

COMISION PREPARATORIA DE LA AUTORIDAD
INTERNACIONAL DE LOS FONDOS MARINOS
Y DEL TRIBUNAL INTERNACIONAL DEL
DERECHO DEL MAR
Comisión Especial 2
Séptimo período de sesiones
Kingston, 27 de febrero a 23 de marzo de 1989

EXPLORACION DE LOS NODULOS POLIMETALICOS EN
LOS FONDOS OCEANICOS

Documento de trabajo de la Secretaría

INDICE

	<u>Párrafos</u>	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1 - 11	2
II. LA ETAPA DE PROSPECCION (LOGROS Y PROBLEMAS SIN RESOLVER)	12	5
a. Trabajos de reconocimiento	13 - 20	5
b. Cartografía de los fondos oceánicos mediante batfmetro	21	8
c. Técnicas geofísicas de cartografía	22 - 30	9
d. Muestreo y caracterización geoquímica	31 - 33	11
e. Calidad de los datos	34	12
f. Evaluación de los datos e interpretación de los estudios	35 - 36	13
III. RECONOCIMIENTO DETALLADO DE AREAS FAVORABLES	37 - 50	13
a. Características de un plan de exploración	43 - 45	15
b. Areas reservadas	46 - 50	16

I. Introducción

1. Este documento fue preparado a solicitud de la Comisión Especial 2 como ayuda a sus primeros debates sobre la aplicación del párrafo 12 a) de la resolución II con respecto a la exploración (véase LOS/PCN/L.65, párr. 29). En cuanto a las cuestiones que deben tratarse antes de que pueda determinarse la viabilidad comercial, este documento se basa en otros anteriores de la Comisión Preparatoria relativos a la exploración, entre ellos el LOS/PCN/L.1 (Primeras actividades conducentes a la determinación de la viabilidad técnica y económica de la explotación de los nódulos polimetálicos) el LOS/PCN/L.56 (Estado actual de la tecnología de exploración y explotación minera de los fondos abisales) y los documentos de trabajo relativos a capacitación (LOS/PCN/SCN.2/WP.9/Add.1, 11 y 13).
2. La extracción de minerales de los fondos oceánicos profundos es una industria incipiente que, para ser reconocida como tal, necesita transformar en fuente de obtención de metal un tipo único de formación mineral que se encuentra en un medio ambiente relativamente desconocido. El término "mineral" tiene varias connotaciones. Utilizado por un mineralogista, puede referirse a una sustancia de formación natural, sólida e inorgánica que puede describirse mediante una fórmula química. Según la definición de los economistas de minas, puede referirse a un producto comercial derivado de una sustancia de formación natural, no viviente, orgánica o inorgánica, sólida, líquida o gaseosa que es útil al hombre o se considera que puede serlo.
3. Un aspecto importante del concepto de recursos minerales es la utilización que se considere puede hacerse de un mineral determinado. Por lo tanto, las estimaciones de los recursos no representan cantidades determinadas de manera permanente; pueden cambiar a lo largo del tiempo a medida que se descubren usos para sustancias de formación natural que antes se consideraban inservibles, y a medida que se elaboran tecnologías aptas para recuperar productos valiosos de yacimientos que en otros tiempos parecieron excesivamente empobrecidos, refractarios o inaccesibles y, por lo tanto, sin uso posible.
4. Una vez que se ha determinado el uso, el objetivo de una campaña de prospección (o reconocimiento) y posteriormente de exploración para una formación mineral concreta consiste en determinar la existencia de yacimientos que contengan ese mineral y la posibilidad de explotarlos. Por lo tanto, la existencia y la posibilidad de explotación son los principales atributos utilizados para clasificar el valor relativo de la utilización de los recursos minerales. La existencia es un fenómeno geológico manifestado sobre todo por la cantidad y la ley (contenido de metal). La estimación de la cantidad de metal que puede recuperarse de la extracción y la elaboración del yacimiento de mineral se obtiene especificando el volumen del mineral de roca de determinadas leyes. La posibilidad de explotación está en función de la economía (costo de la extracción, ingresos obtenidos de las ventas del metal, etc.), de la tecnología y de factores institucionales (existencia de reglamentos pertinentes sobre extracción, protección ambiental, etc.).

/...

5. La convergencia de estas propiedades y el grado de certeza que se les puede atribuir lleva a la clasificación utilizada por los economistas de minas para dividir los minerales en distintas categorías. En uno de los extremos de la clasificación se encuentra una formación mineral o yacimientos cuya existencia se conoce, pero que no tiene perspectivas de explotación a mediano plazo. En el otro extremo se encuentra una reserva mineral o yacimientos que pueden explotarse y producir beneficios en las condiciones económicas, sociales y políticas existentes. El término recurso cubre todo el espectro y, por lo tanto, incluye categorías y reservas subeconómicas y sin descubrir. El término subeconómico incluye todas las permutaciones y combinaciones posibles de tecnología inadecuada, costos de producción no competitivos y, precios bajos de metales. Por lo tanto, un recurso deja de ser clasificado como subeconómico cuando:

- i) Se ha experimentado la tecnología para explotarlo:
- ii) Los costos de producción son competitivos; y,
- iii) Las perspectivas comerciales del metal son favorables.

6. La existencia de nódulos polimetálicos se descubrió en 1873 durante el viaje de H. M. S. Challenger. En el decenio de 1970 se marcaron importantísimos hitos en el entendimiento de estos yacimientos y la posibilidad de explotarlos como resultado de la labor de reconocimiento ambiental a gran escala relativa a los yacimientos de nódulos polimetálicos del Océano Pacífico, con frecuencia en forma de actividad de cooperación internacional, dado lo elevado de los costos que esas actividades entrañaban. En esa misma época se estableció el Decenio Internacional de la Exploración de los Océanos. A estas actividades contribuyeron los Estados Unidos (mediante la National Science Foundation y otras organizaciones con base en los Estados Unidos), Francia (por conducto del Centre National pour l' Exploration des Océans), la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (mediante el Instituto de Oceanología P. P. Shirshov), el Japón (por conducto del Geological Survey of Japan), Nueva Zelandia (a través de su Instituto de Oceanografía) y la República Federal de Alemania (por medio del Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).

7. Como resultado de estas actividades se prepararon numerosos informes y documentos científicos, y cada vez fueron más los trabajos detallados de investigación que se concentraron en los yacimientos del cinturón de nódulos polimetálicos del Pacífico ecuatorial. Mientras se estudiaban las técnicas de extracción y elaboración de estos yacimientos, se ensayaron e investigaron a pequeña escala sistemas de extracción de nódulos polimetálicos en forma de dispositivos de levantamiento hidráulico.

8. Como resultado de estos esfuerzos, los primeros inversionistas inscritos así como los solicitantes potenciales a la Comisión Preparatoria de la incipiente industria de extracción de nódulos polimetálicos de los fondos abisales se encuentran en la actualidad en una etapa en la que ya han evaluado grandes zonas de los fondos abisales (en particular la zona Clarion-Clipperton en el Pacífico y la cuenca central del Océano Índico),

/...

han llevado a cabo muchos de los trabajos de ingeniería general y diseño necesarios para explorar y extraer nódulos de los fondos oceánicos y han establecido algunos de los procedimientos fundamentales del proceso metalúrgico necesarios para transformar los nódulos polimetálicos en los cuatro principales metales de interés económico (níquel, cobalto, cobre y manganeso) 1/. Estos esfuerzos, que han culminado en la inscripción de yacimientos de la zona Clarion-Clipperton en el Pacífico y de la cuenca central del Océano Índico, han elevado la categoría de los yacimientos existentes en estas zonas, convirtiéndolos en recursos subeconómicos identificados.

9. Esta clasificación subraya la función de la exploración (por la cual un primer inversionista inscrito adquiere derechos exclusivos mediante la inscripción de un sitio minero), que consiste en confirmar que un macizo mineral es un yacimiento interesante desde el punto de vista económico. En tal caso, esto significará que habrá que hacer:

a) Una evaluación regional detallada de los sitios mineros reivindicados (asignados y reservados) para seleccionar las mejores áreas de posible producción comercial del mineral y llegar a una mejor comprensión de los factores que controlan la génesis de los nódulos polimetálicos:

b) Una evaluación detallada de las áreas - objetivo dentro del sitio minero reivindicado, que consistiría en la caracterización y modelación del yacimiento y de la variabilidad del terreno a fin de diseñar el vehículo de extracción; y

c) Un muestreo detallado tridimensional y una evaluación preliminar, lo que llevaría a la delimitación y selección de los sitios mineros donde se iniciaría la extracción sobre la base de estudios detallados.

10. La selección de las mejores zonas de explotación se basará, entre otras cosas, en mapas topográficos del yacimiento, en los parámetros del terreno y en combinaciones de estos dos parámetros. Aunque estos mapas se construirán con enfoques estándar de topografía, también se utilizarán técnicas geoestadísticas y análisis de tendencias más complicados. El enfoque será iterativo en el sentido en que a medida que se entiende la variabilidad de los parámetros críticos, esta información se utilizará para planificar modelos agrimensurales más eficaces para la reunión de cada tipo de datos. Los estudios de correlación entre parámetros también permitirán utilizar en mayor medida las técnicas de teleobservación. Sin embargo, para perfeccionar la comprensión que actualmente se tiene de estas correlaciones, siguen necesitándose estudios de la línea de base con muestreos intensivos.

1/ Todo esto se expone de manera más detallada en the United Nations Sea-Bed Mineral series, Vol. 1 - Assessment of Manganese Nodule Resources (1982), Vol. 2 - Analysis of Exploration and Mining Technology for Manganese Nodules (1984) and Vol. 3 - Analysis of Processing Technology for Manganese Nodules (1984) (London, Graham and Trotman),

11. El objetivo de este informe es examinar la situación actual de esta incipiente industria con respecto a la etapa de exploración de zonas asignadas y reservadas y presentar un resumen de las actividades que se necesita realizar para determinar dónde se encuentran los yacimientos de nódulos polimetálicos en los fondos abisales en forma de reservas. ¿Indica la concesión de una licencia de derechos exclusivos para emprender la exploración de una zona determinada que en este momento se dispone de zonas-objetivo rentables? Lo que se ha escrito sobre el tema parece indicar que esta industria incipiente se encuentra todavía en una etapa de prospección/reconocimiento. En efecto, todavía no ha pasado de identificar regiones prometedoras, de modo que la próxima etapa debe consistir en definir las zonas-objetivo con posibilidades económicas y empezar a delimitarlas.

II. La etapa de prospección (logros y problemas sin resolver)

12. La prospección o el reconocimiento, en un programa de extracción de nódulos polimetálicos, es la operación que se lleva a cabo con objeto de trazar mapas cartográficos, tomar muestras de materiales encontrados en los fondos y en los subfondos, tomar medidas geofísicas o geoquímicas o desempeñar actividades comparables de manera que no se altere demasiado la superficie o la subsuperficie de los fondos oceánicos. En general, las actividades de prospección se llevan a cabo antes de la concesión de derechos exclusivos para explorar y explotar un sitio minero reivindicado concreto. Por su carácter, la prospección requiere libertad para explorar en cualquier lugar donde pudieran formarse minerales, flexibilidad para aplicar conceptos y métodos innovadores y rapidez de reacción ante nuevos conocimientos. El objetivo último de la prospección es identificar regiones y zonas-objetivo prometedoras, con potencial económico. Por el mismo hecho de que se trata de una esfera sin experimentar, la extracción de nódulos polimetálicos de los fondos abisales crea un enigma.

a. Trabajos de reconocimiento

13. El nivel de los conocimientos relativos a los fondos abisales, en particular en cuanto a sus recursos y condiciones ambientales, es minúsculo. Dado que las zonas todavía no exploradas de los fondos oceánicos son vastas y mucho más extensas que cualquier proyecto de exploración mineral terrestre, la exploración mineral en los océanos depende sobre todo del levantamiento de mapas cartográficos de los fondos oceánicos. Todavía no se han levantado mapas cartográficos de la mayor parte de los fondos oceánicos a una escala suficientemente refinada como para permitir que se lleven a cabo de manera eficaz los trabajos de exploración mineral marina. Esto se debe a los sistemas de onda acústica de pequeña velocidad y vía única que se utilizaban en el decenio de 1970. Teniendo en cuenta el costo de operar un barco, se entiende que el levantamiento de mapas batimétricos detallados de grandes zonas de los fondos abisales se considerara una especie de lujo y por lo tanto, de muy pocas zonas de los fondos oceánicos se han trazado mapas a escala apropiada, es decir con un intervalo de líneas topográfica de 100 m.

/...

14. Para mostrar el proceso típico que han seguido todos los primeros inversionistas inscritos, tomaremos a los franceses como ejemplo. En su descripción de las vastas operaciones de cuadrícula para los muestreos y las agrimensuras que se emplearon durante el programa de prospección llevado a cabo por AFERNOD (Association Française d'Etudes et de Recherche des Nodules) en el decenio de 1970, que posteriormente llevaron a la inscripción de un área de primeras actividades de 75.000 kilómetros cuadrados en la zona Clarion-Clipperton para el Gobierno de la República de Francia, H. Bastien-Thiry dice lo siguiente:

"La distancia entre localizaciones adyacentes, es decir, la longitud de cada lado del cuadrado que sirvió como unidad era de 50 millas náuticas (93 km). Esta medida se eligió sobre la base de los resultados de un primer estudio geoestadístico realizado mediante el recurso al método del variograma. Por los resultados a que llegamos en aquella ocasión, además de la información encontrada en los escritos pertinentes, llegamos a la conclusión de que, en una distancia de alrededor de 100 kilómetros, la ley de los nódulos permanecía relativamente constante (por ejemplo, las pruebas de las muestras correspondientes a dos localizaciones adyacentes investigadas por este sistema, dan los mismos valores de cobre, níquel y cobalto), y todo parecía indicar que esa medida seguiría siendo la misma a lo largo de todo el contorno desde una localización hasta la siguiente. En cada una de las localizaciones llevamos a cabo dos tipos de trabajo: mediciones precisas; y determinaciones más cualitativas, por falta de equipo capaz de obtener cifras muy exactas. Las mediciones precisas consisten sobre todo en mediciones para clasificar el mineral del nódulo, es decir, su contenido en cuanto a elementos económicamente interesantes y su abundancia en los fondos abisales; además, las mediciones batimétricas realizadas durante estos cruceros nos permitieron determinar el promedio de la profundidad de las aguas en las zonas exploradas; por último, se hicieron algunas mediciones sistemáticas para definir el "medio ambiente" del nódulo. Las mediciones cualitativas permiten evaluar de manera aproximada el relieve bajo las aguas (aproximada porque la sonda acústica de superficie no tenía mucho poder de resolución en profundidades acústicas de 5.000 metros) 2/."

15. Al resumir los resultados de sus trabajos con este sistema de cuadrícula, el Sr. Bastien-Thiry señaló que por las mediciones obtenidas con respecto a la ley y la concentración del nódulo en 300 localizaciones distintas, la expedición evaluó el tonelaje total de los metales recuperables en una zona de 2,2 millones de kilómetros cuadrados y seleccionó, dentro de esta zona, el sector que parecía más favorable para seguir llevando a cabo trabajos.

2/ En Manganese Nodules: Dimensions and Perspectives, capítulo 2 - Sampling and Surveying Techniques by Hubert Bastien-Thiry. Preparado por la United Nations Ocean Economics and Technology Office, 1979, publicado por D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.

16. En cuanto al valor de sus estimaciones, el Sr. Bastien-Thiry dijo lo siguiente:

"Deben tenerse en cuenta dos factores: 1) la exactitud de los parámetros básicos, en particular por lo que se refiere a la concentración de nódulos en los fondos oceánicos; y 2) el carácter representativo de todo el conglomerado de mediciones con respecto a la totalidad de la zona considerada.

En cuanto a la exactitud de la concentración medida, cabe recordar las consideraciones expuestas antes en cuanto a los métodos empleados para calcular este parámetro. Sabemos que pese a todas las precauciones y a todo el cuidado que se ha puesto, en el análisis definitivo la cifra relativa a la concentración del nódulo puede rebajarse hasta en un 50%.

Por lo que se refiere a la representatividad de las mediciones, se hicieron 2.000 mediciones. Cada una de ellas cubrió aproximadamente 1 m². Por lo tanto, hemos trabajado en una superficie de 2×10^{-3} km. En otras palabras, el área total de la región examinada es 10⁹ (1.000 millones de veces) más grande que el área medida. Esta proporción, naturalmente, es sobrecogedora 3/."

17. El Sr. Bastien-Thiry concluyó su informe manifestando lo siguiente:

"Del conjunto de los datos experimentales obtenidos a partir de áreas pequeñas, extrapolamos la totalidad del macizo de mineral potencial, sin por ello perder de vista la falta de exactitud que entraña una evaluación tan ambiciosa. Nos damos cuenta de que será necesario elaborar técnicas de observación y medición más complicadas que las que utilizamos en los trabajos realizados hasta la fecha. Concluiré con esta importante observación: el principal objetivo de nuestros trabajos de exploración no era determinar el número real de sitios mineros que reúnen las características requeridas, sino elegir, mediante mediciones comparativas, el sector de la zona investigada que forma el macizo de mineral potencialmente más atractivo. Creemos que hemos logrado esto pese a que todavía queda mucho por hacer antes de que esta área pueda ser considerada un verdadero yacimiento de níquel, cobre, cobalto y manganeso 4/."

Notas: La concentración de nódulos es una medida del peso del nódulo por área tomada como unidad.

3/ Manganese Nodules: Dimensions and Perspectives, op cit,

4/ Manganese Nodules: Dimensions and Perspectives, op. cit.

/...

18. Una vez más, en la siguiente solicitud francesa, se proporcionaron datos de 122 localizaciones en un área de 230.440 km² 5/. Cada una de las localizaciones fue descrita como un racimo de 1 a 7 estaciones (4 como promedio) en las que se tomaron fotografías de los fondos y de muestras de nódulos. En la región occidental del área reivindicada, la distancia entre las localizaciones variaba de 20 a 60 km, mientras que en la región central del área sujeta a solicitud variaba de 10 a 30 km 6/. El área total de la región considerada es de 4×10^{10} (6 40 miles de millones) de veces más grande que el área cartografiada. Es evidente que esta proporción es excesiva y habría de ser reducida en varios órdenes de magnitud para considerar fiables los resultados.

19. En efecto, el área general de interés fue perfilada en una etapa previa y no cambió.

20. En esta siguiente etapa, para mejorar la cantidad y la densidad espacial de los datos a fin de reducir el riesgo con respecto a, entre otras cosas, los conocimientos relativos a la distribución de la ley de los nódulos, la abundancia de nódulos y la topografía del área, incluidos los obstáculos que contiene, se ha indicado que pueden seguirse dos métodos simultáneamente, el desarrollo de métodos visuales para "ver" los nódulos de manera más clara, y la elaboración de modelos estadísticos, geológicos y geomorfológicos apropiados para determinar progresivamente similitudes en las áreas 7/.

b. Cartografía de los fondos oceánicos mediante batímetro 8/

21. Durante el pasado decenio se ha avanzado considerablemente, aunque no lo suficiente, con respecto a la cartografía de los fondos oceánicos. En la actualidad, el mercado ofrece numerosos sistemas de ecosonido puestos a punto por la marina de los Estados Unidos. Estos sistemas, pese a ser muy costosos, ya han sido instalados en algunos de los buques de investigación. Los sistemas generan continuamente mapas topográficos siguiendo la ruta del buque y son eficacísimos en las aguas profundas. La principal razón de esto es que, debido a la instalación de la serie de sondas acústicas alrededor de los barcos, el ancho de la zona cartografiada es del 75% de la profundidad de las aguas; es decir, a una profundidad de 2.000 metros, la zona cartografiada de los suelos oceánicos tendría 1.500 metros de ancho. En un sistema de este tipo puede trazarse con precisión al relieve topográfico de alrededor de 10 metros.

5/ Boletín del Derecho del Mar; número extraordinario II. Inscripción de primeros inversionistas en la Zona Internacional de los Fondos Marinos de conformidad con la resolución II de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. Abril 1988, Oficina de Asuntos Oceánicos y del Derecho del Mar de las Naciones Unidas.

6/ Boletín del Derecho del Mar; número extraordinario II. Op. cit.

7/ Jean-Pierre Lenoble. Preliminary Exchange of views on exploration under resolution II, párr. 12.

8/ Kussendorf, H. "Proposed Marine Mineral Exploration Strategies for the Nineties". Marine Mining Vol. , 1988.

c. Técnicas geofísicas de cartografía 9/

22. Las técnicas geofísicas marinas que, naturalmente, incluyen las técnicas mencionadas antes (sistemas de onda acústica), comprenden principalmente otras mediciones acústicas, sísmicas, de gravedad y magnéticas. Debido al elevado costo por hora de poner en funcionamiento un barco, es importante disponer de plataformas remolcadas, con series de instrumentos geofísicos. Estos instrumentos suelen ser ópticos y adoptan la forma de cámaras subacuáticas (video) y sistemas de ultrasonido por radar o perfiladores para los subfondos. En todos los casos, en estas mediciones se pretende cubrir grandes zonas a fin de poder reducir considerablemente las distancias entre los perfiladores. Aunque ya se han comercializado algunos sistemas integrados, se requieren nuevos avances tecnológicos para estimular la explotación.

23. Los instrumentos geofísicos para inspeccionar los fondos oceánicos profundos se describieron recientemente a partir del ejemplo del sistema de plataformas de remolque profundo, un vehículo de remolque que circula próximo al fondo 10/. Las técnicas utilizadas tradicionalmente por esos vehículos o plataformas submarinas de remolque son aparatos de ultrasonido de enfoque lateral, perfiladores del subsuelo, magnetómetros, cámaras de televisión y aparatos clásicos para medir las propiedades físicas de las aguas marinas. En la actualidad, se han aplicado a los mares varios sistemas. Sin embargo, la aplicación y el desarrollo adecuados de esos aparatos se basan en la utilización de un sistema de navegación preciso, ya sea en forma de sistema general de determinación de posición o en forma de sistemas de radiofaros de respuesta en el sitio minero. En 1988, el sistema general de determinación de posición todavía no cubría suficientemente por satélite algunas zonas de los océanos, por ejemplo la zona meridional del Océano Indico.

24. Por lo que respecta a los avances mundiales, merece la pena señalar tres proyectos de los Estados Unidos: la configuración RUM III de Scripps; la configuración Argo-Jason de Woods Hole; y la construcción de un sistema más avanzado de remolque profundo en Scripps.

El sistema de configuración RUM III emplea un vehículo que se arrastra por los fondos marinos para hacer mediciones y tomar muestras directamente en los fondos marinos. La configuración Argo-Jason de Woods Hole aplica un sistema de multidetector (Argo) con un vehículo de operación remota (Jason) para inspeccionar de cerca los fondos marinos. También son importantes los avances conseguidos en cuanto al trazado de los fondos oceánicos mediante la aplicación de sistemas de láser 11/.

9/ Kunzendorf, H. "Proposed Marine Mineral Exploration Strategies for the Nineties". Op. cit.

10/ Speiss, F.N. 1987. Deep-Ocean near-bottom Surveying Techniques: En P. G. Teleki y otros, eds. Marine Minerals: Advances in Research and Resource Assessment. Reidel, pp 259-275.

11/ Dixon, T.H., T. J. Pivrotto, R. F. Chapman and R. C. Tyce. 1983. A range-gated laser system for ocean floor imaging. MTS Journal 17, 3:5-12.

25. En cuanto a las investigaciones europeas sobre exploración geofísica marina, el British Institute of Oceanographic Sciences (IOS) ha puesto a punto un sistema muy utilizado llamado GLORIA. Otros sistemas que merece la pena mencionar son el sistema alemán de exploración de gran velocidad (HSES) y el sistema francés SAR. El sistema GLORIA (Geological long-range inclined Asdic) es en lo fundamental un sistema de cartografía de remolque por sonda de ultrasonido lateral que puede aplicarse en las zonas de plataformas y en las aguas profundas. A una profundidad de alrededor de 500 m, puede trazarse por este sistema de ultrasonido el mapa de una zona de 60 km de ancho. Para corregir los datos han de utilizarse técnicas avanzadas de interpretación basadas en computadores (variaciones de distribuciones y contraste). Siendo como es un sistema de radar lateral, GLORIA obtiene sus mejores resultados en la cartografía de obstáculos de los fondos oceánicos, ya que pone en evidencia características tectónicas y estructuras defectuosas. El sistema se ha utilizado con éxito en la costa occidental de los Estados Unidos.

26. Los adelantos franceses se limitan claramente a vehículos tripulados y no tripulados para inspeccionar los fondos marinos. Se obtuvieron resultados espectaculares con el sistema tripulado sumergible CYANA, con un ámbito de profundidad de 3.000 m. Una nueva construcción, el submarino NAUTILE, opera al doble de profundidad y puede cargar hasta 200 kilogramos de muestras. Se ha aplicado recientemente en las investigaciones realizadas sobre el naufragio del Titanic. En razón de su peso relativamente ligero, este vehículo también puede ser operado desde un barco con desplazamiento normal. También se está construyendo un sistema no tripulado (Epaulard). En el Japón y Finlandia están realizándose trabajos parecidos sobre submarinos capaces de operar a profundidades de hasta 6.000 m.

27. El sistema francés de remolque SAR, creado recientemente, también puede operar a 6.000 m de profundidad. Consiste en un sistema de ultrasonido por radar lateral, un perfilador del subsuelo y varios otros sensores submarinos. El sistema incluye una serie de informática interactiva para manipular los datos.

28. Las actividades alemanas se orientan hacia la construcción de plataformas integradas de observación (OFOS, sistema de observación de los fondos oceánicos). Los sistemas de cámara de vídeo y las técnicas fotográficas se combinan con un sistema moderno de telemetría que permita la inspección visual programada de los fondos oceánicos.

29. Los instrumentos de prospección de los japoneses consisten en instrumentos para obtener muestras de los fondos y en instrumentos visuales y acústicos. Los instrumentos para tomar muestras comprenden un garfio de caída libre, un despepitador de azadón, un garfio oceánico, un despepitador de pistón, un despepitador de caída libre, una draga de gangilones, y un garfio eléctrico con un sistema de televisión de color. Por último, entre los aparatos acústicos figuran una pistola de aire, un delineador del subsuelo, registradores de profundidades de precisión, un sistema de exploración de multifrecuencia por acústica y una sonda de ultrasonidos por radar 12/.

12/ K. Shuto, Exploration Technology for the Deep Sea-Bed, Preliminary exchange of views on exploration under Resolution II, párrafo 12, 30 de agosto de 1988.

30. Teniendo en cuenta las ventajas de las cámaras de televisión subacuáticas, en particular para tomar fotografías en cadena e instantáneas, en el sistema japonés se ha sustituido el sistema convencional coaxial de dos cables por un sistema de remolque submarino coaxial de fibra óptica compuesta. El cable contiene dos fibras ópticas, y tiene 12.000 m de longitud, lo que permite la recepción de imágenes claras de los fondos marinos de manera constante. Una vez acabado, el sistema de elaboración de datos de exploración de multifrecuencia de los japoneses consistía en:

- i) una zona interfacial con instrumentos acústicos de sonido;
- ii) una unidad análoga de elaboración de señales;
- iii) una unidad digital de elaboración de señales; y
- iv) una unidad de exposición.

d. Muestreo y caracterización geoquímica 13/

31. A veces se aplican técnicas geoquímicas durante los trabajos de exploración geofísica. Según la profundidad del agua, los trabajos geoquímicos comprenden actividades de muestreo, análisis químico e interpretación geoquímica.

32. La toma de muestras se realiza desde el buque mediante artefactos de muestreo de caída libre o equipo para obtener muestras montado por cable. Gran parte de este equipo se ha utilizado a lo largo de los años en los trabajos oceanográficos corrientes, y se ha descrito en numerosas obras 14/. En los trabajos de exploración, el muestreo debe llevarse a cabo de manera más sistemática. Por ejemplo, la obtención de muestras en los campos de nódulos polimetálicos requiere la utilización de aparatos tales como ganchos de caída libre para determinar la ley de los nódulos y su densidad de superficie.

33. Los análisis químicos de las muestras obtenidas se realizan directamente a bordo del buque o en un laboratorio en tierra firme. Algunos buques de investigación que realizan trabajos de exploración de minerales marinos han instalado instrumentos fluorescentes de rayos X a modo de instrumento analítico estándar, pero muchos de los grupos de exploración que flotan estos barcos utilizan su propio equipo, basado en procedimientos químicos, más o menos avanzados. El equipo fluorescente de rayos X se adapta bien al análisis de los sedimentos y de los nódulos polimetálicos, y este método se ha utilizado de manera extensiva en la caracterización geoquímica de los nódulos polimetálicos ecuatoriales del Pacífico septentrional 15/.

13/ Kunzendorf, H. Proposed Marine Mineral Exploration Strategies for the Nineties. Op. cit.

14/ Kunzendorf, H., ed. 1986. Marine Mineral Exploration. Elsevier, 300p.

15/ Friedrich, G., W. L. Plüger and H. Kunzendorf, 1974. Shinborne geochemical investigations of deep sea manganese nodule deposits in the Pacific using a radioisotope energy-dispersive X-ray System. J. Geochen Explor. 3:303-317.

e. Calidad de los datos

34. La calidad de los datos ha dado motivos de preocupación desde hace tiempo. En 1979, Jane Frazer resumió muy bien los problemas relativos a la calidad 16/. Para mejorar la calidad de los datos sobre concentraciones de elementos en los nódulos de manganeso, entre otras cosas se ha recomendado que

- i) Los resultados serían más coherentes (aunque no necesariamente más acertados) si un solo investigador analizara todas las muestras. Esto es imposible, y es probable que tampoco convenga hacerlo. Es necesario que algunas personas estudien los nódulos para que otras muchas puedan evaluar los resultados analíticos. Lo que debe preocuparnos es que el análisis sea aceptable y preciso. La coherencia entre los análisis realizados por diferentes científicos recurriendo a diferentes métodos puede mejorarse considerablemente si se aumenta el intercambio de las muestras y los modelos entre el mayor número posible de investigadores. Si diferentes análisis llegan a resultados muy distintos a partir de los mismos materiales, se requiere averiguar por qué y corregir los problemas, en vez de limitarse a murmurar sobre la calidad de los trabajos ajenos.
- ii) Se requiere una gama más amplia de normas de calibración de los nódulos de manganeso.
- iii) La mejor información para las evaluaciones económicas se obtiene analizando las muestras que representan el conjunto de nódulos en una ubicación determinada; varias muestras de un compuesto que represente con precisión los tipos de nódulos y los volúmenes encontrados en el sitio minero,
- iv) No debemos esperar que a todos los científicos les interese analizar muestras de masas representativas. De hecho, si nos limitamos a análisis de masas podemos perder pistas importantes para comprender el desarrollo de los nódulos. Sin embargo, sería muy conveniente que los científicos que eligen hacer estudios especiales de partes de los nódulos, pusieran las partes de los nódulos que no les interesan a disposición de otros investigadores para que realizaran análisis generales.
- v) Necesitamos más información que nos permita relacionar la ley de los nódulos y su concentración. De ser posible, debe facilitarse la información sobre la concentración de los nódulos conseguida al sopesar la totalidad de los nódulos extraídos en un sacamuestras o caja

16/ Frazer, J., The reliability of available data on element concentrations in sea-floor manganese nodules. In Manganese Nodules: Dimensions and Perspectives, 1979. Preparado por la Oficina de Economía y Tecnología Oceánicas de las Naciones Unidas. Reidal.

casatuestigo y acompañaría de fotografías de los fondos marinos. Las personas que extraigan nódulos para analizarlos deben esforzarse en utilizar los aparatos de muestreo que puedan dar una indicación de la concentración de nódulos.

f. Evaluación de los datos e interpretación de los estudios

35. El levantamiento de planos geoquímicos y geofísicos marinos suele llevar a la obtención de numerosos datos. Aunque algunos instrumentos de cartografía geofísica confeccionan mapas directamente a medida que avanza el buque (por ejemplo, el haz marino), los datos detallados suelen almacenarse en cintas magnéticas en el computador del buque. Esto se hace así por diversas razones. Las trayectorias de los buques suelen tener que corregirse a causa de las desviaciones producidas por errores de navegación. Un ejemplo es la disponibilidad, variable y con frecuencia intermitente, de determinaciones de posición de satélites. En algunas zonas remotas, no se dispone durante horas de datos por satélite, lo que requiere corregir con frecuencia las coordenadas y los datos batimétricos. A veces, la ubicación asignada a las estaciones de muestreo o medición ha resultado estar muy alejada del lugar previsto inicialmente. En tales casos, hay que producir mediante computador mapas batimétricos. Asimismo, cuando el estado del mar es poco favorable, hay que corregir trayectorias de buques que, según las primeras previsiones, deberían estar superpuestas, establecer desviaciones y, en el peor de los casos, también deben interpolarse mediante computador los datos sobre las trayectorias de los buques que registran variaciones importantes con respecto a las trayectorias previstas 17/.

36. La mayoría de los datos geológicos, geofísicos y geométricos se almacenan e interpretan mediante computadores grandes o microcomputadores. En resumen, la labor de evaluación e interpretación de los datos comienza con la construcción de bases de datos. Una vez que se ha establecido la base de datos, pueda utilizarse para interpretar los datos, por ejemplo investigando en la base de datos. A continuación, los datos se someten a un análisis estructural es decir a estadísticas estándar, estadísticas multivariantes y métodos geoestadísticos 18/.

III. Reconocimiento detallado de áreas favorables

37. Sobre la base de la información disponible acerca de la labor de evaluación de los recursos de nódulos polimetálicos de los mares profundos realizada hasta la fecha, puede decirse que los primeros inversionistas inscritos y los solicitantes potenciales han completado la primera etapa de las cuatro que componen la serie completa de exploración mineral.

17/ Kuzendorf, H., Proposed Marine Mineral Exploration in the Nineties. Op.cit.

18/ Lenoble, J.P., 1986. Data Evaluation of Exploration Surveys: In H. Kuzendorf, ed. Marine Mineral Exploration. Elsevier, pp. 157-189.

38. Se considera que las cuatro etapas de la serie completa de exploración son las siguientes:

Etapas 1 - Evaluación regional

Etapas 2 - Reconocimiento detallado de las áreas favorables

Etapas 3 - Evaluación detallada de la superficie de las áreas objeto de la exploración, y

Etapas 4 - Muestreo tridimensional detallado y evaluación preliminar.

Aun cuando se realicen en una serie continua, se pueden distinguir las cuatro etapas.

39. Los primeros inversionistas inscritos y los solicitantes potenciales han evaluado amplias áreas de los fondos marinos y han realizado una parte considerable de los trabajos generales de ingeniería y diseño necesarios para planear e iniciar la etapa de reconocimiento detallado en cualquiera de las áreas asignadas o de las áreas reservadas para la Autoridad.

40. La mayor parte de la información de que disponen consiste en datos sobre la concentración y ley de los nódulos, batimetría y geomorfología. En el caso de los cuatro sitios mineros ubicados en la zona Clarion-Clipperton 19/, se han obtenido datos de estaciones ubicadas a espacios regulares en cuadrículas de muestreo, que varían como se explica a continuación:

a) Francia

Datos sobre 122 emplazamientos ubicados en el área de la solicitud de 130.440 km². En la región occidental, la distancia entre los emplazamientos varía de 20 km a 60 km, mientras en la región central oscila entre 10 km y 30 km.

b) Japón

Datos de 559 estaciones ubicadas en el área de la solicitud de 225.000 km². La superficie media por estación es de 403 km². Las estaciones están ubicadas a espacios regulares de aproximadamente 20 km en una cuadrícula de muestreo.

19/ Comparable Information on India. Datos de 400 estaciones en el área de la solicitud de 300.000 km².

c) Unión Soviética

Datos de 1,177 emplazamientos de muestra en el área de la solicitud de 207,328 km². Los emplazamientos de muestra están ubicados a espacios regulares de 13 km en una cuadrícula de muestreo.

41. Evidentemente, en todos los casos, deberá recogerse un número mucho mayor de muestras para aumentar la extensión espacial de los datos o bien deberán elaborarse métodos visuales, conjuntamente con los modelos estadísticos y geoestadísticos apropiados.

42. Habida cuenta de que la prospección del sitio minero reservado para la Autoridad en la región central fue realizada por tres primeros inversionistas inscritos y que dicho sitio se encuentra en la misma zona geográfica para la que se ha destinado "tecnología", pero que esta tecnología aún no se ha ensayado, al área reservada se aplicarían las mismas consideraciones relativas a la labor adicional necesaria para estas áreas asignadas.

a. Características de un plan de exploración

43. Las actividades que se han de realizar como parte de un plan de exploración se basarían en la resolución de los factores aún desconocidos que pueden afectar la delimitación de los sitios mineros potenciales. Un primer factor sería comprender mejor las características de los yacimientos de nódulos en general, con especial interés en la cantidad y distribución de las fajas en que se puede extraer minerales. Otros factores que exigen estudios adicionales se refieren a la dificultad de la extracción o a la capacidad de extracción de minerales de yacimientos atractivos. Los componentes de la capacidad de extracción de minerales incluyen la morfología detallada de los fondos marinos, la distribución de los obstáculos en zonas de depósitos atractivos y las propiedades de los sedimentos de los fondos marinos que puedan afectar una operación de extracción.

44. Dado que los métodos actuales para establecer el tamaño, la concentración y la ley de los yacimientos de nódulos polimetálicos se valen del muestreo directo o de estudios realizados con remolques profundos de baja velocidad, métodos que son muy onerosos y producen datos de baja densidad o extensión espacial, las técnicas que permitan la operación a velocidad de crucero, a la vez que suministrarán datos continuos, reducirán en gran medida el costo que entraña obtener esta información. La fabricación de instrumentos de alta resolución para medir la morfología de los fondos marinos se concentrará en ensayar sistemas multifaciales de superficie y elaborar programas que a la larga produzcan mejor información sobre la capacidad de extracción de minerales.

45. Por lo tanto, en esta etapa, un plan de exploración completo constará de las siguientes actividades principales:

- 1) Estudios para perfeccionar el equipo;
- ii) Modernización de los equipos utilizados en los estudios;

/...

- iii) Modernización del barco utilizado en los estudios;
- iv) Operaciones relacionadas con los estudios; y
- v) Análisis de los datos y de los minerales.

b. Áreas reservadas

46. En general, un área reservada tendría las mismas características en lo que respecta a la cantidad y al grado de confiabilidad de los datos que un área de primeras actividades. En consecuencia, un plan destinado al reconocimiento detallado de cualquiera de estas áreas deberá incluir estudios para mejorar la cantidad y confiabilidad de los datos. Dado que el propio carácter de la exploración entraña factores desconocidos y que, pese a que se hacen esfuerzos por prevenir imponderables, el especialista en exploración debe afrontar circunstancias naturales que son altamente imprevisibles, los planes y la elección de los métodos deben examinarse continuamente a medida que se obtienen los nuevos resultados. Si los resultados de esta etapa preliminar indican que se justifica una evaluación detallada de las áreas objeto de exploración, luego puede formularse otro plan que incluya esta etapa y, si resulta aconsejable, puede ejecutarse.

47. Es escasa la información disponible para que los yacimientos de nódulos polimetálicos pasen de su actual condición de recursos subeconómicos identificados a reservas. Al mismo tiempo, las proyecciones actuales para los metales que han de obtenerse de la extracción en los fondos marinos, la necesidad de desarrollar más la tecnología necesaria para "todas las fases" de la exploración y la condición de que todas las medidas sean eficaces en cuanto a los costos indican que la única opción viable sería concentrar los esfuerzos de exploración, en la medida de lo posible, en hacer participar a cuantos primeros inversionistas inscritos convenga y conjugar estos esfuerzos con un programa especializado de capacitación. La importancia de introducir un componente de capacitación en los planes de exploración con arreglo a la resolución II se examinó en documentos de trabajo anteriores (por ejemplo, LOS/PCN/SCN.2/WP.11, párrafos 25 a 28).

48. Por mucho tiempo se supuso que un enfoque opcional respecto de la exploración de las áreas reservadas con arreglo a la resolución II debería consistir en fomentar los esfuerzos cooperativos por parte de primeros inversionistas inscritos interesados. Sigue siendo cierto que la primera operación de extracción de la Empresa es la que reviste mayor importancia.

49. En el caso particular del área reservada en la zona central del Pacífico nororiental, a la cual contribuyeron Francia, el Japón y la Unión Soviética, cualesquiera solicitudes de exploración formuladas por la Comisión Preparatoria, que incluyeran cualquier parte de esa área, serían objeto de un examen adicional 20/. Dado que, para esa área reservada en particular, existen tres series separadas de datos basadas en diferentes métodos y tecnologías de reunión de datos y en diferentes técnicas de análisis, lo primero sería producir una serie aceptable de datos a partir de la labor previa realizada por estos primeros inversionistas inscritos. Así pues, en cualquier plan de la Comisión Preparatoria que entrañe la exploración de cualquier parte de esa área reservada en particular deberá incorporarse un paso inicial o previo, además de las actividades descritas anteriormente.

50. Cabe destacar que la información obtenida y la experiencia adquirida de la exploración de un área reservada resultaría útil no sólo para la Empresa sino para la comunidad internacional en general. En este contexto, las actividades de exploración servirían de base para los futuros trabajos de exploración de nodulos polimetálicos en la Zona, con los consiguientes beneficios para la labor de los primeros inversionistas inscritos y para la de los solicitantes potenciales. En el caso de la Empresa, de incluirse también un componente de capacitación, ésta contaría con un equipo de personal capacitado en técnicas de exploración y familiarizado con las características específicas del área explorada.

20/ Las contribuciones a esta área se detallan a continuación:

- i) Francia - una superficie de 20.000 km² adyacente al área que se superpone con la de la Unión Soviética;
- ii) Japón - una superficie de 17.300 km² adyacente al área que se superpone a la de la Unión Soviética; y
- iii) Unión Soviética - una superficie de 15.000 km², de los cuales 14.549 km² serán de las áreas que se superponen con las de Francia y la del Japón y 451 km² que se obtienen de Francia.