento horizontal del muestreo a fin de permitir la resolución de los gradientes. El número de

correntómetros en cada amarre dependerá de las escalas topográficas características de la zona que se estudie (diferencias de altitud con respecto al fondo). Se deberán realizar mediciones de corrientes desde la capa límite del fondo hasta 200 m por encima del fondo marino. La ubicación del correntómetro superior deberá ser más alta que la topografía circundante. Es necesario realizar análisis de las corrientes y de las características de temperatura, salinidad y densidad de los campos sobre la base de los datos obtenidos;

d) Deberán recopilarse datos sobre la intensidad de las perturbaciones durante los estudios de referencia. Las mediciones de la intensidad de las turbulencias permiten determinar la tasa de difusión turbulenta vertical, que es un parámetro fundamental que influye en la dispersión de los penachos de partículas en suspensión, y, por consiguiente, se utiliza para la elaboración de modelos de los penachos. Lo ideal es que los datos de intensidad de las turbulencias se recopilen mediante la elaboración reiterada de perfiles a lo largo de varios ciclos de mareas, durante una serie representativa de condiciones (por ejemplo, mareas vivas y mareas muertas). La intensidad de las turbulencias puede medirse utilizando un medidor de turbulencias o inferirse de los perfiles verticales de conductividad, temperatura y profundidad, siempre que estos perfiles sean de una calidad adecuada (por ejemplo, mediante análisis de los desplazamientos de la escala de Thorpe en un perfil de densidades). [Recomendaciones III.B.14 y III.B.15.a)]

11. Se recomienda realizar un análisis de datos de satélites de la temperatura de la superficie marina y la productividad (color del océano) a lo largo de varios años para entender a escala sinóptica la actividad superficial de la zona y para lo relativo a acontecimientos a mayor escala. [Recomendaciones III.B.14 y III.B.15.a)]

12. La estructura de la columna de agua deberá definirse, ya sea mediante la elaboración continua de perfiles o a través de muestras de la columna de agua. La resolución deberá ser mayor en las regiones de gradiente pronunciado (por ejemplo, para localizar y cuantificar los límites de las zonas de mínimo oxígeno). Para los parámetros sin gradientes horizontales significativos, es adecuada la determinación de rangos de líneas de referencia (por ejemplo, desviaciones medias y típicas). Para los parámetros con una estructura espacial significativa (gradientes o extremos), la resolución del muestreo deberá permitir describir la estructura oceanográfica física de la zona. Debido a la marcada influencia de la topografía en las escalas espaciales de las características oceánicas, se prevé que esto requiera un plan de reconocimiento y que la distancia entre estaciones dependa de las escalas geomorfológicas locales (por ejemplo, se necesitará mayor resolución en zonas con pendientes pronunciadas). [Recomendaciones III.B.14; III.B.15.a); III.B.17 a 18 (según corresponda para cada hábitat); VI.C.38.k); y VI.D.40.d) e i)]

13. Es importante comprender las fluctuaciones temporales y espaciales de la velocidad y dirección de las corrientes. Por lo tanto, deberán medirse los parámetros oceanográficos físicos antes de llevar a cabo las pruebas de los sistemas y equipos colectores para establecer la amplitud de la variabilidad de las mareas y estacional y sus variaciones dentro de un radio adecuado en torno a las operaciones, que será específico para la región. [Recomendaciones III.B.15.a).iii) y VI.D.40.i)]

14. A fin de predecir la dispersión de los sedimentos y penachos, se deberá elaborar y validar un modelo numérico de circulación, junto con un modelo adecuado de transporte de sedimentos que integre los efectos de la agregación y desagregación de partículas. Esto deberá abarcar las escalas temporales y espaciales que sean importantes para la dispersión de los penachos y las sustancias tóxicas. También podría ser necesario considerar la posibilidad de realizar experimentos a fin de abordar los efectos potencialmente importantes (por ejemplo, para investigar los posibles efectos de derrames accidentales). El contratista deberá utilizar un modelo

que los expertos en la elaboración de modelos oceánicos consideren adecuado para los estudios de dispersión cerca de los fondos marinos, pero que también pueda aplicarse de forma más amplia en toda la columna de agua, especialmente en relación con la dinámica o dispersión del penacho. No se considerarán adecuados los modelos de recuadro sencillos ni los modelos de coordenada z de baja resolución vertical en las profundidades marinas. Los detalles del modelo dependerán de la configuración topográfica y oceanográfica del lugar objetivo. La resolución deberá ajustarse a las escalas anteriormente descritas (es decir, los gradientes deberán resolverse por varios puntos). El modelo deberá confirmarse mediante una comparación con los datos procedentes de la observación. [Recomendaciones III.B.14 y III.B.15.a).i) y ii)]

15. La distribución vertical de la luz afecta directamente a la productividad primaria en la zona eufótica. Si hay descargas en la superficie, la transparencia mostrará los efectos de las partículas descargadas en la atenuación de la luz y las bandas espectrales a lo largo del tiempo, la profundidad y la distancia del buque de extracción. Esos valores pueden utilizarse para detectar cualquier acumulación de partículas en suspensión en la pycnoclina. Además, cualquier penacho de descarga puede dar lugar a la liberación de grandes cantidades de nutrientes, cambios de temperatura, liberación de dióxido de carbono y (en emplazamientos de sulfuros) posibles cambios en el pH y la acidificación del océano. [Recomendaciones III.B.15.a).i) y ii) y III.B.15.d).iv)]

### **Oceanografía química**

16. Se necesitarán datos de oceanografía química con antelación a cualquier descarga en la columna de agua o en el fondo marino. Los datos que se reúnan serán importantes para determinar la posible influencia de la extracción, incluidas las pruebas de extracción o de los componentes, sobre la composición del agua (por ejemplo, las concentraciones de metales) y sobre los procesos de los ecosistemas (actividad biológica). Deberán recogerse muestras en los mismos lugares en los que se lleven a cabo las mediciones de la oceanografía física. El agua que cubre los yacimientos minerales y el agua intersticial en los sedimentos deberán describirse químicamente, cuando sea posible, para estudiar los procesos de intercambio químico entre el sedimento y la columna de agua. Entre los parámetros químicos que deberán medirse cabe mencionar los fosfatos, nitratos, nitritos, silicatos, alcalinidad de carbonatos, oxígeno, zinc, cadmio, plomo, cobre, mercurio y carbono orgánico total. Una vez que se disponga de información detallada sobre las técnicas propuestas para las pruebas de extracción, deberán ampliarse las listas de parámetros para incluir en ellas cualesquier sustancias potencialmente peligrosas que puedan liberarse en la columna de agua durante las pruebas de extracción. Todas las mediciones deberán ser precisas de conformidad con las normas científicas aceptadas (por ejemplo, los protocolos GEOTRACES). El oxígeno puede tener efectos sobre la fauna en función de la cuenca oceánica y el tipo de organismo, sin necesidad de que se trate de zonas de oxígeno mínimo. Los niveles de oxígeno pueden ser muy sensibles a la introducción de microbios, nutrientes y sedimentos de penachos de los fondos marinos. Como las zonas de mínimo oxígeno varían en tamaño según las distintas regiones y, hasta cierto punto, las distintas estaciones, en los estudios ambientales deberá determinarse el intervalo de profundidades de la capa de mínimo oxígeno estableciendo los perfiles de oxígeno (y su variabilidad temporal) en cada zona del contrato a intervalos a lo largo de la columna de agua. [Recomendaciones III.B.14 y III.B.15.b).i) y iv)]

17. Deberá medirse la materia orgánica (por ejemplo, la materia orgánica particulada y la materia orgánica disuelta) para evaluar el potencial de dispersión horizontal y vertical de la materia disuelta y particulada por advección y por

turbulencia en las escalas temporales y espaciales pertinentes desde el punto de vista ambiental. [Recomendaciones III.B.15.b); III.B.15.g); y IV.B.22]

18. Los perfiles verticales y la variación temporal (entre mareas, estacional y anual) también deberán abordarse en el programa de medición sobre el terreno. [Recomendación III.B.14]

19. Sin importar las técnicas de extracción que se empleen, se prevé que cierta cantidad de materia particulada o subproductos disueltos de la extracción se vierta en la columna de agua en las cercanías de los yacimientos objeto de extracción, procedente de los conductos de transporte y del procesamiento en la superficie del mar. También cabe esperar que, con las técnicas de exploración y los métodos para las pruebas de extracción y de los componentes de extracción que actualmente se proponen, los principales subproductos generados por esas actividades sean partículas creadas por la desintegración mecánica de los minerales extraídos. Si bien se espera que los operadores de extracción reduzcan todo lo posible la pérdida de minerales valiosos, no parece realista suponer que no habrá ninguna pérdida. Dado que no se conoce la gama de tamaños de las partículas, se parte del supuesto de que los subproductos de las pruebas de extracción o de los componentes de extracción incluirán partículas muy pequeñas o posiblemente partículas de tamaño coloidal, que pueden permanecer en suspensión durante meses. No se puede descartar la posibilidad de que se introduzcan sustancias tóxicas. Si bien puede que los metales ligados a partículas no estén biológicamente disponibles, en determinadas condiciones ambientales (por ejemplo, pH bajo, incluso en vísceras de la fauna marina y zonas de mínimo oxígeno de la columna de agua) puede producirse una liberación de metales como consecuencia de la disolución de las partículas, con la consiguiente toxicidad. Entre otros ejemplos cabe mencionar la liberación accidental o deliberada de sustancias químicas utilizadas durante la exploración y las pruebas de extracción o de los componentes de extracción. [Recomendaciones III.B.14; III.B.15.b); y III.B.15.c).i) y ii)]

20. Uno de los principales objetivos de la reunión de datos físicos de referencia es determinar el potencial de dispersión, tanto de las partículas como de las sustancias disueltas. El conocimiento del potencial de dispersión también es necesario para vigilar y atenuar los efectos de derrames accidentales relacionados con las pruebas de extracción o de los componentes de extracción. Para que puedan predecirse los efectos de las liberaciones accidentales, deberá evaluarse el potencial de dispersión en las cercanías de los posibles lugares de extracción, incluso cuando el objetivo del diseño de la tecnología utilizada abarque evitar la descarga en el medio ambiente de subproductos derivados de las pruebas de extracción. [Recomendaciones III.B.14; III.B.15.a).iii); III.B.15.b); y III.B.15.c).ii)]

21. Para cada subproducto de las pruebas de extracción, deberá elaborarse un modelo de la escala temporal en que cause efectos ambientales significativos. Si esa escala temporal depende de la dilución, en la evaluación de la dispersión deberá incluirse la determinación de las tasas de mezclado vertical y horizontal cerca del lugar objetivo. El potencial de dispersión deberá evaluarse a lo largo de escalas temporales que vayan desde las frecuencias de las mareas hasta la mayor de esas escalas temporales de efectos ambientales. La evaluación del potencial de dispersión en las profundidades oceánicas suele requerir vigilancia a largo plazo. Incluso la determinación de las direcciones y velocidades del flujo medio en las profundidades puede requerir los datos de correntómetros registrados durante varios años. Evaluar la dispersión por turbulencia resulta difícil y, por lo general, requiere la aplicación de técnicas de Lagrange, como flotadores equilibrados o experimentos de dispersión de trazadores. Por estos motivos, se recomienda que la evaluación del potencial de dispersión a escala regional en diferentes niveles de la columna de agua comience en

las primeras etapas de la exploración. Quizás resulte posible evaluar la dispersión cerca de la superficie y a una distancia de 1.000 metros a partir de los datos disponibles: boyas de deriva de superficie y flotadores de la Red de Oceanografía Geostrofica en Tiempo Real, respectivamente. Antes del comienzo de las pruebas de extracción, deberá evaluarse el potencial de dispersión en todos los niveles en los que puedan liberarse subproductos perjudiciales en la columna de agua al realizar las pruebas de extracción y donde puedan producirse derrames accidentales. La resolución vertical necesaria dependerá del régimen dinámico de la región (cizalladura vertical de las corrientes horizontales), pero se prevé que al menos tres niveles deberán ser objeto de muestreo (nivel cercano a la superficie, profundidad media y nivel cercano al fondo). El flujo cerca del fondo marino, en particular, deberá resolverse temporal y espacialmente (por ejemplo, utilizando un medidor Doppler acústico de corrientes marinas montado en el fondo, con suficientes muestras para resolver los flujos de marea predominantes). En las regiones de relieve geomorfológico cercanas al lugar de las pruebas de extracción, deberá incrementarse la resolución horizontal y vertical para poder determinar las estructuras dinámicas relacionadas con la geomorfología de aguas profundas (por ejemplo, corrientes limítrofes, turbulencias atrapadas y desbordes). [Recomendaciones III.B.15.a.i) a iv) y III.B.15.b.i)]

22. Cerca de los campos de chimeneas hidrotermales activas, a menudo es posible adquirir información útil de primer orden sobre la dispersión al nivel de los penachos de flotación neutra a partir de observaciones hidrofísicas, químicas y ópticas. La interpretación de las observaciones de la dispersión de los penachos en términos de potencial de dispersión en el caso de los subproductos de la extracción resulta difícil por una serie de factores, entre ellos el escaso conocimiento de las características temporales y espaciales de las fuentes hidrotermales; el hecho de que los penachos hidrotermales se dispersan a su nivel de equilibrio, que depende tanto de la fuente como de las características ambientales del entorno; y la imposibilidad de controlar la composición de partículas (y, por lo tanto, la velocidad de sedimentación) de los penachos hidrotermales. No obstante, cuando esos penachos se producen en las proximidades de un recurso mineral, se prevé que las observaciones sobre la dispersión de los penachos hidrotermales resulten útiles, en particular para elaborar estudios controlados de seguimiento de la dispersión. Para llevar a cabo una evaluación del potencial de dispersión, deberá elaborarse un modelo numérico hidrodinámico tridimensional que abarque las escalas temporales y espaciales importantes para la dispersión. [Recomendaciones III.B.14; III.B.15.a.i) a iii); y III.B.15.c.i)]

23. La elaboración de modelos será importante para extrapolar de los resultados de las pruebas de extracción a las operaciones comerciales. [Recomendaciones III.B.15.a.i) y iv)]

### **Propiedades geológicas**

24. Se utilizarán las propiedades geológicas para determinar la heterogeneidad del entorno y prestar asistencia en la determinación de lugares de muestreo adecuado para describir la distribución y la composición de las comunidades de fauna. [Recomendaciones III.B.14 y III.B.15.c.i)]

25. Deberán recopilarse datos batimétricos de haces múltiples de alta resolución (incluida la retrodispersión acústica) en toda la zona de exploración. En las zonas seleccionadas para las pruebas de extracción o para actividades futuras de explotación, deberá obtenerse una cobertura representativa mediante sensores de haces múltiples instalados en vehículos submarinos autónomos, vehículos operados por control remoto u otros sistemas que proporcionen una resolución en una escala de centímetros

a metros. También deberá aplicarse una cobertura representativa mediante sensores de haces múltiples a las zonas afectadas por el penacho de sedimentos generado por sistemas colectores. La medición de la retrodispersión (o reflectividad acústica del fondo marino) puede proporcionar información sobre la rugosidad del fondo marino producida por características como ondulaciones o reorganizaciones bentónicas, entre otras, así como la existencia de afloramientos rocosos, costras, nódulos y sedimentos. [Recomendaciones III.B.14 y III.B.15.c)]

26. Como parte del estudio de referencia de alta resolución, cuando proceda, deberá recogerse una serie de núcleos representativos del sedimento del fondo marino antes de la extracción y almacenarse en un repositorio apropiado. Deberán utilizarse dispositivos de muestreo que reúnan muestras no perturbadas de la capa superior de unos pocos centímetros (por ejemplo, nucleadores múltiples o nucleadores de empuje en un vehículo operado por control remoto). [Recomendaciones III.A.13 y III.B.14]

27. En el caso de los campos de sulfuros, las zonas de chimeneas hidrotermales deberán clasificarse o bien como emplazamientos de chimeneas activos o emplazamientos inactivos o extintos. Desde el punto de vista biológico, conviene determinar si en el lugar de extracción propuesto se encuentran chimeneas hidrotermales activas (caso 1), chimeneas inactivas que puedan reactivarse debido a acciones de extracción (caso 2) o chimeneas extinguidas que permanecerán inactivas aunque sean perturbadas por las pruebas de extracción (caso 3). Es importante que la evaluación de referencia determine de cuál de esos casos se trata. [Recomendación III.B.14]

28. Las propiedades de los sedimentos, incluidas las características químicas del agua intersticial (véase también la sección sobre oceanografía química) se utilizan para predecir el comportamiento del penacho de descarga y el efecto de las pruebas de extracción sobre la composición del sedimento. Dichas propiedades deberán incluir las propiedades de las partículas de penachos asentadas. En este contexto, se deberán medir los siguientes parámetros: densidad relativa, densidad aparente, granulometría, composición (porcentaje de carbonatos y total de materia orgánica) y profundidad a la cual el sedimento cambia del estado óxico al subóxico (ausencia de oxígeno y sulfuro de hidrógeno) o del estado subóxico al óxico. Habrá que medir el carbono orgánico e inorgánico disuelto y en suspensión en el sedimento, los metales y otros productos químicos que puedan ser perjudiciales en algunas formas, los nutrientes (fosfatos, nitratos, nitritos y silicatos), los carbonatos (alcalinidad) y el sistema de oxidación-reducción (Eh y pH) del agua intersticial. La geoquímica del agua intersticial y los sedimentos deberá determinarse hasta una profundidad de 20 cm o la profundidad de extracción del fondo marino, si fuera mayor. En el caso de depósitos de sulfuros masivos en el fondo marino, otros componentes (en última instancia tóxicos) (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno, metano, arsénico o cadmio) podrían enriquecerse y, por lo tanto, podrían requerirse nuevos análisis en un emplazamiento determinado. A raíz de una prueba de extracción o de los componentes de extracción, deberán medirse las propiedades de las partículas de penachos asentadas, ya que son las que están disponibles para la recolonización. [Recomendaciones III.A.13; III.B.15.b).ii); y III.B.15.d).iv)]

### **Comunidades biológicas**

29. Este grupo de datos —comunidades biológicas— se centra en determinar las comunidades y sus funciones en los ecosistemas, incluida su variabilidad espacial y temporal natural, con el fin de evaluar los posibles efectos de las actividades en la fauna bentónica, demersal y pelágica. [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; y III.B.15.d).i) a iii)]

30. La descripción de las comunidades pelágicas y bentónicas deberá llevarse a cabo en todos los subhábitats que puedan verse afectados por las operaciones de extracción, con el fin de determinar las distribuciones regionales y los patrones de conectividad para crear zonas de referencia para la preservación y estrategias de mitigación con vistas a promover la recolonización natural de las zonas afectadas por las actividades de extracción. Un diseño bien pensado y sólido del muestreo es fundamental para evaluar las concentraciones de fauna y tener en cuenta las condiciones ecológicas del lugar investigado. Si se prevé que vaya a producirse una variación de las condiciones ecológicas o de los hábitats, deberá considerarse la posibilidad de utilizar enfoques de muestreo aleatorio estratificado. Una planificación cuidadosa es sumamente importante, ya que un muestreo inadecuado puede provocar que un conjunto de datos resulte inútil para determinar las bases de referencia y los efectos. Por ejemplo, el análisis de la macrofauna y meiofauna en las muestras de sedimentos deberá establecer una curva de acumulación de especies. A partir de esta determinación, es posible estimar el número de muestras necesarias para obtener una evaluación adecuada del número de especies. [Recomendación III.B.15.d.i)]

31. Se deberán seguir las prácticas estándar para la fijación y la conservación de organismos, teniendo en cuenta que la fijación mediante formaldehído o formalina no es adecuada para todos los taxones. Un muestreo discreto utilizando equipo apropiado deberá asegurar la recopilación adecuada en diversos hábitats. En el caso de un vehículo operado por control remoto, esto implica contenedores separados para las muestras (preferentemente aislados), con tapas cerradas para evitar el enjuague durante la recuperación. El traslado de las muestras a la superficie debería hacerse idealmente en un plazo de tres horas en el caso de las muestras microbianas y de hasta seis horas para otras muestras de fauna, o tan pronto como sea posible. Las muestras cuantitativas de núcleos de hábitats sedimentarios deberán evaluarse para asegurar que sean de calidad suficiente (por ejemplo, que la muestra no se haya desplomado ni se haya visto enjuagada durante la recuperación). Solo deberán procesarse las muestras de buena calidad. Una vez a bordo, las muestras deberán procesarse lo antes posible, y someterse inmediatamente a procesamiento y conservación o mantenerse en cámaras frigoríficas durante el menor tiempo posible, es decir, no más de seis horas antes del procesamiento y la conservación (especialmente cuando esté previsto realizar análisis moleculares). [Recomendaciones III.B.15.e) y III.B.17.e)]

32. Deberán emplearse distintos métodos de conservación dependiendo del taxón y de los objetivos del estudio, entre ellos el congelamiento o la conservación en etanol apto para los estudios moleculares; la conservación en etanol o formaldehído en el caso de estudios taxonómicos morfológicos; o la congelación inmediata de animales enteros o determinados tejidos en el caso de análisis bioquímicos, de isótopos estables y de oligoelementos metálicos. En lo que respecta al procesamiento y la conservación de las muestras:

a) **Megafauna y macrofauna.** Es importante que se lleven a cabo estudios moleculares en unión con los análisis taxonómicos morfológicos. Idealmente, las muestras destinadas a los estudios moleculares deberían clasificarse en vivo y fotografiarse antes del procesamiento ulterior. De ser posible, solo debería tomarse una muestra de tejido a fin de preservar un espécimen de referencia para ulteriores comparaciones morfológicas. A continuación, los especímenes deberán preservarse en etanol apto para análisis moleculares. Es importante adoptar un enfoque de cadena de refrigeración, de manera que los especímenes se mantengan fríos en todas las etapas del procesamiento. Las extracciones de ADN podrán realizarse a bordo del buque de exploración o en la base principal, pero el análisis de la reacción en cadena inducida por la polimerasa no deberá hacerse a bordo porque sería imposible evitar la contaminación, lo que pondría en peligro el análisis de especies raras y del material reunido en cruceros posteriores. Las muestras se almacenarán preferentemente a -80 °C

para su almacenamiento a largo plazo y se archivarán. Los especímenes de referencia para estudios genéticos moleculares deberán conservarse en una instalación de almacenamiento a largo plazo cuando se terminen los estudios (por ejemplo, museos de historia natural, repositorios de núcleos o institutos geológicos);

b) **Meiofauna.** Las muestras de meiofauna cribadas pueden preservarse con una solución que contenga dimetilsulfóxido y ácido etilendiaminotetracético disódico, saturada con sal (DESS) y conservarse en solución para su posterior procesamiento, por medio, entre otras cosas, de la preparación de muestras temporales de observación microscópica y videos para el estudio taxonómico morfológico y la secuenciación del ADN (siguiendo los protocolos descritos en el Estudio Técnico núm. 7 de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos);

c) **Microeucariotas.** Los foraminíferos deberán secarse (concha sólida) para su análisis morfológico o conservarse en un estabilizador apropiado de ácidos nucleicos como el RNAlater para su análisis molecular;

d) **Microbiología.** Las muestras dedicadas a la microbiología (incluidos los microorganismos, bacterias, arqueas, hongos, virus y microeucariotas) deberán reunirse utilizando dispositivos estériles. El muestreo se realizará de manera óptima utilizando vehículos operados por control remoto o sumergibles. Las muestras deberán llevarse a la superficie con la mayor rapidez posible y en un plazo de tres horas, mantenerse frías y procesarse inmediatamente después de su recuperación en condiciones estériles. La evaluación de la diversidad deberá llevarse a cabo mediante enfoques de clonación y secuenciación. La diversidad microbiana también deberá establecerse, en la medida de lo posible, mediante procedimientos de cultivo para describir las nuevas especies. Deberán realizarse mediciones de la actividad microbiana para detectar el posible impacto de la extracción;

e) **Muestras de ADN ambiental.** El ADN ambiental es un instrumento reconocido para vigilar la biodiversidad mediante el uso de enfoques de secuenciación metagenómica o de amplicones (por ejemplo, de bacterias, arqueas, virus, hongos, protistas y meiofauna). Las muestras de ADN ambiental se toman del agua y los sedimentos. El ADN deberá extraerse de muestras conservadas y purificarse en laboratorios en tierra, para evitar la contaminación cruzada. El tamaño y la cantidad de muestras conservadas deberá ajustarse a la condición del hábitat, porque las cantidades de ADN varían dependiendo de la biomasa. En el caso de las muestras de agua, la filtración deberá llevarse a cabo en el laboratorio a bordo y, posteriormente, se archivarán las partículas capturadas en el filtro. El tamaño de los poros de la filtración dependerá del tamaño de las células de los organismos objetivo. Los especímenes de filtros y sedimentos para el ADN ambiental deberán conservarse a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . [Recomendaciones III.B.14 y III.B.15.d.ii)]

33. Siempre que sea posible, deberá llevarse a cabo la documentación fotográfica en color de organismos (organismos *in situ* o material vivo y fresco), junto con claras etiquetas, porque algunos elementos como los ojos y los patrones de color pueden desaparecer al fijar el espécimen. Las fotografías deberán archivar digitalmente. [Recomendaciones III.B.15.d.i) a iii); IV.A.19; y IV.B.21]

34. Todas las muestras y productos del muestreo (por ejemplo, fotografías, material conservado o secuencias de genes) deberán estar vinculados a la información pertinente sobre su obtención (como mínimo fecha, hora, método de muestreo, latitud, longitud, profundidad e identificador del crucero). [Recomendaciones III.B.15.d.i) a iii) y IV.A.19]

35. La identificación y la enumeración de muestras en el mar y en los laboratorios deberán complementarse con análisis moleculares e isotópicos para determinar los vínculos con la red alimentaria. En el caso de los estudios de la red alimentaria con



biomarcadores, también será importante obtener muestras congeladas de sedimentos (del primer centímetro de superficie y más profundas), detritos de la columna de agua (trampas de sedimento y filtración de la columna de agua) o tapetes microbianos (por ejemplo, en las regiones con chimeneas). Las matrices de especies y abundancia y las de especies y biomasa deberán ser productos estándar, siempre que resulte posible. [Recomendaciones III.B.15.d.i) a iii) y IV.A.19]

36. Los especímenes deberán archivarse para compararlos con las identificaciones taxonómicas de otros emplazamientos y entender en detalle los cambios en la composición de las especies a lo largo del tiempo. Si cambiara la composición de especies, el cambio podría ser casi imperceptible y sería esencial consultar los especímenes originales (cuya identificación podría haber sido únicamente tentativa). Se recomienda archivar las muestras como parte de colecciones nacionales o internacionales y encontrar financiación apropiada que lo facilite. [Recomendaciones IV.A.19 y IV.B.22]

37. La normalización de la metodología y de los informes sobre resultados es sumamente importante. La normalización deberá abarcar los instrumentos y el equipo; el aseguramiento de la calidad en general; los protocolos de recogida de muestras; las técnicas de tratamiento y conservación; los métodos de determinación y el control de calidad a bordo de los buques; los métodos analíticos y el control de calidad en los laboratorios; y el procesamiento de datos y la presentación de informes. La normalización de los métodos permitirá comparar los resultados en distintas escalas espaciales y seleccionar parámetros críticos para la labor de vigilancia. [Recomendación IV.A.19]

38. La variación espacial en la composición de la comunidad biológica y los niveles de conectividad deberán evaluarse antes de las pruebas de extracción o de los componentes de extracción. Es importante conocer el grado de aislamiento de las poblaciones que ocupan los yacimientos minerales que vayan a extraerse y si una población determinada sirve o no de población reproductora de reserva fundamental para otras poblaciones. El muestreo deberá llevarse a cabo en tres lugares con yacimientos de minerales, si los hubiera, así como en las comunidades de referencia de la zona del contrato. La distancia entre los lugares deberá ser superior a la abarcada por la deposición prevista de las operaciones de extracción; por ejemplo, la deposición de sedimentos causada por el penacho no deberá ser superior a 10 veces la tasa de sedimentación de fondo (por ejemplo, en la zona de fractura de Clarion-Clipperton,  $> 0,1$  mm/año) o, en el caso de la columna de agua, a una distancia donde la concentración de sedimentos no sea superior a 10 veces el nivel de fondo. [Recomendaciones III.A.13 y III.B.15.d.i) a iii) y viii)]

39. Se podrán utilizar diferentes tipos de equipo de muestreo en función de las características de la columna de agua y fondo marino y del tamaño de la biota que vaya a recogerse. Por lo tanto, los métodos para obtener datos biológicos de referencia deberán adaptarse a las condiciones particulares de cada caso. El empleo de nucleadores múltiples en los sedimentos muebles reduce todo lo posible la perturbación de la superficie y permite distribuir los diversos tubos de muestreo de una misma estación entre los especialistas que utilizan técnicas distintas para identificar y computar la fauna. Las muestras biológicas deberán ser suficientemente grandes para generar buenos tamaños de muestras en lo que respecta a la abundancia y la biomasa para análisis estadísticos sólidos. Sin embargo, en los ámbitos que se caracterizan por una baja densidad de la fauna, como la zona abisal de fractura de Clarion-Clipperton, puede ser preciso utilizar un nucleador de caja ( $0,25$  m<sup>2</sup>) para obtener muestras de macrofauna estadísticamente suficientes. [Recomendaciones III.B.14 y IV.A.19]

40. Los sustratos duros (como los sulfuros polimetálicos, las costras cobálticas o el basalto) constituyen un entorno muy difícil para realizar un muestreo cuantitativo, especialmente cuando los organismos son pequeños. Puede ser necesario recurrir a múltiples técnicas de toma de muestras, incluidas la succión y excavación de los organismos de mayor tamaño y rocas pequeñas. Es posible obtener la superficie de rocas (mediante láminas de pesaje de aluminio) para proporcionar un análisis cuantitativo de la fauna de reducido tamaño adherida. La documentación en vídeo y los perfiles perpendiculares fotográficos podrían ser el único medio adecuado para elaborar la matriz de abundancia y especies en algunos casos. El muestreo de precisión mediante vehículos operados por control remoto se recomienda para todos los hábitats. Las superficies rocosas expuestas pueden ser irregulares y, posiblemente, tener pendientes pronunciadas, que hagan difícil tomar imágenes cuantitativamente sin el empleo de un vehículo operado por control remoto. [Recomendaciones III.B.15.d); III.B.17; y III.B.18]

41. A continuación se indican los datos que habrá que recoger, y la metodología correspondiente, para las diversas clases o tamaños de la fauna del fondo marino, estudiando la variación temporal al menos en escalas interanuales:

a) **Megafauna.** Los datos sobre la abundancia, biomasa, estructura de las especies y diversidad de la megafauna, incluidos los protistas (xenofióforos), deberán provenir de perfiles perpendiculares en vídeo o fotográficos, con una escala visible (por ejemplo, láseres a una distancia predeterminada). Las imágenes deberán tener una resolución suficiente para identificar organismos de más de 2 cm en su dimensión más pequeña. La anchura abarcada por las fotografías deberá ser de al menos 2 m. El patrón de los perfiles perpendiculares fotográficos deberá definirse teniendo en cuenta las diversas características del fondo marino, como la topografía, la variabilidad de las propiedades del sedimento y la abundancia y el tipo de yacimiento. Deberá instalarse una cámara de fotografías secuenciales en la zona de estudio durante al menos un año para analizar la dinámica física del sedimento superficial y documentar el nivel de actividad de la megafauna superficial y la frecuencia de los sucesos de resuspensión. La identificación de las especies deberá confirmarse mediante la recogida de especímenes en el emplazamiento. En algunos casos, esto podrá lograrse mediante el muestreo directo, en zonas donde se puedan llevar a cabo recogidas con vehículos operados por control remoto a lo largo de perfiles perpendiculares o remolques cortos de pequeños trineos, dragas o redes de arrastre. Las dragas y las redes de arrastre no son eficaces y pueden resultar destructivas en zonas activas de sulfuros con fauna quimiosintética localizada, por lo que deberá evitarse su utilización en esas zonas. También será necesaria la cautela en ciertos entornos de costras donde pueda haber comunidades densas que forman hábitats (por ejemplo, corales). Deberá usarse el muestreo, con trampas con cebo y cámaras con cebo entre otras modalidades, para describir la megafauna menos abundante pero potencialmente importante del sistema (incluidos peces, cangrejos y otros organismos móviles). Deberán conservarse muestras representativas de los organismos para realizar análisis taxonómicos, moleculares e isotópicos; [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; III.B.15.d).i) y ii); y IV.B.22]

b) **Macrofauna.** Los datos sobre la abundancia, estructura de especies, biomasa y diversidad de la macrofauna (tamaño de malla de 300  $\mu\text{m}^1$ ) deberán obtenerse a través de un análisis cuantitativo de las muestras. En los sedimentos

---

<sup>1</sup> Los contratistas podrán continuar utilizando el tamaño de malla que hubieran utilizado anteriormente para asegurar que los datos sean compatibles. Se prefiere una malla de 300  $\mu\text{m}$ , ya que con ella los datos son comparables con los datos históricos. Si los contratistas deciden seguir utilizando una malla de 250  $\mu\text{m}$ , la interpretación de los resultados requerirá cierto grado de calibración entre ambos tamaños.

muebles, deberán obtenerse perfiles verticales con una distribución de profundidad adecuada (profundidades recomendadas: 0 a 1 cm, 1 a 5 cm y 5 a 10 cm) a partir de núcleos recogidos con nucleadores de caja (0,25 m<sup>2</sup>). Los nucleadores de caja serán más eficaces en los entornos polimetálicos abisales, donde las densidades de fauna pueden ser escasas. Las muestras tomadas con nucleadores de caja únicamente podrán aplicarse como representativas si no es probable que los sedimentos dentro del núcleo estén mezclados por la presencia de nódulos. Aunque haya nódulos en la capa superficial de sedimentos de un núcleo recogido con nucleador de caja, ese núcleo podría dividirse en capas. Sin embargo, si existe alguna posibilidad de que los sedimentos dentro del núcleo se mezclen con nódulos enterrados durante el muestreo, solo deberá cortarse la capa superior para formar una muestra de 0 a 1 cm de espesor y esa muestra no deberá tratarse como muestra representativa. Deberán utilizarse muestras enteras de núcleos obtenidos con nucleadores de caja en lugar de modificarlas significativamente dividiéndolas o convirtiéndolas en núcleos más pequeños. La fauna situada en la superficie y las grietas de los nódulos de manganeso deberá mantenerse y conservarse adecuadamente. En los entornos de sedimentos batiales podrá usarse un meganucleador. Los protocolos para el tratamiento de muestras son similares a los del nucleador de caja. También podrá recogerse macrofauna de los sedimentos muebles utilizando un trineo epibentónico modificado. Esas muestras podrán proporcionar material útil para los estudios sobre diversidad biológica, en particular los que tengan un enfoque molecular; [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; III.B.15.d.i) y ii); y IV.B.22]

c) **Meiofauna de metazoos.** Los datos sobre la abundancia, biomasa y estructura de especies de la meiofauna de metazoos (tamaño de malla de 32 µm) deberán obtenerse a través de un análisis cuantitativo de las muestras. Cuando sea posible, deberá utilizarse un nucleador múltiple con tubos de 10 cm para tomar muestras de meiofauna en sistemas sedimentarios. Se sugiere un mínimo de tres despliegues de nucleadores múltiples en cada estación. Al menos un núcleo (completo) de cada despliegue deberá dedicarse a la meiofauna de metazoos y al menos un núcleo deberá asignarse a la meiofauna molecular. Deberá procesarse el análisis de la capa superior de 0 a 5 cm de cada núcleo (debido a los posibles problemas relacionados con los nódulos enterrados) o, si se están llevando a cabo análisis del ADN ambiental, deberá procesarse la capa superior de 0 a 2 cm. Cuando haya nódulos, deberán eliminarse y anotarse y los sedimentos deberán dividirse debajo de ellos; [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; III.B.15.d.i) y ii); y IV.B.22]

d) **Meiofauna foraminífera.** Los datos sobre la abundancia, biomasa y estructura de especies de la meiofauna foraminífera deberán obtenerse a través de un análisis cuantitativo de las muestras de los núcleos. Se recomienda un tamaño de malla de 125 µm. Una comunidad de foraminíferos podrá analizarse o bien mediante la clasificación de especímenes y la identificación microscópica o mediante el análisis del ADN ambiental de los sedimentos. Los núcleos para el análisis de especímenes deberán seccionarse en capas de 1 cm de espesor hasta una profundidad de 5 cm a menos que el núcleo tenga nódulos enterrados, en cuyo caso solo deberá seccionarse la capa superior de 0 a 1 cm; para el ADN ambiental no hace falta seccionar el sedimento y examinar cada capa por separado; [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; III.B.15.d.i) y ii); y IV.B.22]

e) **Microbiota.** La comunidad microbiana es importante para los ciclos biogeoquímicos y la función ecosistémica (por ejemplo, el ciclo de los nutrientes y la remineralización de la materia orgánica y las redes alimentarias de las comunidades bentónicas). La biodiversidad microbiana podrá evaluarse utilizando metodologías moleculares basadas en la secuenciación del ADN ambiental. Podrán obtenerse muestras de los hábitats sedimentarios utilizando equipo de muestreo estándar (por ejemplo, un nucleador múltiple o un nucleador de empuje sobre un vehículo operado

por control remoto). Después, las muestras deberán seccionarse a bordo y congelarse a -20 °C (o -80 °C) o conservarse en un tampón adecuado de conservación del ADN, de modo que la extracción del material genético se lleve a cabo en el laboratorio en tierra. Deberán usarse métodos de alto rendimiento (por ejemplo, la secuenciación Illumina) para la secuenciación del material molecular. La descripción corresponde principalmente a los ecosistemas de sedimentos muebles, pero también puede ser pertinente para comunidades de fondo duro, así como de la columna de agua. La metagenómica dirigida (o metacódigos de barras) centrada en marcadores taxonómicos como los genes del ARN ribosómico deberá basarse en el ARN en unión con material de ADN a fin de distinguir los indicios de especies vivas del material muerto de especies y de dar cuenta de los niveles de actividad de las diferentes especies. Los análisis metabólicos cada vez son más rápidos y rutinarios y su costo está disminuyendo. La integración de la información de los metabolitos en el análisis de la diversidad taxonómica y de genes funcionales ofrece nuevos indicadores cuantitativos de las funciones ecosistémicas (y los servicios ecosistémicos). La actividad metabólica microbiana deberá determinarse utilizando respirometría *in situ* de la comunidad sedimentaria u otro ensayo normalizado apropiado para los metabolismos presentes. En los sedimentos muebles, deberán realizarse perfiles verticales con intervalos sugeridos para el muestreo de 0 a 1 cm, 1 a 2 cm, 2 a 3 cm, 3 a 4 cm y 4 a 5 cm. Un tubo de nucleador múltiple en cada estación podría destinarse a este fin; [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; III.B.15.d.i) y ii); y IV.B.22]

f) **Biota de los nódulos.** La biota que viva sobre los nódulos y dentro de ellos también deberá ser objeto de muestreo y descripción a partir de nódulos escogidos tomados de la parte superior de los nucleadores de caja o de muestras obtenidas por vehículos operados por control remoto. Los grandes nódulos con morfologías complejas deberán romperse y la biota que viva dentro de las estructuras deberá ser clasificada, extraída y analizada; [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; III.B.15.d.i) y ii); y IV.B.22]

g) **Peces y detritívoros demersales.** El muestreo de peces demersales requiere la utilización de múltiples técnicas de muestreo para proporcionar información sobre la composición y la abundancia relativa de especies de peces. Se recomienda realizar estudios fotográficos en combinación con el despliegue de plataformas sobre el fondo con cebo o perfiles perpendiculares realizados con vehículos operados por control remoto. Cuando corresponda, podrá utilizarse la captura directa con redes de arrastre o trineos pequeños para especies de movimiento lento (pero véase el párrafo 42 d)). [Recomendación III.B.15.d.iii)] Generalmente se utilizan plataformas bentónicas para despliegues de corto plazo de cámaras y trampas con cebo con el fin de describir la composición de las especies de las comunidades. Las cámaras y trampas con cebo deberán desplegarse en diversas profundidades (para los sulfuros polimetálicos y las costras con alto contenido de cobalto) y en distintos lugares geográficos (para los nódulos polimetálicos) con el fin de medir la variabilidad espacial y en función de la profundidad. También podrán desplegarse trampas con cebo a corto plazo (24 a 48 horas) con el objetivo de estudiar los anfípodos y otras comunidades de crustáceos necrófagos. [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; y III.B.15.d)]

42. Cuando exista una alta probabilidad de descarga en la columna de agua, ya sea de manera accidental o como consecuencia de las operaciones normales, deberán describirse las comunidades pelágicas. Antes de realizar las pruebas de extracción, deberá evaluarse la estructura de las comunidades pelágicas (incluidos los peces) en torno a la profundidad del penacho de descarga y a profundidades inferiores. Además, deberán describirse las comunidades pelágicas en la capa bentónica limítrofe utilizando redes pelágicas de apertura y cierre cerca del fondo, bombas de plancton amarradas, trampas de sedimentos o muestreo mediante vehículos operados por

control remoto u otras técnicas con vehículos operados con control remoto. Si las tuberías de respiración o cangilones cerrados y las tuberías de descarga minimizasen cualquier pérdida efectiva a través de la columna de agua, el muestreo pelágico debería centrarse principalmente en las profundidades que se vean afectadas por el penacho de sedimentos de los fondos marinos, la profundidad de descarga de material de desecho y las profundidades en las que la contaminación acústica (por ejemplo, como consecuencia de la trituración de depósitos de minerales en el fondo marino) supere sustancialmente los niveles de ruido de fondo: [Recomendaciones III.A.13; III.B.14; y III.B.15.d).iii)]

a) **Fitoplancton y producción primaria.** Deberán realizarse mediciones de la composición, biomasa y producción del fitoplancton y de la biomasa y productividad del plancton bacteriano. Deberá estudiarse la variación temporal en escalas estacionales e interanuales. Podría ser poco práctico vigilar esto a lo largo de varios años, pero los datos obtenidos por teleobservación (clorofila a y color del océano) podrán proporcionar información sobre los niveles de productividad superficial y este tipo de análisis podrá sustituir el muestreo específico del fitoplancton o utilizarse para complementar los programas sobre el terreno. La calibración y la validación de los datos de teleobservación son esenciales; [Recomendaciones III.A.13; III.B.15.d).iii); y IV.B.22]

b) **Zooplancton (tanto holoplancton como meroplancton).** El muestreo se suele llevar a cabo con redes o, en aguas más profundas, con bombas de plancton. La zona desde la superficie hasta una profundidad de 200 m puede someterse a muestreo utilizando una “red tipo bongó”, que es un equipo estándar (aunque esto integra la captura entre profundidades). Se recomienda utilizar una red con copo con tamaño de malla de 350  $\mu$  y una red con copo con tamaño de malla de 200  $\mu$ . Deberá fijarse un caudalímetro al marco, de modo que pueda determinarse la cantidad de agua filtrada. Las redes tipo bongó no son adecuadas para realizar el muestreo de peces mesopelágicos, ya que los peces pueden evitar las redes. Lo mejor es realizar el muestreo a profundidades de más de 200 m con muestreadores que permitan obtener una serie de datos estratificados por profundidades para evaluar los efectos probables de las actividades de extracción y los penachos de sedimentos. Dado que la densidad de zooplancton es baja a mayor profundidad, a menudo será necesario que el volumen de la muestra sea grande, con vistas a recoger suficiente plancton para describir su composición y abundancia. Se necesitarán múltiples sistemas de redes de apertura y cierre (con tamaños de malla de 64  $\mu$ m a 3 mm, dependiendo de la finalidad del estudio y los organismos objetivo). Estos sistemas consisten en una serie de redes que pueden abrirse y cerrarse secuencialmente a diversas profundidades (ya sea utilizando dispositivos de control acústico o de manera programada previamente), por ejemplo, las redes MOCNESS y MultiNet. Es muy importante que los remolques de las redes se produzcan a diferentes profundidades y sean cuantitativos. En el muestreo cuantitativo se podrán usar tanto remolques verticales como horizontales u oblicuos para determinar la composición y la abundancia del zooplancton y su variabilidad dependiendo de la profundidad o el emplazamiento. Deberán usarse remolques y aparejos horizontales si es necesario realizar muestreos en capas entre intervalos estrechos de profundidad y grandes volúmenes (por ejemplo, cerca del fondo marino o en determinadas capas de dispersión acústica). Existen otras técnicas que no consisten en la captura física de zooplancton. Entre ellas cabe mencionar el trazador submarino de perfiles en vídeo, que es un grabador óptico útil para cuantificar el plancton frágil, gelatinoso o filtrador, cuyo muestreo es difícil de realizar con redes. El muestreo acústico es otra técnica que podrá tenerse en cuenta. Se recomienda que el muestreo del zooplancton se realice a intervalos discretos de profundidad. Estos intervalos podrán variar en función del lugar y el tipo de recursos, pero incluirán los siguientes: desde la superficie hasta 50 m de profundidad; de 50 a 100 m de

profundidad; de 100 a 200 m de profundidad; de 200 a 500 m de profundidad; de 500 a 1.000 m de profundidad; más de 1.000 m de profundidad (si procede, con flexibilidad en función de las condiciones del entorno); y entre el fondo marino y 10 m por encima del fondo (capa epibentónica). Podrá realizarse un muestreo de la capa cercana al fondo con redes de plancton, pero el uso de las redes requerirá montar sistemas emisores acústicos, medidores de profundidad o altímetros de precisión en los aparejos para reducir el riesgo de daños por contacto con el fondo marino. También podrá realizarse un muestreo de esta capa utilizando redes de plancton montadas en trineos remolcados sobre el fondo marino (por ejemplo, el “trineo Brenke”). Colocar bombas de plancton amarradas cerca del fondo marino también podrá ser una forma de obtener muestras cuantitativas de zooplancton a alturas muy precisas por encima del fondo marino; las trampas de sedimentos amarradas permitirán obtener muestras cualitativas de zooplancton; [Recomendaciones III.B.15.d).iii) y IV.B.22]

c) **Zooplancton gelatinoso.** El zooplancton gelatinoso representa una gran parte de la biomasa, la abundancia y la diversidad del plancton, desde la capa epipelágica hasta la abisopelágica, incluida la capa bentónica limitrofe. Suelen ser animales que se alimentan por filtración (y, por lo tanto, pueden ser sensibles a los penachos de sedimentos) y procesadores de partículas importantes, que producen o eliminan las partículas que se hunden en la columna de agua. Los instrumentos ópticos (por ejemplo, perfiladores submarinos en vídeo) o los perfiles perpendiculares obtenidos mediante vehículos submarinos autónomos y vehículos operados por control remoto son la mejor forma de estudiar el zooplancton gelatinoso. Estos dispositivos deberían colocarse a diferentes intervalos de profundidad en la columna de agua, de forma similar a las redes remolcadas; [Recomendaciones III.B.15.d).iii) y IV.B.22]

d) **Necton.** Hay varios “tipos” de necton que pueden estar relacionados con las zonas de recursos minerales y tal vez deban considerarse en función de la profundidad de las descargas o los penachos de sedimentos operacionales: peces epipelágicos, que normalmente se encuentran en los 300 m más cercanos a la superficie de la columna de agua y a menudo tienen un cuerpo grande y son nadadores rápidos (por ejemplo, los atunes); los peces de superficie que se sumergen a grandes profundidades, como las mantas y algunas especies de tiburones; los peces, camarones y calamares mesopelágicos pequeños y medianos (es decir, el micronecton) que llevan a cabo migraciones verticales sincronas o asincronas (es decir, que no afectan a toda la población); el necton no migratorio que permanece en la zona mesopelágica o batipelágica durante el día y la noche; y los peces bentopelágicos que pueden migrar a varias decenas de metros por encima del fondo marino y vivir en esas zonas. Estos tipos requieren enfoques diferentes y algunos son muy difíciles de estudiar, incluso con sofisticados instrumentos acústicos de pesca o equipo de muestreo de arrastre. Sin embargo, puede que no sea necesario realizar directamente labores de estudio de todos los tipos de necton, según las características de la zona de licencia; [Recomendaciones III.B.15.d).iii) y IV.B.22]

e) **Micronecton mesopelágico.** Los organismos que forman parte del micronecton mesopelágico (por ejemplo, peces linterna, peces hacha, camarones o calamares de cristal) suelen tener cuerpos pequeños (2 a 20 cm). Se pueden detectar y su biomasa relativa se puede estimar utilizando transductores acústicos de frecuencia relativamente alta a distancias de varios centenares de metros. Pueden recogerse mediante aparejos de muestreo de zooplancton de mayor tamaño (por ejemplo, una red MOCNESS de 10 m). Sus capturas en redes verticales serán limitadas, pero si se utilizan redes mayores de apertura y cierre se capturarán también especies de menor tamaño. La distribución de profundidades puede determinarse a partir del despliegue de redes a distintas altitudes a lo largo de la columna de agua.

Dichas altitudes deben corresponder a las que figuran en el párrafo 42 b); [Recomendaciones III.B.15.d).iii) y IV.B.22]

f) **Taxones mesopelágicos de mayor tamaño.** El muestreo de estos organismos deberá realizarse con redes de arrastre remolcadas en la capa pelágica, lo que constituye una tarea difícil para buques de pesca que no estén especializados en la pesca. Se podrá aplicar la técnica de muestreo acústico a los organismos de mayor tamaño del necton mesopelágico. Los transductores de frecuencia intermedia (38 kHz es una frecuencia habitual) montados en el casco pueden medir eficazmente la densidad de dispersión del sonido de los animales pelágicos (el micronecton, del que forman parte el zooplankton de mayor tamaño, los peces mesopelágicos y los calamares, entre otros organismos) hasta profundidades de 100 a 1.500 m, dependiendo de la estructura de la columna de agua y de la medida en que el buque sea “acústicamente silencioso”. Estos datos permitirán calcular la retrodispersión acústica total, que podrá utilizarse para estimar la biomasa, si bien seguirá siendo necesario llevar a cabo observaciones directas o muestreos para determinar la composición de especies y taxones. Las redes de muestreo son generalmente redes de alambre doble remolcadas a velocidades de entre 3 y 6 nudos; [Recomendaciones III.B.15.d).iii) y IV.B.22]

g) **Peces.** Probablemente se encuentren peces de mayor tamaño que viven muy cerca del fondo marino en algunos estudios fotográficos. Muchos peces (pero no todos) suelen sumergirse hacia el fondo marino cuando se les espanta a profundidades medias y es posible que un vehículo operado por control remoto o una plataforma con cámara remolcada los empuje hacia abajo y pueda encontrarlos allí. Esto proporcionará información sobre la composición de las especies, pero esos datos no serán cuantitativos. [Recomendación III.B.15.d).iii)]

43. **Ruido.** Será necesario realizar estudios de referencia para determinar los niveles de ruido de fondo en los perfiles verticales a lo largo de la columna de agua desde la superficie del mar hasta el fondo marino. Esto podrá lograrse con una serie de instrumentos añadidos a los sistemas de conductividad, temperatura y profundidad. En este análisis deberá figurar una estimación de las profundidades del canal de determinación y medición de la distancia del sonido (canal SOFAR), que conduce de manera eficiente el ruido (y sería una gama de profundidades establecida con el objetivo específico de minimizar el ruido). Para describir la variabilidad temporal de los niveles de ruido ambiente, deberán desplegarse grabadoras autónomas (existen varios modelos comerciales, como EARS o HARP, entre otros) en los amarres, que podrán utilizarse de forma simultánea a otros equipos amarrados y mantenerse en activo durante un año. [Recomendaciones III.A.13 y III.B.14]

44. **Migración vertical.** La dinámica de la migración vertical del zooplankton y el necton mesopelágicos implican que el muestreo debería llevarse a cabo durante el día y por la noche para determinar la variación de la distribución vertical. Deberán realizarse remolques de redes a profundidades por encima de la altura probable de los penachos, así como a varias profundidades dentro de dicha altura, y se repetirán a intervalos de tiempo para contabilizar los migrantes verticales. Esto dependerá del lugar específico, pero los intervalos de profundidad definidos en el párrafo 42 b) deberían ser un buen punto de partida. Deberán llevarse a cabo al menos tres remolques de redes en cada nivel para obtener información detallada acerca de la variabilidad de la fauna sobre la zona de interés. [Recomendación III.B.15.d).iii)]

45. **Los oligoelementos metálicos y los posibles elementos tóxicos** deberán evaluarse en los músculos y los órganos objetivo de las especies invertebradas y los peces demersales dominantes. Esto debería repetirse a lo largo del tiempo antes de comenzar las pruebas de extracción (para medir la variabilidad natural) y, posteriormente, por lo menos una vez al año para vigilar los cambios provocados por

las pruebas de extracción. Podría ser necesaria una combinación de vigilancia y experimentos a bordo y en el laboratorio para determinar, antes de las pruebas de extracción, los posibles efectos ecotoxicológicos, incluidas las posibles repercusiones en el fitoplancton y el zooplancton, o los organismos del necton que los consumen, si el penacho de descarga se produjese en la superficie del mar o en la capa pelágica. El bioanálisis a bordo para la vigilancia de la calidad del agua de mar utilizando la fluorescencia retrasada de microalgas será un posible enfoque. Generalmente se usa una gama de oligoelementos metálicos comunes (por ejemplo, el arsénico, el cromo, el cobre, el cadmio, el plomo, el mercurio, el níquel y el zinc) para proporcionar una base de referencia de posibles contaminantes de interés. Para los estudios relativos a la extracción en zonas de tierras raras, podría requerirse un conjunto mayor de oligoelementos. Sin embargo, podría ser más práctico realizar una evaluación de la toxicidad general del recurso (o descarga). La medición de las concentraciones de contaminantes bioacumulados en el organismo entero de una especie objeto de muestreo a lo largo de un gradiente desde los lugares afectados hasta lugares de referencia a cierta distancia es un enfoque sólido de la evaluación inicial. [Recomendación VI.D.40.f)]

46. La duración de los estudios ambientales también deberá depender de las condiciones concretas. Deberán ser lo suficientemente largos, con muestreos periódicos, para comprender la variación estacional e interanual y otros posibles sucesos pertinentes puntuales y extremos. Por ejemplo, los movimientos de las mareas afectarán a los patrones de asentamiento del penacho de sedimentos. La variación temporal deberá evaluarse por lo menos en un lugar de pruebas de extracción y en la zona de referencia para la preservación, según los términos acordados antes de la actividad de pruebas de extracción (preferiblemente con muestreos anuales como mínimo, durante al menos tres años). El estudio temporal deberá ser revisado por la Autoridad antes del inicio de las pruebas de extracción. Los estudios de la variación temporal en el fondo marino deberán basarse en grabaciones de vídeo o fotográficas, así como en estudios con correntómetros. En el caso de depósitos de sulfuros, será necesario realizar el muestreo de subhábitats y conocer las temperaturas correspondientes. Se podrán conseguir datos temporales de alta resolución mediante simples sistemas de observatorios de fotografía secuencial en el fondo marino que tomen imágenes de este y registren las temperaturas de los flujos salientes. En la medida de lo posible, deberán realizarse estudios de los ecosistemas, tales como las tasas de crecimiento, las tasas de reclutamiento y el estado trófico de taxones dominantes para obtener información sobre la función ecosistémica, la estructura trófica y la resiliencia a las perturbaciones del conjunto. Cuando haya múltiples lugares en los que vayan a producirse pruebas de extracción, el contratista deberá evaluar hasta qué punto los estudios temporales realizados en uno de ellos serán aplicables a otros; esa evaluación también deberá ser revisada por la Autoridad. [Recomendaciones III.B.15 y VI.B.33 a 35]

47. Se deberá prestar atención a la normalización taxonómica. A fin de facilitar la identificación, deberá efectuarse un intercambio de secuencias, dibujos, claves y códigos de identificación entre los principales laboratorios y colecciones que realicen estudios taxonómicos de los organismos marinos. Será preferible que haya coherencia en este sentido entre los contratistas de cada región. Los conocimientos especializados de taxonomía son muy escasos, incluso cuando se trata de grandes grupos de fauna (por ejemplo, peces, moluscos, crustáceos, corales, esponjas, anélidos y equinodermos). Será importante que todos los grupos taxonómicos sean analizados en cada emplazamiento. Esto se podrá hacer con más eficiencia mediante la creación de centros de cooperación o grupos de expertos en el ámbito de la taxonomía. Si se utilizan normas coherentes y se conservan especímenes de muestra, la taxonomía numérica (por ejemplo, especie 1, especie 2 y así sucesivamente)



constituirá una buena base para los estudios de referencia, pero será necesario compatibilizarla con la taxonomía clásica, ya sea directamente por el contratista o como parte de programas cooperativos de investigación. La taxonomía moderna requiere la aplicación de métodos moleculares. Los códigos de barras o las secuencias de ADN adecuadas para la identificación de especies, junto con la información morfológica, proporcionan una identificación más precisa y coherente. Para mantener la vinculación entre las identificaciones morfológicas y moleculares, se aconseja utilizar la taxonomía inversa. Se trata de un proceso en el que una o varias secuencias genéticas se utilizan como un código de barras y además se toman imágenes del espécimen a partir de la cual se obtuvo el material molecular y se describe su morfología. Los dos conjuntos de datos se publican conjuntamente en una revista científica y se añaden a bases de datos internacionales (por ejemplo, GenBank). Estas descripciones pueden ayudar a identificar los materiales obtenidos en programas de muestreo anteriores. Los métodos moleculares siguen avanzando rápidamente y haciendo que los estudios bióticos en todos los niveles, especialmente en el de los microorganismos, sean mucho más rápidos y económicamente viables. Las secuencias moleculares deberán depositarse en GenBank o en bases de datos de secuencias equivalentes con reconocimiento internacional. Los especímenes de referencia y las muestras moleculares, incluidos los extractos de ADN, deberán depositarse en una instalación tutelada y reconocida de recopilación, como un museo de historia natural, de modo que estén disponibles para un estudio más amplio. [Recomendaciones III.B.14; III.B.15.d.i) a iii) y vii); y IV.A.22]

48. En el caso de organismos muy pequeños (bacterias, arqueas, y protozoos y metazoos de microfauna y meiofauna) los análisis metagenómicos utilizando secuenciación de alto rendimiento (secuenciación de nueva generación) se están convirtiendo rápidamente en un instrumento habitual. Archivar muestras de sedimentos congelados (-80 °C) para futuros análisis es sencillo y relativamente barato y puede llevarse a cabo independientemente de la capacidad que se tenga en ese momento de financiar análisis o de las capacidades bioinformáticas de que se disponga. Deberá elaborarse un plan de gestión de datos claros y sólido para anotar, almacenar y compartir los datos moleculares en el caso de proyectos que requieran protocolos de secuenciación de nueva generación. Esto será especialmente pertinente para las actividades de catalogación de la diversidad y de recopilación de metadatos en relación con las muestras de sedimentos congelados para la automatización y eficiencia de futuros flujos de trabajo tanto para el procesamiento en laboratorio húmedo como para los análisis estadísticos y bioinformáticos. [Recomendaciones III.B.15.d.ii) y iii); III.B.17.c); y VI.D.40.b)]

49. La información sobre la sucesión de la fauna después de las pruebas de extracción o de los componentes de extracción será esencial para determinar las tasas de recuperación de las poblaciones bentónicas de los efectos de la extracción. Los datos deberán incluir muestras obtenidas en la zona de pruebas antes y después de que esas pruebas se lleven a cabo, a determinadas distancias desde la zona de extracción, a fin de evaluar los efectos del penacho bentónico, y a intervalos después de las pruebas de extracción. Estos experimentos sobre los efectos de las pruebas podrán llevarse a cabo en colaboración. [Recomendación VI.D.40.b) a d)]

50. Deberá reunirse información adicional sobre los efectos del penacho de descarga en la fauna pelágica mediante estudios temporales con un diseño similar al de los estudios de la sucesión en el fondo marino mencionados más arriba, así como a través del registro de eventos naturales inusuales, como la muerte de peces y las concentraciones inusitadamente grandes de peces, mamíferos marinos, tortugas o aves. [Recomendación VI.D.40.d)]

51. **Mamíferos marinos, aves, tortugas y tiburones.** Es importante saber si se encuentran especies protegidas o sensibles en la región general en la que podrían realizarse actividades de extracción. Para que sean útiles las observaciones registradas en tránsito hacia y desde las zonas de exploración y entre estaciones, deberán llevarse a cabo de manera sistemática por una sola persona o por un equipo de dos personas. Por ejemplo, podrá considerarse la posibilidad de utilizar los protocolos de observadores de mamíferos marinos, que están muy difundidos y fueron elaborados por el Comité Conjunto de Conservación de la Naturaleza del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, o los protocolos elaborados para el submarino Edokko Mark 1 (serie protocolo SIP núm. 4). En la medida de lo posible, los registros de mamíferos, tiburones, tortugas y aves marinas deberán estar respaldados por fotografías. Las observaciones directas darán una idea de la cantidad de mamíferos marinos que hay en la zona del contrato, pero deberán combinarse con otros datos sobre el comportamiento probable de los animales en la región. Se conocen los patrones de migración estacional de muchas especies, si bien los datos de rastreo solo están disponibles en algunas zonas. Se puede obtener más información especialmente relevante para los efectos en los mamíferos marinos mediante el estudio del ruido ambiental en toda la columna de agua y de los niveles de emisión de ruido que vayan a producir las actividades de extracción, entre otros. [Recomendación III.B.15.d.vi)]

### **Bioturbación**

52. La recopilación de datos sobre la bioturbación tendrá como objetivo determinar las tasas “naturales” de fondo de los procesos sedimentarios, incluida la “variabilidad espacial y temporal natural”, a fin de elaborar modelos y evaluar los efectos de las actividades de extracción en esos procesos. Deberán medirse las tasas y las profundidades de la bioturbación (es decir, la mezcla de sedimentos causada por los organismos), para analizar la importancia de la actividad biológica antes de las perturbaciones provocadas por las actividades de extracción, y dichas tasas y profundidades podrán evaluarse a partir de perfiles del exceso de actividad del Pb-210 de los núcleos, teniendo en cuenta la variabilidad del sedimento. El exceso de actividad del Pb-210 deberá evaluarse en por lo menos seis niveles de cada núcleo (las profundidades recomendadas son 0 a 0,5 cm y 0,5 a 1,0 cm; 1 a 2 cm y 2 a 3 cm; y 3 a 5 cm, 5 a 7 cm y 7 a 9 cm) y al menos cuatro núcleos duplicados (por ejemplo, tubos de descensos separados de nucleadores múltiples) por emplazamiento. Las tasas (Db) y profundidades de la bioturbación (capa mezclada) deberán evaluarse mediante modelos estándar de advección o difusión-reacción directa, pero puede que sea necesario incluir términos de intercambio no locales. Entre otras metodologías adicionales cabe mencionar el análisis del exceso de Th-234 y las imágenes de perfilado de sedimentos. [Recomendaciones III.B.15.e)]

### **Flujos hacia el sedimento**

53. Con respecto a los flujos hacia el sedimento:

a) Los datos de referencia sobre este grupo se reunirán para evaluar los efectos del penacho de descarga y elaborar modelos de esos efectos. Habida cuenta de que el flujo de materiales desde la parte superior de la columna de agua hasta las profundidades del mar es ecológicamente significativo para el ciclo alimentario de los organismos que habitan en el fondo, será necesario describir adecuadamente el flujo de materiales en la capa pelágica y el flujo hacia el fondo marino para realizar una comparación con el efecto de los penachos de descarga de los residuos de la extracción minera. El conocimiento de las velocidades de asentamiento *in situ* para las partículas de descarga de las pruebas de extracción o de los componentes de extracción, tanto en penachos de descarga como en perturbaciones cercanas al fondo y en la capa pelágica, ayudará a verificar las predicciones de los modelos matemáticos

respecto de la dispersión de los penachos bentónicos y de la capa pelágica y a mejorar esas predicciones en adelante. Esta información será importante en relación con las preocupaciones expresadas acerca del penacho de descarga y los efectos del penacho de las actividades de extracción en la biota bentónica y en los organismos pelágicos de la capa bentónica limítrofe;

b) Se recomienda desplegar amarres con trampas de sedimentos, con una trampa a más de 2.000 m de profundidad para determinar el flujo de partículas en suspensión procedente de la zona eufótica, una trampa a unos 500 m por encima del fondo marino y una trampa a 10 m por encima del fondo marino en la capa bentónica limítrofe para determinar los flujos de referencia de materiales en la columna de agua y que llegan al fondo marino. Deberán instalarse trampas de sedimento durante un período de tiempo adecuado y las muestras se recogerán mensualmente para examinar los cambios estacionales de los flujos y evaluar la variabilidad interanual, en particular entre años con eventos climáticos (por ejemplo, El Niño o La Niña). Las trampas podrán instalarse en el mismo amarre que los correntómetros anteriormente descritos, cuando sea posible (y evitando su hundimiento). La resolución temporal de las mediciones del flujo de partículas deberá ser de un mes o mejor y deberán registrarse series cronológicas de nefelometría en las trampas de sedimentos. [Recomendaciones III.A.13; y III.B.15.f]

### Gestión de datos

54. La parte IV de las recomendaciones versa sobre la reunión y presentación de datos. Se recomienda que las técnicas de reunión y análisis se ajusten a las mejores prácticas, como las elaboradas por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, que pueden consultarse en los centros mundiales de datos, o por los centros nacionales de datos oceanográficos, o las recomendadas por la Autoridad. Se deberá publicar en Internet, por conducto de la Autoridad, un inventario del acervo de datos de cada contratista. [Recomendación IV]

55. Los estudios ambientales de referencia y los programas de vigilancia constituyen una fuente importante de datos y conocimientos. Un sistema de archivo y recuperación de datos podrá ayudar a los contratistas en la búsqueda de elementos indicadores significativos desde el punto de vista ambiental. La síntesis de los datos y la experiencia beneficiará a todos los contratistas. El incremento de la accesibilidad de los datos probablemente aumente también la precisión de los modelos y ayudará a lograr lo siguiente:

- a) La determinación de las mejores prácticas;
- b) La elaboración de un enfoque común para la gestión de los datos;
- c) El intercambio multilateral de opiniones y datos y la consiguiente cooperación internacional;
- d) Economías de tiempo, esfuerzo y gastos a la hora de alertar a la comunidad sobre los fallos;
- e) Economías por medio de la reducción del número de mediciones de determinados parámetros. [Recomendaciones IV y V]

56. Los modelos se podrán validar y ajustar mediante esa verificación de datos en tierra y, posteriormente, podrán complementar parcialmente costosos ejercicios de recopilación de datos. Es posible que algunas zonas en que se haya solicitado realizar exploraciones sean adyacentes o vecinas a otras, lo cual justifica también que se facilite el acceso a los datos y que se aúnen esfuerzos en la modelización, de modo que los efectos de las actividades en zonas vecinas no interactúen y los efectos se

puedan evaluar sin necesidad de reproducir todos los aspectos de la evaluación ambiental. [Recomendaciones V y VI.C.38.e)]

### **Cooperación en materia de investigación**

57. La parte V de las recomendaciones versa sobre la cooperación en materia de investigación y las recomendaciones para colmar lagunas en los conocimientos. En los últimos años se ha producido una revolución en el desarrollo de los conocimientos y la tecnología en el ámbito de la ciencia de los fondos marinos. Varios institutos de investigación de todo el mundo están ejecutando amplios programas de investigación. Esos institutos cuentan con importantes conocimientos biológicos y científicos y podrían estar dispuestos a colaborar con los contratistas de extracción en la realización de algunas de las investigaciones ambientales necesarias. Podrían proporcionar equipo de muestreo y conocimientos especializados y prestar asistencia en la obtención de muestras en zonas remotas. [Recomendación V]

58. La cooperación en materia de investigación puede facilitar la determinación de bases de referencia de la variabilidad natural fundamentadas en registros geológicos, biológicos y otros registros ambientales obtenidos en zonas seleccionadas y en una variedad de escalas, desde emplazamientos dentro de una zona de licencia hasta amplias zonas regionales. [Recomendación V]

59. Una alianza entre la comunidad científica y los contratistas podría dar lugar a la mejora de los repositorios de recopilación de especímenes de referencia, los repositorios de bases de datos de secuencias genéticas, el análisis y la interpretación de isótopos estables y las bibliotecas de fotografías de especies y especímenes. La información científica básica obtenida en una alianza debería dar lugar a una adquisición eficaz en función del costo de información que contribuirá a la planificación del desarrollo y la toma de decisiones, así como al reconocimiento oportuno de cualquier efecto o problema ambiental significativo antes de las pruebas de extracción y durante ellas. Esta información se puede emplear para buscar soluciones con un enfoque de reducción al mínimo de los conflictos. [Recomendación V.30]

60. Los efectos de las actividades de extracción en la diversidad biológica dependerán en gran medida de lo localizada o generalizada que sea la distribución de las especies, de la conectividad ecológica entre sus poblaciones y de la distribución de las comunidades biológicas que controlen las funciones ecosistémicas. La evaluación requerirá llevar a cabo una síntesis de la biogeografía y las estructuras comunitarias de la biota. Esta evaluación debería verse facilitada por la colaboración entre los contratistas y con la comunidad científica. También serviría de apoyo para la elaboración de planes regionales de gestión ambiental. [Recomendaciones V.29 a 31]

61. Deberán realizarse estudios de elaboración de modelos en colaboración y de forma estrechamente vinculada a los estudios sobre el terreno, a fin de evaluar el riesgo de extinción en función de distintas estrategias de gestión, incluidas diversas opciones para el diseño de las zonas protegidas. En las estrategias generales de conservación deberán tenerse en cuenta otros efectos naturales y antropogénicos en las comunidades de fauna. [Recomendación V.30]

62. Los contratistas deberán colaborar entre sí, con la Autoridad y con organismos nacionales e internacionales de investigación científica en programas de cooperación en materia de investigación para mejorar todo lo posible los resultados de la evaluación del impacto ambiental y minimizar el costo de esas evaluaciones. [Recomendación V.30]

63. En la Convención se dispone que la Autoridad promoverá e impulsará la realización de investigaciones científicas marinas en la Zona, y coordinará y difundirá los resultados de tales investigaciones y análisis cuando estén disponibles.

## **Evaluación del impacto ambiental**

64. La parte VI de las recomendaciones versa sobre la evaluación del impacto ambiental. Algunas actividades no pueden ocasionar daños graves al medio marino y, por lo tanto, no requieren una evaluación del impacto ambiental. Esas actividades se enumeran. Con respecto a las actividades que no requieren una evaluación del impacto ambiental, se necesitará un programa de vigilancia antes, durante y después de una actividad específica para determinar los efectos de la actividad en las actividades biológicas, incluida la recolonización de las zonas perturbadas. [Recomendación VI]

65. La declaración de impacto ambiental deberá describir las actividades de colaboración con los interesados que hayan tenido lugar durante el proceso, incluidos los calendarios de consulta, los métodos de consulta y los hitos de publicación.

66. En la declaración de impacto ambiental se enumerarán los interesados consultados y se describirá el proceso mediante el que se seleccionaron. “Interesado” significa una persona física o jurídica o una asociación de personas con un interés de cualquier tipo o con información o experiencia relevantes.

67. La declaración de impacto ambiental deberá incluir:

a) Una descripción de la naturaleza y el alcance de las consultas que se hayan celebrado a efectos de la declaración;

b) Una descripción del protocolo utilizado para reunir y registrar las observaciones y preocupaciones de los interesados y responder a ellas. La declaración de impacto ambiental deberá incluir una evaluación del modo en que las consultas respetaron las obligaciones de consulta aplicables, si las había;

c) Una descripción de los comentarios y preocupaciones de los interesados y de cómo han sido atendidos por el contratista en la declaración de impacto ambiental.

68. La declaración de impacto ambiental, junto con la información relativa a la consulta con los interesados celebrada por el contratista, estará disponible en el sitio web del contratista y a través del sitio web de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos.

69. Los estudios ambientales que se hagan durante la exploración se basarán en el plan que haya propuesto el contratista y serán examinados por la Comisión Jurídica y Técnica para comprobar que están completos y son precisos y fiables desde el punto de vista estadístico. El plan se incorporará al programa de actividades previsto en el contrato. Los estudios ambientales que se llevarán a cabo durante la exploración incluirán la vigilancia de los parámetros ambientales para obtener una base de referencia ambiental. Esta base de referencia deberá permitir la comprobación, mediante los resultados de la vigilancia, de que las actividades que se están llevando a cabo en el fondo marino, en la capa pelágica y en la parte superior de la columna de agua no están produciendo ningún daño grave. [Recomendaciones II.C.11 y 12; III.A.13; y III.B.14 a 16]

70. Las pruebas de extracción o de los componentes de extracción son una oportunidad para determinar las consecuencias ambientales de las actividades de extracción. El contratista presentará a la Autoridad un plan relativo a dichas pruebas, incluida información detallada sobre la vigilancia del medio ambiente, con al menos un año de antelación con respecto al inicio de las pruebas. En el plan de pruebas de los componentes de extracción o de pruebas de extracción se contemplará la vigilancia de las zonas afectadas por las actividades del contratista que puedan ocasionar daños graves al medio marino, incluso cuando las zonas afectadas queden fuera del emplazamiento propuesto para las pruebas. En el programa figurará, en la

medida de lo posible, la especificación de las actividades o contingencias que puedan provocar la suspensión o modificación de las pruebas debido a daños graves, incluso si las actividades o contingencias especificadas no pudieran mitigarse adecuadamente. En el programa se autorizará también a retocar el plan de pruebas antes de llevar a cabo dichas pruebas y cuando sea oportuno, si fuera necesario realizar esos retoques. En el plan figurarán estrategias para asegurar que los muestreos se basen en métodos estadísticos fiables, que el equipo y los métodos sean científicamente aceptables, que el personal que planifique, reúna y analice los datos esté altamente cualificado y que los datos resultantes se remitan a la Autoridad con arreglo a los formatos especificados. El procedimiento para la presentación y la evaluación de una declaración de impacto ambiental con respecto a las pruebas de los componentes de extracción y las pruebas de extracción figura en la sección E y el anexo III de las presentes recomendaciones. [Recomendación IV]

71. Durante las pruebas de extracción de la exploración, se recomienda presentar una propuesta de zona de referencia para los efectos y zona de referencia para la preservación. La zona de referencia para los efectos deberá seleccionarse como el lugar donde se realizarán las pruebas de extracción. La zona de referencia para la preservación deberá estar en un lugar elegido cuidadosamente y a) ser suficientemente amplia para ser representativa de las condiciones ambientales locales, y b) estar fuera del alcance de los efectos ambientales de las pruebas de extracción. La zona de referencia para la preservación deberá tener una composición de especies comparable a la de la zona de pruebas. La zona de referencia para la preservación deberá ubicarse dentro de la zona del contratista, pero fuera de la zona de pruebas y de las zonas afectadas por los penachos de descarga y las perturbaciones del fondo marino. [Recomendación VI.C.38.o]

72. En el programa de vigilancia que proponga el contratista figurará información detallada sobre la forma en que se evaluarán los efectos de las pruebas de los componentes de extracción y las pruebas de extracción. [Recomendación VI.D.40]

## Anexo II

### Glosario de términos técnicos

ADN ambiental	Material genético obtenido directamente de muestras ambientales (como sedimentos o agua, entre otras) sin ningún signo evidente de su origen biológico.
Agua intersticial	Agua presente en los espacios que existen entre las partículas de sedimentos; también denominada “agua porosa”.
Análisis de isótopos estables	Determinación de la signatura isotópica: la distribución de ciertos isótopos estables y elementos químicos en compuestos químicos. Cuando se aplica a las redes alimentarias, puede utilizarse para extraer conclusiones directas relativas a la dieta, los niveles tróficos y la subsistencia. Las variaciones en las proporciones de isótopos procedentes del fraccionamiento de isótopos se miden mediante espectrometría de masas, que separa los distintos isótopos de un elemento sobre la base de la proporción entre la masa y la carga.
Arqueas	Microorganismos que parecen ser un antiguo grupo intermedio entre bacterias y eucariotas. Las arqueas son similares a las bacterias en tamaño, pero diferentes en cuanto a su organización molecular.
ATP	Adenosintrifosfato, un compuesto orgánico complejo que sirve para el almacenamiento de energía a corto plazo y su conversión en todos los organismos. La cantidad de ATP presente puede emplearse como medida de la biomasa microbiana total del sedimento, ya que corresponde al número de células activas, la mayoría de las cuales son bacterias.
Batipelágico	Relativo a entornos en mar abierto a profundidades entre 1.000 y unos 3.000 m de profundidad, a mayor profundidad por lo tanto que la zona mesopelágica (200 a 1.000 m de profundidad).
Bentónico	Relativo al fondo marino.
Bentos	Formas de vida marina que habitan en el fondo marino.
Capa bentónica limítrofe	Relativo a la capa de agua que se encuentra inmediatamente por encima de la interfaz entre el sedimento y la capa de agua del fondo marino, y que se ve influida por el fondo.
Capa cercana al fondo	La región inmediatamente por encima del fondo marino y asociada con la capa bentónica limítrofe. En general, se refiere a una distancia de hasta 50 m por encima del fondo marino.
Costras de ferromanganeso con alto contenido de cobalto	Costras de ferromanganeso con contenido enriquecido de cobalto formadas generalmente por precipitación, que se encuentran en sustratos duros en el fondo marino sobre relieves topográficos significativos, como dorsales y montes submarinos.

CTD	Relativo a un sistema de medición de la conductividad (indicador de salinidad), la temperatura y la profundidad (determinada a partir de mediciones de la presión). Los primeros dos parámetros son esenciales en las observaciones oceanográficas y el perfil batimétrico (es decir, de la profundidad) es necesario para delinear la estructura vertical del océano. Otros parámetros, como el pH y la concentración de oxígeno disuelto, pueden medirse si se instalan sensores opcionales.
Daños graves	Los efectos causados en el medio marino por las actividades realizadas en la Zona que constituyan un cambio adverso importante del medio marino, conforme a las normas, reglamentos y procedimientos aprobados por la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos sobre la base de normas y prácticas internacionalmente reconocidas y de los mejores conocimientos científicos disponibles.
Demersal	Los organismos que viven cerca del fondo marino.
Detritívoro	Un animal que se alimenta de residuos y restos de animales y plantas muertos que no matan ellos mismos.
Ecosistema	Una comunidad de organismos vivos en unión con los componentes inanimados de su entorno, que interactúan como un sistema.
Efectos acumulativos	Los efectos de los cambios graduales causados por otras acciones pasadas, presentes o previsibles.
Epipelágico	Relativo a la región superior de las profundidades marinas, situada por encima de la zona mesopelágica.
Escala espacial	Escalas propias de las dimensiones espaciales de los fenómenos marinos, por ejemplo, el diámetro de un remolino o la longitud de una ola. Esas escalas también tienen que ver con la disposición geográfica de las estaciones de muestreo.
Escalas sinópticas	Escalas de eventos o variabilidad de carácter hidrodinámico que abarcan desde una o dos semanas hasta uno o dos meses y escalas espaciales que van de un kilómetro a varios cientos. Un fenómeno típico de esas escalas son los remolinos sinópticos de entre 100 y 200 kilómetros de diámetro que atraviesan la zona noreste del Pacífico tropical, de este a oeste, y que se adentran a menudo en los fondos marinos.
Fitoplancton	Plantas microscópicas que son los productores primarios en los océanos.
Foraminíferos	Principal componente protista de las comunidades bentónicas abisales en las categorías, relativas al tamaño, de meiofauna, macrofauna y megafauna.
Fotosíntesis	La síntesis biológica de material orgánico utilizando la luz como fuente de energía. Por medio de la clorofila y la energía luminosa, las plantas convierten el dióxido de carbono y el agua en hidratos de carbono alimenticios y oxígeno.
Haloclina	Capa de agua en que se registra un marcado gradiente de salinidad.



Hidrodinámico	Relativo a cualquier actividad correspondiente al movimiento del agua del mar.
Lluvia de finos	Componente del penacho de perturbación del fondo marino que está más alejado del centro de este y que consta principalmente de finos, es decir, de partículas sedimentarias que son transportadas por las corrientes del fondo y que se depositan lentamente sobre éste, por lo general fuera de la zona de extracción específica.
Macrofauna	Animales que no se cuelan por una malla de 250 o 300 $\mu\text{m}$ , normalmente clasificados e identificados con un microscopio, entre los que se cuentan taxones como los poliquetos, bivalvos, isópodos y tanaidáceos.
Megafauna	Animales lo suficientemente grandes (más de 2 cm) para distinguirse en las fotografías, propuestos como taxón fundamental (véase “taxonomía”) para las evaluaciones del impacto ambiental de las actividades de extracción en aguas profundas.
Meiofauna de metazoos	Animales de la comunidad bentónica, que forman parte de taxones como los nematodos, copépodos harpacticoides, ostrácodos y kinorincos. En la práctica se los define como los que miden más de 32 $\mu\text{m}$ .
Mesopelágico	Relativo a la parte del océano que se encuentra por debajo de la epipelágica y por encima de la batipelágica, y que generalmente corresponde a la zona débilmente iluminada o “zona de penumbra”.
Metabolómica	Un enfoque de espectrometría de masas de alto rendimiento utilizado para analizar la composición y estructura de diversas moléculas producidas en el medio ambiente por los organismos vivos, a fin de detectar intercambios metabólicos y reconstruir las interacciones biológicas, sobre la base de la cuantificación de los metabolitos y otras biomoléculas que forman parte de procesos que van de la emisión de señales ecológicas específicas a las funciones ecosistémicas a gran escala.
Metacódigo de barras genético	Un método rápido para evaluar la diversidad biológica que utiliza iniciadores universales de la reacción en cadena de la polimerasa para amplificar en masa los códigos de barras del ADN de los organismos recolectados o del ADN ambiental. El producto de la reacción en cadena de la polimerasa se analiza en un secuenciador de nueva generación y da lugar a una gran cantidad de secuencias de ADN.
Metagenómica	La aplicación de técnicas genómicas modernas sin necesidad de separar y cultivar en el laboratorio las especies individuales. Se utiliza sobre todo en estudios microbiológicos.
Microbiota	Organismos invisibles a simple vista, más pequeños que la meiofauna. En la práctica se definen como organismos que miden menos de 32 $\mu\text{m}$ .

Microorganismos	Entre ellos se cuentan las bacterias, las arqueas y los organismos eucariotas microscópicos.
Mínimo de oxígeno	Una capa de agua presente en todos los océanos a profundidades entre 100 y 1.000 m, causada por el hundimiento y la degradación bacteriana de la materia orgánica producida en la superficie oceánica. La escasez de oxígeno puede provocar la disolución de las partículas metálicas en suspensión. Un mínimo de oxígeno es diferente de una zona de mínimo oxígeno, que se define como una zona con muy bajo contenido de oxígeno (< 0,5 ml/l O <sub>2</sub> ) y se encuentra en regiones geográficas específicas de los océanos (por ejemplo, cubriendo la zona de fractura Clarion-Clipperton).
Montes submarinos	Accidentes topográficos aislados, generalmente de origen volcánico, con una altura significativa por encima del fondo marino.
Necton	Peces, calamares, crustáceos y mamíferos marinos que son nadadores activos en mar abierto.
PCR	Reacción en cadena de la polimerasa: un método de enriquecimiento del ADN que permite la reproducción de cantidades suficientes de moléculas que son específicas de un marcador genético para poner en práctica los enfoques de secuenciación denominados metagenómica dirigida (o metacódigo de barras genético).
Pelágico	Relativo al mar abierto.
Penacho	Una dispersión de agua de mar que contiene partículas sedimentarias densas. El penacho de perturbación del fondo marino es una corriente de agua que contiene partículas sedimentarias del fondo marino, minerales erosionados y biota bentónica reblandecida en suspensión, emana del colector de extracción debido a la alteración del fondo marino por el colector y se extiende por una zona cercana al fondo marino. El componente del penacho de perturbación del fondo marino que está más alejado del centro de este se denomina "lluvia de finos". El penacho de descarga es una corriente de agua que contiene partículas sedimentarias del fondo marino, minerales erosionados y biota bentónica reblandecida en suspensión como resultado de separar, a bordo del buque de extracción, los nódulos del agua en la que se encuentran, y que se extiende por una zona más cercana a la superficie del océano que el penacho de perturbación del fondo marino.
Perfil perpendicular	Corte vertical (que sirve de referencia para todas las mediciones y los muestreos que se harán durante el estudio) de la ruta de un buque de estudios oceanográficos que se extiende desde la superficie hasta el fondo marino y desde el punto A hasta el punto B.
pH	Medida de la acidez en función de la concentración de iones de hidrógeno.

Picnoclina	Capa de agua en que se registra un marcado gradiente de densidad en función de la profundidad. Separa las aguas superficiales, que están bien mezcladas, de las aguas densas de las profundidades marinas. La densidad del agua depende de la temperatura, la salinidad y, en menor medida, la presión.
Plancton	Organismos que van pasivamente a la deriva o nadan débilmente. Forman parte del plancton las fases larvales de los organismos bentónicos y pelágicos, el fitoplancton (en aguas superficiales), el zooplancton, las medusas, las larvas de invertebrados bentónicos y otros organismos que van a la deriva o nadan débilmente.
Pruebas de extracción	La utilización y las pruebas de un sistema de extracción plenamente integrado y funcional, incluidos los sistemas de recolección y los sistemas de descarga de agua.
Pruebas de los componentes de extracción	La utilización y las pruebas de los sistemas de los sistemas y el equipo de recuperación y las piezas de los componentes de un sistema de extracción, incluidos los colectores de los fondos oceánicos, los sistemas y el equipo de tubos verticales y los sistemas y el equipo de descarga.
Quimiosíntesis	Proceso por el que los microorganismos transforman metabólicamente el carbono inorgánico en carbono orgánico (células), utilizando la energía derivada de la oxidación de compuestos reducidos. La quimiosíntesis es la base de la red alimentaria vinculada a las chimeneas hidrotermales del fondo marino. “Quimioautotrofia” es una expresión más descriptiva y precisa para denominar el fenómeno general de la quimiosíntesis; las dos palabras se utilizan a menudo indistintamente.
Reacciones de oxidación-reducción	Una de las reacciones químicas más importantes es la de oxidación (cesión de electrones) y reducción (apropiación de electrones). La tendencia química a la oxidación (debida a las condiciones del entorno) se expresa mediante el potencial de oxidación-reducción (generalmente en mV), que puede determinarse mediante un medidor de Eh/pH. Hay una fuerte correlación entre el Eh (potencial de oxidación) y la concentración de oxígeno disuelto en el sedimento.
Secuenciación de alto rendimiento	También conocida como “secuenciación de nueva generación”. Un método para la secuenciación del ADN.
Secuenciación de nueva generación	Secuenciación de alto rendimiento: un método de secuenciación del ADN que produce grandes cantidades de datos.
Simbiosis (quimiosintéticas)	Asociaciones entre bacterias (simbiontes) y vertebrados o invertebrados (anfitriones), en las que los simbiontes son quimiosintéticos y proporcionan alimento al anfitrión. Las bacterias pueden ser endosimbióticas (aquellas que viven dentro de los tejidos del anfitrión, como los gusanos de tubo, las almejas o los mejillones) o ectosimbióticas (aquellas que viven en el exterior del anfitrión, como los camarones bresilioideos o los poliquetos alvinélidos).

Subhábitat	Componente visualmente reconocible de un hábitat mayor (por ejemplo, los lechos de gusanos de tubo y mejillones pueden ser subhábitats de un campo activo concreto de sulfuros polimetálicos); término operativo que facilita la comprensión del hábitat en su conjunto.
Sulfuros activos	Sulfuros polimetálicos a través de los cuales fluye agua templada o caliente. Los sulfuros activos (también denominados chimeneas hidrotermales) transportan compuestos reducidos (por ejemplo, los sulfuros) a la interfaz entre el fondo marino y el agua del mar, donde pueden ser oxidados o metabolizados autotróficamente de otra forma por microorganismos simbióticos o autónomos.
Sulfuros inactivos (o latentes)	Sulfuros polimetálicos por los que ya no fluye agua templada hacia el agua del mar que los cubre (es decir, están “fríos”). La perturbación de estos sulfuros puede dar lugar a la renovación de los flujos hidrotermales hacia la columna de agua, por la conversión de sulfuros inactivos en sulfuros activos (de ahí el concepto de sulfuros “latentes”).
Sulfuros polimetálicos	Yacimientos de minerales sulfurosos y demás recursos minerales unidos a ellos en la Zona, formados por acción hidrotermal y que contienen concentraciones de metales, como cobre, plomo, zinc, oro y plata.
Sustratos duros	Afloramientos en forma de concreciones de carbonatos, materia sólida, rocas corticales o yacimientos de minerales, metales y materiales precipitados, descargados desde el subsuelo por sistemas hidrotermales.
Taxonomía	Clasificación ordenada de los animales o las plantas según sus relaciones naturales hipotéticas.
Termoclina	Capa de agua en que se registra una rápida variación de la temperatura en función de la profundidad.
Zona de referencia para la preservación	En relación con la exploración, se establece una zona de referencia para la preservación como parte de las pruebas de extracción. La zona seleccionada deberá ser comparable a la de las pruebas de extracción. La zona de referencia para la preservación deberá estar en un lugar elegido cuidadosamente y ser lo suficientemente grande como para no verse afectada por las pruebas de extracción, incluidos los efectos de los penachos de descarga y de perturbación del fondo marino. En relación con las pruebas de extracción, la zona de referencia para la preservación deberá ubicarse dentro de la zona del contratista, si es posible. El objetivo de esta zona es funcionar como zona de control.
Zona eufótica	Sección superior del océano que recibe suficiente luz para la fotosíntesis. En aguas marinas claras, la zona eufótica puede extenderse hasta una profundidad de 150 m como máximo.

---

Zonas de referencia para los efectos	Las zonas utilizadas para evaluar el efecto en el medio marino de las pruebas de extracción en la Zona. La zona de referencia para los efectos deberá encontrarse dentro de la zona del contratista.
Zooplankton o plancton animal	A diferencia de los organismos del fitoplancton, los del zooplankton no producen sustancias orgánicas por sí mismos y, por tanto, se alimentan de otros organismos.

## Anexo III

### **Modelo de declaración de impacto ambiental para informar sobre una evaluación de impacto ambiental realizada durante la exploración**

El propósito de la declaración de impacto ambiental es documentar y comunicar los resultados del proceso de evaluación del impacto ambiental. La evaluación del impacto deberá adecuarse a la naturaleza y el alcance de la actividad que se esté considerando. En la declaración de impacto ambiental se documentan los parámetros del proyecto y la forma en que se ha realizado la evaluación ambiental, incluidos el impacto previsto del proyecto, las medidas de mitigación propuestas, la importancia de los efectos residuales y las incertidumbres que afectan a las predicciones y la forma de afrontarlas, así como las preocupaciones planteadas en las consultas y la forma en que se han resuelto. El contratista deberá utilizar los principales encabezamientos que se indican a continuación, en función de la actividad de que se trate, e introducir subtítulos o divisiones de texto a fin de presentar la información de manera lógica y coherente.

#### **Modelo**

##### Resumen analítico

1. Introducción
  2. Contexto de políticas, jurídico y administrativo
  3. Descripción de las actividades propuestas
  4. Descripción del entorno fisicoquímico existente
  5. Descripción del entorno biológico existente
  6. Evaluación del impacto sobre el entorno fisicoquímico y propuestas de mitigación
  7. Evaluación del impacto sobre el entorno biológico y propuestas de mitigación
  8. Sucesos accidentales y peligros naturales
  9. Gestión ambiental, vigilancia y presentación de informes
  10. Consulta
  11. Glosario y abreviaciones
  12. Equipo de estudio
  13. Referencias
  14. Apéndices
-