

Distr.
RESTRINGIDA

LC/R. 2122
6 de Diciembre de 2004

ORIGINAL: ESPAÑOL

C E P A L
Comisión Económica para América Latina y el Caribe

“El impacto producido por la actividad minera en los fondos profundos oceánicos sobre los recursos genéticos y el Reglamento para la prospección y exploración de nódulos polimetálicos en la Zona” *

* El presente documento ha sido elaborado por el señor Jairo Escobar consultor de la División de Recursos Naturales e Infraestructura. Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de la exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

04-12-914

INDICE

Resumen.....	5
Introducción.....	7
I. Estudios ambientales previos sobre la minería de los fondos marinos profundos	11
II. Impactos ambientales potenciales producidos por la minería de los fondos marinos.....	17
III Impactos de la minería marina sobre el potencial biotecnológico de los fondos marinos	21
IV. Incertidumbres y vacíos en el conocimiento científico sobre los impactos ambientales producidos por la minería de los fondos marinos en el ecosistema abisal	33
V. El Reglamento para la prospección y exploración de nódulos polimetálicos en la Zona Internacional (Código Minero)	37
V. Conclusiones y recomendaciones	67
Bibliografía	73

RESUMEN

Después de un largo debate de dos años fue aprobado en el 2000, el *Reglamento para la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos en la zona internacional*, conocido como el “*Código*”. En su preparación se tuvo en cuenta los resultados de la investigación efectuada por los primeros inversionistas mineros y otros estudios relacionados. El Código aborda fundamentalmente dos temas, a saber: protección del medio marino y manejo de información confidencial.

El Código incorpora contenidos muy similares al de un estudio de impacto ambiental clásico y además establece un procedimiento que bajo el principio de precaución flexibiliza la evaluación ambiental. Este procedimiento permite a los contratistas obtener datos esenciales para establecer una línea básica de referencia para la evaluación.

Los estudios, cuentan con guías y recomendaciones para seis componentes ambientales que orientan la investigación científica, la que a diferencia de otro tipo de investigaciones está centrada en dos aspectos ambientales de la actividad minera: la alteración del fondo y la formación de nubes o penachos de sedimentos resuspendidos en la columna de agua. Se describen y examina los impactos ambientales principales incluyendo, los producidos sobre los recursos microbiológicos, que comparten los mismos sitios de interés para la minería y que tienen un alto potencial biotecnológico. Además proporciona información sobre los aspectos científicos, técnicos y ambientales del Código, y ofrece algunos ejemplos de su efecto en la comunidad internacional. Finalmente propone una metodología de espacio intermedio, para hacer una lectura integral en el plano regional de América Latina y el Caribe, de la agenda minera marina internacional.

El presente trabajo constituyó el documento central de análisis de la “Reunión de expertos para examinar los aspectos vinculados a la formulación de un borrador de código de minería para los fondos marinos: legislación, gestión y economía”, en el marco del Seminario Taller Internacional de Geología Marina y Costera, celebrado en Santa Marta, Colombia 4 al 6 de agosto de 2003.

INTRODUCCIÓN

Los recursos minerales de los fondos marinos no sólo tienen una importancia económica sino también un gran potencial biotecnológico; es decir los recursos genéticos que también se ubican en los ecosistemas abisales. En efecto, los recursos, que son objeto de bioprospección, se ubican en ecosistemas que también son de especial interés para la minería y en forma especial, los recursos de las ventanas hidrotermales ubicadas en las profundidades del lecho marino. Mientras, los recursos minerales de los fondos, cuentan con un régimen para su aprovechamiento, las actividades orientadas hacia fines comerciales que se relacionan con los recursos genéticos de los fondos marinos profundos no están previstas de un marco normativo institucionalizado. Esta coexistencia de uso de recursos ha planteado una interesante discusión en cuanto al régimen a aplicar a estos recursos no regulados, que por un lado permita el desarrollo de estos dos usos excluyentes y por otros permitan acceder a los beneficios que se derivan de su explotación en forma equitativa.

El régimen jurídico que se aplica para la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos en la zona internacional, conocido como El Código, podría ser extendido a la minería de las costras masivas ricas en cobalto, con las debidas particularidades y especificidades que derivan de las condiciones ambientales de las ventanas hidrotermales. En la actual situación jurídica el régimen ofrece un elemento a considerar en la discusión entre minería y prospección. Este documento, examina las dimensiones científica ambiental y tecnológica del Código y las recomendaciones para su aplicación. Por otra parte, identifica los aspectos más relevantes de los componentes que puedan ayudar a la explotación de otros recursos en la zona. En este aspecto, se ha tenido en cuenta principalmente el trabajo adelantado por la Comisión Científica y Técnica de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISBA). También el documento entrega un análisis conceptual de los efectos que ha tenido el Código en el desarrollo de las reglamentaciones mineras a partir de varios ejemplos.

Con el objeto de complementar esta investigación se proporciona una síntesis del desarrollo de las investigaciones científicas realizadas en la zona internacional centradas en la minería de nódulos polimetálicos y en los resultados obtenidos en ellas. También se analizan los aspectos ambientales del Código y las recomendaciones para su aplicación. Adicionalmente el documento enfatiza las especiales condiciones de los recursos genéticos de las ventanas hidrotermales y su biodiversidad, el impacto de la minería sobre esos recursos genéticos y su potencial biotecnológico, teniendo en consideración, el proceso en curso que sobre el tema lleva adelante la Secretaría de la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB), en coordinación con ISBA, Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos Marino y el Derecho del Mar (UNDOALOS), así como el seguimiento que sobre el tema ha llevado la CEPAL. Finalmente el objetivo central de este documento estará orientado a ofrecer a las autoridades de los países de América Latina y el Caribe una serie de herramientas conceptuales que les permitan: entender, participar y enfrentar las negociaciones y conflictos que se generen por los temas vinculados a la explotación minera en los fondos oceánicos y sus implicaciones en la regulación y manejo de los recursos biotecnológicos de la Zona. Para la consecución de este objetivo central, se presenta una propuesta metodológica para que las autoridades nacionales implementen el estudio, análisis y

actualizaciones de las disposiciones internacionales sobre el tema de la exploración y explotación de los recursos mineros, así como su impacto en los componentes mineros, científicos, ambientales y biotecnológicos en sus respectivas jurisdicciones.

El documento se relaciona con el área temática: Instrumentos jurídicos nacionales e internacionales vinculados a los recursos naturales e infraestructura y tiene como objetivo identificar aspectos de carácter estructural que podrían ser de interés para los países costeros de América Latina y el Caribe con el tema de la exploración y explotación de los recursos minerales de la Zona y su impacto frente al medio ambiente y sobre los recursos biotecnológicos, así como los aspectos pertinentes para el fortalecimiento de las capacidades para enfrentar el tema. Por otra parte esta investigación fue el documento que orientó la discusión de los temas tratados en el Seminario-Taller Internacional de Geología Marina y Costera, (SIGMAR 1), Santa Marta, Colombia, 4-8 de agosto 2003.

A. Antecedentes de la minería de los fondos profundos

Los nódulos polimetálicos fueron descubiertos durante la expedición del “*HMS Challenger*” en 1803, al suroeste de las islas Canarias, (Baker *et. al*, 2001). Estos nódulos se encuentran en todos los mares, especialmente en el Océano Pacífico central y oriental, en planos abisales, entre 4.500-5.500 metros de profundidad, en la zona de fractura Clarion-Clipperton y en la cuenca del Océano Índico Central, donde se localizan los yacimientos con mayor interés comercial. También se encuentran en algunos lagos profundos, véase cuadro 1.

Cuadro 1

PROMEDIO DE ABUNDANCIA DE NÓDULOS Y COSTRAS EN DIFERENTES AMBIENTES (% DE PESO)

Metales	Montes submarinos	Plateau	Crestas activas	Otras crestas	Márgenes continentales	Montañas submarinas marginales	Planos abisales
Mn	14.62	17.17	15.15	19.74	38.69	15.65	16.78
Fe	15.81	11.81	19.15	20.08	1.34	19.32	17.27
Ni	0.351	0.641	0.306	0.336	0.121	0.296	0.540
Co	1.15	0.347	0.400	0.570	0.011	0.419	0.265
Cu	0.058	0.087	0.081	0.052	0.082	0.078	0.370
Mn/Fe	0.92	1.53	0.80	0.98	28.8	0.81	0.97
Profundidad (metros)	1.872	945	2.870	1.678	3.547	1.694	4.460

Fuente: Cronan, 1977, citado por Murton et al., 2000

El potencial económico de los nódulos fue considerado en forma especial después de la publicación de “*The Mineral Resources of the Sea*” donde se señaló que la cantidad de Ni, Co, Mn, contenido en los nódulos sobrepasa enormemente las reservas de estos minerales contenidos en los yacimientos terrestres (Thiel *et al*, 1997). Desde 1960, se han reconocido los nódulos como de gran potencial para el futuro de la minería dado que representan la mayor reserva de metales del mundo. Un ejemplo que ilustra esta situación es que sólo en

la Zona de Fractura Clarion-Clipperton (ZFCC), existe más del doble de cobalto que en todas las reservas terrestres. (Markussen, 1994).

El potencial de los nódulos polimetálicos motivó a fines de la década de los años setenta, un importante movimiento de exploración de los fondos marinos. Con la caída del precio de los minerales en el mercado internacional el énfasis de las investigaciones se concentró más bien en los aspectos ambientales de la minería. El interés por la minería de los fondos marinos, se vio reflejado posteriormente en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, que establece un régimen especial para los fondos marinos, que ha venido sucesivamente progresando con el Acuerdo sobre la Parte XI, del año 1994 al igual que con otros instrumentos como el Reglamento para la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos en la Zona Internacional.

Con el descubrimiento de nuevos recursos mineros en los fondos marinos, la agenda minera marina internacional ha venido cobrando una especial importancia dentro de la comunidad internacional. El descubrimiento de bacterias quimiosintéticas que ocupan nichos especiales han resultado también de interés para la comunidad internacional, por su importante potencial biotecnológico. En consecuencia la agenda minera marina se está volviendo cada vez más polifacética.

A su vez, la tecnología para el acceso a los sitios mineros, recibió un gran impulso después de la guerra fría, ya que gran parte de la tecnología militar, fue modificada para la exploración de recursos mineros y la carrera espacial. Hoy día con la cibernética, la robótica y la tecnología de computadores hay una nueva visión sobre el futuro de la minería oceánica comercial, lo que permite afirmar que su exploración y explotación se anticipará a todo pronóstico.

Se ha estimado que el océano Pacífico colectivamente contiene 57 veces más manganeso que todas las reservas mineras en tierra, 83 veces más níquel, nueve veces más cobre y 359 veces más cobalto, (Durrant-White, 1997). La última estimación efectuada por Morgan (2000), citado por Murton *et. al.* (2000), para la ZFCC, proporciona un potencial de 34 billones de toneladas, que contienen 7.500 millones de toneladas de manganeso, 340 millones de toneladas de níquel, 265 millones de toneladas de cobre y 78 millones de toneladas de cobalto.

I. ESTUDIOS AMBIENTALES PREVIOS SOBRE LA MINERÍA DE LOS FONDOS MARINOS PROFUNDOS

Dado el potencial económico que presentan las grandes reservas de minerales que se ubican en los fondos marinos, éstas han sido objeto de diferentes investigaciones en cuatro áreas principales: evaluación y exploración, desarrollo de sistemas mineros, procesamiento de minerales y estudios ambientales. La mayoría de los estudios fueron llevados a cabo en las tres últimas décadas por grupos de investigadores de: Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Japón, Polonia y Rusia, y un grupo de seis países de Europa Oriental; además, por China, Corea del Sur e India; incluyendo la participación de varios consorcios mineros, cuyos resultados han sido aplicados tanto al mejoramiento como al diseño de una amplia y especializada variedad de equipos e instrumentos usados para la investigación científica, como para la conformación de los sistemas mineros, véase recuadro 1.

Las investigaciones, además han puesto de relieve muchos aspectos sobre las condiciones físicas, químicas, biológicas, geológicas y ambientales imperantes en el escenario minero de los fondos marinos. Los productos incluyen, entre otros: distribución de los yacimientos de minerales, génesis y mineralogía, petrográfica y sedimentología de los sustratos asociados, mapas batimétricos del piso oceánico, ecosistemas, fauna y otros. La investigación ha ayudado a identificar los probables impactos ambientales que la actividad minera de fondos profundos puede producir, y ha puesto de relieve los vacíos en el conocimiento que son necesarios de superar para que esta actividad, a escala comercial, pueda desenvolverse en forma segura, ambientalmente amigable y económicamente rentable. Los resultados de la investigación han influido también en la confección de reglamentos internacionales para el ejercicio de la minería oceánica. Algunos de estos reglamentos se resumen más adelante.

Los estudios llevados a cabo en la décadas de los años setenta. Se concentraron en los nódulos de manganeso en los océanos Pacífico e Índico. Los primeros sitios mineros fueron utilizados con el objetivo de examinar y desarrollar las técnicas para recobrar los nódulos y evaluar los impactos ambientales. Posteriormente, a causa del precio en el mercado de los metales, las áreas utilizadas para el desarrollo tecnológico fueron remplazadas para conducir experimentos a pequeña escala (estudios piloto) centrados en los aspectos ambientales, véase recuadro 2.

RELACIÓN DE CONSORCIOS MINEROS- MINERÍA DE NÓDULOS

- Kennecott Consortium (KCON), se formó en 1974, entre Noranda, Consolidated Gold Field, Mitsubishi y British Petroleum, KCON dejó en 1993 la exploración.
- Ocean Mining Associates (OMA), formada en octubre de 1974, a partir de filiales de Tenneco, US Steel, Union Minera y Jamco (5 compañías japonesas), incluye Essex Minerals Co. (filial de USX, USA), Union Seas Inc (filial americana de Union Minera, Bélgica), Sun Ocean Ventures Inc. (filial de Sun Co. USA), Samin Ocean Inc (filial de US de Ensi, Italia).
- Ocean Management Inc (OMI), establecida en 1975, originalmente por AMR, INCO, DOMCO, incluye: Arbeitsgemeinschaft, Necrestechisch Gewinnbare Rohstoffe (Alemania) (Mettallgesell Schaft AG, Presussag AG; Sulzgitte AC).
- Deep Ocean Mining Co. Ltda (DOMCO, 20 compañías japonesas), INCOL Ltda (USA-Canada), Schlumberger Technology Corporation, USA.
- Ocean Minerals Company (OMCO), formada en 1997 por Lockheed, Shell, Bus Kalls, Amoco (Standard Oil), Shell Billiton, Bod Kalls, Cyprus Minerals Co. (en sustitución de AMOCO).
- Deep Ocean Resources Development Co Ltd. (DORD), Japón Kabushiki Kaisha (filial de OMROD) reagrupa 61 organizaciones japonesas, entre ellas Metal Mining Agency (Japón), Sumitomo Metal Mining (y 4 compañías del grupo Mitsubishi), Dona Mining, Nipón Mining, Furukawa, Pacific Metals, Ebara Corporation, Kawasaki Heavy Industries (2 compañías del grupo Kawasaki) Nipón Steel Corporation, Hitashi Ziser Corp.
- The Technology Research Association of Manganese Nodule Mining System (TRA) (Japón), Es una Organización japonesa bajo el patronato de la Agencia de Ciencias Industriales de Ministerio de Tecnología. Incluye a los principales miembros de DORD, Metal Mining Agency of Japan, National Institution for Pollution and Resources, Dowa Mining Co. Ltd, Ebara Corp., Hitashi Shipbuilding and Engineering Co. Ltd., Ishikawajima- Harima Heavy Industries, Kawasaki Heavy Industries, Meidensha Electric MFG Co., Mitsubishi Heavy Industries Ltda., Mitsubishi Metal Corp, Mitsui Engineering and Shipbuilding Co., Mitui Mining and Smelting Co., Mitsui O.S.K Lines K Ltd., Nippon Electric Co. Ltd., Nippon Kokan KK, Nippon Mining Co, Pacific Metal Co., Suminoto Electric Industries, Suminoto Metal Mining Co., The Yokamsa Rubber Co. Ltd.
- Yujmorgeologiya (Rusia).
- Interocean Metal. En un consorcio que agrupa organizaciones de Bulgaria, Cuba, República Checa, Eslovaquia, Rusia y Polonia.
- COMRA (CHINA). Asociación China de investigación y desarrollo de los recursos minerales del mar En 1992 COMRA realizó actividades preliminares en la parte occidental e ZFCC.
- KADOM (Korean Association of Deep Ocean Minerals Development) (COREA). Agrupa cerca de 30 sociedades privadas y organismos gubernamentales, entre ellos Korean Ocean Research and Development Inst. Kordi. Inst. Coreano de Geología, Minería y Materiales KIGAM, Corporación Coreana para la Promoción de la Minería KMPL.
- AFERNOD (Francia) Asociación Francesa para Estudio e Investigación de los Nódulos Oceánicos En 1987 llevo a cabo actividades preliminares al norte del Océano Pacífico. Miembros IFREMER (Instituto Francés de Investigación y Exploración del Mar), CEA (Comisariato de Energía Atómica), Metalcrop SA.
- Department of Ocean Development (DOD) (INDE), Organismo hindú encargado del programa de nódulos. Inicio actividades en 1987.

Fuente; INFREMER 2001, véase sitio en Internet: <http://www.ifremer.fr/francais/>

RELACIÓN CRONOLÓGICA DE LOS PRIMEROS ESTUDIOS Y EXPERIMENTOS SOBRE MINERÍA MARINA EN FONDOS OCEÁNICOS PROFUNDOS, COMIENZOS DE LOS AÑOS SETENTA Y 1996

- Experimentos en los comienzos de los años setenta (Plake Plateau, Atlántico Norte, Deep Sea Venture DVI, estados Unidos, 1979; The Bermuda Rise Study, USA, 1972, The Continuos Line Bucket Mining Test Study, Pacifico; Japón, EE.UU. y Francia; 1972).
- Proyecto Estudio Ambiental Minero en el Océano Profundo (The Deep Ocean Mining Environmental Study Project Study DOMES, NOAA/USA, Zona de Fractura Clarion-Clipperton, 1975-1980.
- Empresa de Administración Oceánica (The Ocean Management Inc, OMI), prueba pre-piloto de minería, DOMES sitio A, USA, 1978.
- Mineros Oceánicos Asociados, OMA/ Deepsea Venture Inc, CDVI; prueba pre-piloto DOMES sitio C, USA, 1978.
- Programa MESEDA (Metalineferus Sediment Atlantis II Deep), Mar Rojo (BMFT Alemania/Comision del Mar Rojo Alemana-Sudanesa/Saudi.), 1977-1979.
- Chatham Rise –nódulo de fosforita (Alemania / Nueva Zelandia), 1978.
- Expedición ECHO -1, Scripps Institución de Oceanografía /NOAA/NSF, DOMES, sitio C, USA, 1983.
- Experimento de Mortalidad Aguda, Cuenca de Santa Catalina USA, NOAA, 1987.
- Expedición QUAGMIRE II, Scripps Institución de Oceanografía /NOAA, OMI/DVI, DOMES sitio C, USA, 1990.
- Expedición DISCOL, Cuenca del Perú, Grupo de Investigación TUSCH, Alemania, 1989-1996.
- Experimento de Impacto Béntico BIE, NOAA (División de Minerales Oceánicos y Energía) y Grupo Internacional: Rusia, Japón, USA (BIE I: 1991-92; BIE II: 1993-1994).
- Experimento Japonés de Impacto Ambiental en el Océano Profundo (Japan Deep Sea Impact Experiment), JET; Zona Clarion-Clipperton Agencia Japonesa de Minería de Metales y Rusia, 1994.
- Prueba del Consorcio Interoceanometal IMO, Oriente de la Zona de Fractura Clarion-Clipperton, 1995.
- Experimento Ambiental en el océano Indico profundo INDEX, cuenca central del Océano Índico. 2001.

Fuente: Jankowki y Zielke (1996) y Sharma (2001).

Para propósitos comparativos, estos estudios incluyeron la toma de datos ambientales básicos en las áreas marinas propuestas y crearán áreas experimentalmente alteradas, con características y condiciones similares con el objeto de monitorear los efectos en períodos de tiempo previamente establecidos. Se examinaron aspectos tales como efectos de la remoción de la capa de sedimentos y la recolección de nódulos, resuspensión y resedimentación de sedimentos, comportamiento de los penachos de sedimentos, recolonización y recobramiento, entre otros. Estos estudios y experimentos han sido descritos en detalle por varios autores, entre ellos Jankowki y Zielke (1996), y recientemente por Chung *et. al.* (2002). El cuadro 2, muestra los sitios de los estudios y experimentos efectuados entre los años 1978 y 1996, así como las acciones efectuadas. A continuación se presenta una descripción resumida de varios de esos estudios y experimentos:

**EXPERIMENTOS Y ESTUDIOS PILOTO EFECTUADOS ENTRE 1978 –1996,
EN SITIOS MINEROS DEL PACÍFICO**

OMI – Prueba Minera	Marzo-Mayo, 1976	Ocean Management- OMI, USA, Corp. NOAA	DOMES, sitio A- 5.100m	102 horas de trabajo de colector y 900 toneladas de nódulos colectadas
OMA – Prueba Minera	Octubre- Noviembre, 1978	Mineros Oceánicos Asociados OMA, USA, corp. NOAA	DOMES, sitio C, 4300m	18 horas de trabajo del colector, 500 toneladas de nódulos colectadas
DISCOL- Experimento de perturbación y recolonización	Septiembre, 1978 Febrero, 1989 Enero, 1992 Febrero, 1996	TUSCH-Alemania	Cuenca del Perú, 4.150 m.	10 km ² de fondos alterados, observación de recolonización
BIE- Experimento de Impacto Bentónico	BIE I (1991-92) BIE II (Julio- Septiembre), 1993	NOAA, USA, Rusia	Zona de Fractura Clarion Clipperton- Area de Referencia, 4.800 m	96 horas de alteración béntica, 1.458 toneladas de sedimento resuspendido, 2 km ² alterados
JET- Experimento Japonés de Impacto Oceánico	Agosto- Septiembre, 1994	Agencia de Minería Metálica de Japón, MMAJ- coop. con Rusia	Zona de reclamación Japonesa, 5.300m	20.5 horas de alteración del fondo, 352 toneladas de sedimento resuspendido.

Fuente: Adaptado de: Jankowsky y Zielke (1996)

Notas: TUSCH: *Tiefsseeum Weltschutz Deep Sea Environmental Protection*

DISCOL: *Disturbance and Recolonization Experiment Project*

OMI: *Ocean Mining Inc*

OMA: *Ocean Mining Associates*

BIE: *Benthic Impact Experiment*

DOMES: *Deep Ocean Mining Environmental Study Project*

JET: *Japan Deep Sea Impact Experiment*

1. Proyecto DOMES (Deep Ocean Mining Environmental Study Project)

Fue un proyecto coordinado por la Agencia Nacional del Océano y la Atmósfera, (NOAA) del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, y cuatro industrias americanas iniciado entre los años 1975-1976, (Markussen, 1994). El proyecto tuvo como objetivo caracterizar ambientalmente la región y establecer los efectos ambientales de las pruebas de equipos a escala piloto. Dos pruebas fueron efectuadas en el año 1978 por Ocean Mining Inc. (OMI), y Mineros Oceánicos Asociados. (OMA), a profundidades de 5.100 m. y 4.300 m. Los estudios midieron los impactos biológicos producidos por los penachos o nubes de sedimento en superficie como en profundidad mediante el proceso de desarrollo de recolonización, (Burns et. al., 1980); (Ozturgut et. al., 1980).

2. Experimento DISCOL (Experimento de Disturbio y Recolonización – ATESEEP)

Fue un experimento conducido por Alemania, coordinado por la Universidad de Hamburgo, entre los años 1986-1999, en un área experimental en la cuenca del Perú a 4.150 m. de profundidad, con el objeto de conocer las reacciones de los organismos marinos a las alteraciones de los fondos, obteniéndose información básica pre-disturbios, seguido de observaciones post-disturbios de un área alterada de 10,8 Km² (Foel et. al., 1990, Markussen, 1994). Los estudios pos-disturbios monitorearon la recolonización del área después de seis meses, 3 y 7 años. DISCOL constituyó el primer estudio de recolonización a largo plazo. La Observación Alemana para el Impacto de Intervenciones Técnicas en los Fondos Marinos del Pacífico Suroriental (ATESEEP), constituye una extensión de los resultados de DISCOL con información adicional sobre los impactos en la columna de agua

(transporte de sedimentos lejos y cerca de la fuente), y aspectos mecánicos y geoquímicos del piso marino.

3. Experimento de Impacto Bentónico (*Benthic Impact Experiment – BIE*)

Fue un estudio, con un diseño experimental similar al de DISCOL, conducido por la Agencia Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, efectuado entre los años 1991-1993, en la ZFCC, 4.800 m. de profundidad. Fue un estudio, a pequeña escala, para examinar los efectos de la resuspensión de sedimentos originada por la minería marina y establecer el impacto ambiental sobre las comunidades bentónicas. En el concepto del BIE, se cubrió con sedimento un área de 150 por 300 metros del fondo marino en forma similar a la que se esperaba se produciría por las actividades mineras. Las respuestas de las comunidades fueron observadas y comparadas con las condiciones de pre-impacto. (Trueblood *et. al.*, 1997).

4. Experimento de Impacto Bentónico BIE-IOM

Conducido por la *Interoceanmetal Joint Organization* (IOM), en el año 1995, en la ZFCC, en un sitio de 200 por 2.500 metros a 4.800 metros de profundidad previamente alterado. Fue diseñado para observar los cambios post-disturbios utilizando cámaras y muestras de sedimento (Tkatchenko *et. al.* 1996).

5. Experimento Japonés de Impacto en los Fondos Marinos Profundos JET, (*Japan Deep Sea Impact Experiment, JET*)

Fue un experimento efectuado en el año 1994, paralelo al BIE, y llevado a cabo en forma cooperativa entre *The Metal Mining Agency of Japan* (MMAJ), Rusia y NOAA, en el área reclamada por Japón en la Zona de Fractura Clarion-Clipperton (ZFCC), a una profundidad de 5.300 m. en un plano abisal relativamente suave. Se crearon disturbios en 19 recorridos en dos pistas paralelas de 1.600 m. de longitud (Fukushima, 1995, Shirayama, 1999). Se estudió la recolonización y recuperación a partir de la observación del comportamiento de las comunidades bentónicas en situaciones de pre y post impacto. El impacto fue estimado a partir de muestras de sedimentos, uso de cámaras submarinas y trampas de sedimentos.

6. Experimento Ambiental en el Océano Índico Profundo INDEX

Fue conducido por el Instituto Oceanográfico Nacional de la India en el año 1997, en la cuenca central de Océano Índico. Se produjo una resuspensión de 6.300 m³ de sedimento durante 26 veces en un área de 200 por 300 m. (Sharma y Nat; 1997). El experimento fue diseñado a fin de observar y estudiar la mezcla de sedimento, su distribución y efectos diferenciados en micro, macro y medio fauna, tanto dentro como fuera de las pistas de disturbio en el fondo marino.

II. IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES PRODUCIDOS POR LA MINERÍA DE LOS FONDOS MARINOS

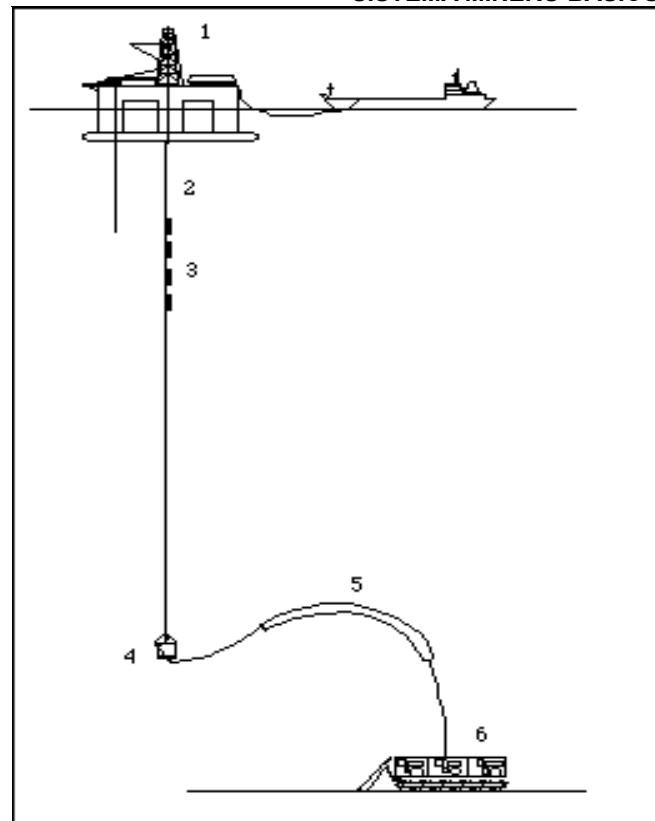
La intensidad y magnitud de los impactos ambientales producidos en la exploración minera de fondos marinos dependen en gran medida de los sistemas y subsistemas mineros que se utilizaron, a saber: técnicas y métodos para el desplazamiento por el sitio minero, sistemas de recolección y levantamiento de los nódulos del piso oceánico, técnicas de separación del sedimento de los nódulos, trituración, transporte de nódulos a superficie y operaciones a bordo en la plataforma y/o barco minero, y concentración del material minero y disposición de los desechos mineros.

En general, el sistema básico consta de un colector, un medio de transporte que permite alcanzar la superficie y una plataforma en superficie, véase figura 1. También la magnitud de los impactos depende de las condiciones ambientales imperantes en el sitio minero, tanto en la columna de agua como en el fondo (oceanografía, sedimentología, diversidad de especies, composición química del agua y sedimentos, geología), como de la localización y profundidad de los yacimientos y duración de las operaciones mineras (Escobar, 1999, 2001; Liu y Yang, 1999; Artigas y Escobar, 1997). Todas estas condiciones en conjunto determinan el impacto ambiental neto de la actividad minera. El cuadro 3 muestra los impactos potenciales y su intensidad, según una escala conceptual, por compartimientos ambientales.

Con todo los estudios y experimentos mencionados anteriormente, han permitido determinar algunos impactos ambientales que serían producidos en la minería de nódulos; sin embargo, otros aún son desconocidos. (Agencia de Recursos de California, 1995). Existe consenso de que las principales perturbaciones se producirán en el fondo marino, en la columna de agua (fondo y superficie), en el sitio minero. (Liu y Yang, 1999; Artigas y Escobar, 1997). Algunos de ellos son inevitables. También, hay consenso en que los estudios y experimentos han sido realizados en escalas de espacio y tiempo muy limitadas como para que los resultados puedan ser comparados con aquellos de las actividad minería comercial a gran escala. Chung *et. al.* (2002), señala entre otros, que la duración de estos estudios y los tamaños de las áreas ensayadas (entre 10-60 Km²), son muy pequeñas para compararlas con las requeridas en una operación minera comercial (entre 300-600 Km²).

Igualmente, el tiempo empleado en estos estudios es muy breve, desde algunas horas a pocos días, mientras que la actividad comercial operaría a lo largo de todo el año, cerca de 300 días/año considerando el tiempo utilizado en mantenimiento de equipos. También el volumen de sedimento resuspendido en las pruebas es muy bajo comparado con la cantidad que se estima se produciría por una operación comercial a gran escala. Se ha estimado que este sería del orden de 54.000 m³/día, ó 37.5 m³/minuto de sedimentos o de 2 x 10⁴ m³ sin incluir la cantidad que sería producida por los vertimientos de desechos en superficie (Thiel *et. al.*, 1991, 1997). En el experimento JET, el ancho máximo de la capa de sedimentos resedimentados fue de 2mm, equivalente al 13% del grosor de la capa que se formaría por una operación minera comercial, es decir: 57mm.

Figura 1
SISTEMA MINERO BÁSICO



Fuente: Ifremer, Francia, 2004.

Nota: (1) plataforma de superficie (2) línea de conducción (3) flotadores (4) bomba impulsadora (5) manguera de succión (6) vehículo minero

Aparentemente existe una relación entre el tamaño de los nódulos y su ubicación dentro de la capa superficial de los sedimentos. Los nódulos entre un tamaño mediano a pequeño se localizan sobre la superficie del fondo o muy cerca a esta, (primeros 5 cm. de diámetro), mientras que los de tamaño mayor, (entre 5 y 10 cm. de diámetro), yacen semienterrados en una capa superficial semilíquida de grosor mayor, (de 10-20 cm. en el área de DISCOL). El levantamiento de estos nódulos mayores requerirá más eficiencia del colector minero, pues exigirá mayor penetración en el piso marino, por lo tanto, el impacto en el fondo podría llegar a ser considerable (Liu y Yang, 1999). Los experimentos sobre remoción del piso marino han demostrado la formación de un penacho, nube o pluma de sedimentación en el fondo. Para que una minería marina sea técnica y económicamente factible se necesita remover los sedimentos entre $0.5-1 \text{ Km}^2/\text{día}$, o un área de 6.000 Km^2 , para una explotación de 20 años, lo que produciría un resuspensión de 7.400 ton/día . Si todo este sedimento se redistribuye en una lámina de 1mm. de espesor se cubriría un área de 6 Km^2 , en sólo un día de operación minera (Chung *et.al.*, 2002; Thiel, Foel y Schriever, 1991).

Los estudios señalan que en el lecho marino los impactos serían producidos por la operación del vehículo minero, que alteraría la capa superior de los sedimentos,

**MAGNITUD Y DURACIÓN ESTIMADA DE LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES EN EL
AMBIENTE MARINO DEBIDAS A LA MINERÍA MARINA¹**

Tipo de impacto	Area impactada	Duración del impacto	Proximidad	Recobramiento	Magnitud
Impacto físico al piso del fondo marino	lecho marino profundo	largo plazo	cercano	lento	alta
Daño mecánico por el colector minero	lecho marino profundo	largo plazo	cercano	lento	moderada
Suspensión de sedimentos por desplazamiento del colector minero	columna de agua	corto plazo	cercano	lento	moderado
Suspensión de sedimentos por operación del dispositivo colector de nódulos	columna de agua	corto plazo	cercano	lento	alta
Efecto acumulado del penacho de profundidad de sedimentos	columna de agua	largo plazo	cercano	lento	alta
Resedimentación	lecho marino	largo plazo	cercano y distante	lento	alta
Alteración trófica	lecho marino	largo plazo	cercano	lento	baja
Bombeo (motores)	columna de agua	corto plazo	cercano	rápido	baja
Expulsión de peces y mamíferos marinos	columna de agua	corto plazo	cercano	rápido	baja
Reducción de la temperatura	capa superficial columna de agua	corto plazo	cercano	rápido	baja
Reducción de la penetración de luz	capa superficial-columna de agua	corto plazo	cercano	rápido	baja
Incremento del material particulado	capa superficial	corto plazo	cercano	rápido	moderada
Reducción de la intensidad y calidad lumínica	capa superficial	corto plazo	cercano	rápido	baja
Incremento en la concentración de metales traza	capa superficial	corto plazo	cercano	rápido	baja
Ruidos	superficie-	corto plazo	cercano	rápido	baja
Interferencias pesqueras	columna de agua	corto plazo	cercano	rápido	baja
Colisiones	superficie	corto plazo	cercano	rápido	muy baja
Perdida de plataformas	fondo	largo plazo	cercano	lento	muy baja
Perdida de sistema minero de fondo	fondo	largo plazo	cercano	lento	muy baja

Fuente: Elaboración Propia

Notas: 1: de Berge., S. Makurssen., JM y Godmund., V, 1991 citados Markussen. J.M (1994)

corto plazo: alteraciones producidas en tiempo de semanas; largo plazo: disturbios producidos en largos períodos de tiempo, en el orden de años; recobramiento rápido: el medio ambiente impactado se puede recobrar en corto plazo, meses; recobramiento lento: el medio ambiente se puede recobrar muy despacio, pero una restitución a estado normal puede tomar muchos años; magnitud baja, se considera que no se produce alteración severa al ambiente, magnitud moderada: se considera que se produce un efecto notable sobre el medio ambiente pero no se afecta a las comunidades marinas; magnitud alta: se produce un efecto considerable, severo y peligroso sobre el medio ambiente. Se requieren estudio futuros más profundos para ajustar la magnitud de los impactos antes de iniciar una operación minera marina a escala comercial.

comprimiendo, apelmazando y fragmentando la capa más dura subyacente, produciendo cambios en la morfología del fondo y en el equilibrio de los sedimentos superficiales. Los efectos en las comunidades marinas serían inmediatos, las comunidades de organismos bentónicos ubicadas a lo largo del recorrido del colector serían aplastadas, los daños a largo

plazo se concentrarían en alteraciones en la estructura y función de las comunidades las que son difíciles de evidenciar, también se afectaría el comportamiento y las relaciones de los organismos (ISBA, 2002a; GESAMP, 1983, citado por Artigas y Escobar, 1997).

Se piensa que en el recorrido del vehículo minero puede morir aplastada entre el 90-100% de la fauna bentónica (Markussen, 1994). También en la medida que se desplaza el vehículo minero se produce una suspensión de sedimentos, con alguna fauna asociada a los nódulos y parte de la contenida en los sedimentos (IFREMER, 2002). Una vez que los nódulos son recolectados, ellos son triturados y llevados a la superficie en forma de una suspensión (pulpa), que contiene material particulado, restos de sedimento, organismos y metales traza. El vehículo creará un penacho detrás del él, formado por sedimentos, fauna asociada y partículas de los nódulos triturados. Las partículas y material resuspendido de mayor tamaño y peso se reasentarán a poca distancia, mientras las partículas más pequeñas podrán depositarse a distancias mayores aún por fuera del área minera (Liu y Yang, 1999).

Todo esto producirá una alteración de los mecanismos tróficos, tanto de la fauna suspendida, como de la fauna que vive dentro y sobre la capa semilíquida, por cubrimiento de las partículas alimenticias en suspensión así como por la destrucción de la fauna que constituye el alimento de otras especies.

Otra área de concentración de los estudios y experimentos ha sido la pluma o el penacho de sedimentos resuspendidos creado por el vertimiento en la columna de agua de desechos mineros. Una vez que el material minero llega a la superficie, este es liberado del exceso de agua, sedimentos y concentrado, después de lo cual sus desechos son vertidos al mar. Estos desechos pueden llegar a constituir entre el 72 y 92% del mineral original, y están formados por una mezcla de sedimentos, agua de profundidad, partículas y finos de nódulos. El vertimiento forma un penacho de sedimentos de superficie, que pueden interferir con la productividad primaria y alterar las cadenas tróficas, disminuir la penetración de la luz, dificultar la migración vertical, e introducir nutrientes, bacterias y otros organismos presentes en los sedimentos del fondo o en el agua de fondo, incluyendo metales disueltos y partículas con contenidos de metales pesados. También puede aumentar la demanda de oxígeno y causar una posible reducción del oxígeno disuelto (ISBA, 2002a; IFREMER, 2001; Liu y Yang; 1999).

Por otra parte las descargas por debajo de la termoclina pueden además, producir mortalidad en las especies del zooplancton a profundidades medias o inducir migración a esas profundidades alterando los niveles tróficos, como es la alteración de la relación presa-predador. Finalmente se puede afectar el bacterioplancton por la adición de partículas finas de sedimentos en las zonas y batipelágicas, entre otros impactos.

III.

IMPACTOS DE LA MINERÍA MARINA SOBRE EL POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE LOS FONDOS MARINOS

A. Generalidades del ecosistema de las ventanas hidrotermales

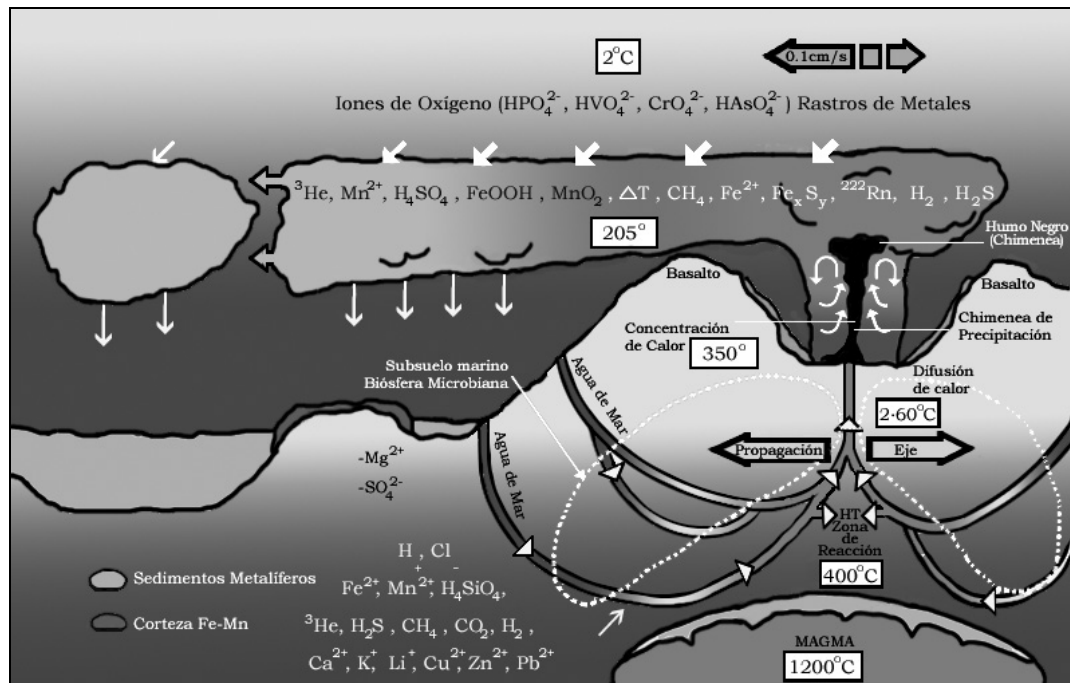
En todos los ecosistemas de fondos marinos explorados, “*la muy elevada especialización y la adaptabilidad*” de sus comunidades de organismos marinos constituye un denominador común a todos esos ecosistemas, pero esta situación paradójicamente los tipifica, los individualiza, y les proporciona un alto nivel de endemismo, con una muy elevada diversidad pero con un reducido número de especies. No hay duda que comunidades de microorganismos altamente especializados juegan un papel muy importante en la génesis de muchos de los recursos mineros también presentes en esos ecosistemas, donde esos organismos forman nichos específicos.

En la provincia de los nódulos existen microorganismos que forman ensamblajes en las grietas y en el agua intersticial de estos recursos minerales. Otros organismos forman comunidades similares en las filtraciones de metano. No hay duda de que el sistema más llamativo de los ecosistemas abisales lo constituye las ventanas hidrotérmicas que se localizan en las crestas activas de las cordilleras submarinas a profundidades entre los 1.800 y 4.000 m., también se encuentran en zonas de subducción, zonas de fracturas en las montañas marinas, pero las ventanas activas están restringidas a algunas localidades (Tunnicliffe, Mac Arthur y Mc Hugh, 1998). También han sido encontradas en aguas someras en Islandia y en el Ártico (Edmonds, 2003).

Desde el descubrimiento de la primera ventana hidrotérmica en 1977, en la fosa Galápagos, a 2.500 m. (Corliss *et.al.*, 1979), se han investigado cerca de 30 sitios con estos ecosistemas, la mayoría en los océanos Pacífico y Atlántico, que representan tan sólo el 10% de las 50.000 millas del sistema de crestas submarinas. Se estima que existe un sitio con ventanas hidrotérmicas por cada 100 Km de crestas, lo que proporciona una aproximación global de 500 sitios con ventanas hidrotérmicas. Este ecosistema y sus recursos vivos son efímeros (cerca de 10 años) (Backer *et. al.*, 2001).

Las teorías sobre la formación de las ventanas hidrotérmicas combinan mecánica de fluidos asociada con procesos físico-químicos, en presencia de alta temperatura y presión. Cuando el agua de mar penetra por las fisuras del piso oceánico, esta es sobrecalentada por el magma somero. El agua sobrecalentada, rica en iones metálicos y otras sustancias disueltas de la roca basáltica, regresa a presión, rompiendo la costra del piso y expulsando penachos o nubes de agua sobrecalentada, rica en minerales disueltos conocidos con el nombre de fumadores (*smokers*). Este material disuelto y las partículas pueden precipitar formando chimeneas que pueden ser altas o bajas con aberturas que van desde media pulgada a 6 pies de diámetro, véase figura 2. La mayor chimenea conocida es la llamada “Godzilla” de 160 pies de altura, ubicada en las ventanas, costa afuera, de Oregon, en el Pacífico (NOAA, 2002).

EL ECOSISTEMA DE LAS VENTANAS HIDROTERMALES



Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA, (2002), Vent Geochemistry, Vent Programme, www.pmel.noaa.gov/vents/chemocean.html

Dependiendo del contenido de partículas en el penacho (generalmente son una mezcla de sulfuros, FeS, ZnS, CuFeS₂, calcopirita y sulfatos como: CaSO₄ anhídrido, barita BaSO₄), se forman fumadores negros (*black-smokers*), cuando la temperatura del fluido está entre 350-400 °C y el penacho es denso, con alto contenido de partículas que se combinan con el sulfuro para formar sulfuros metálicos. Se forman fumadores blancos (*white smokers*). Cuando el fluido es más frío, entre 250-350 °C y fluye más despacio, con chimeneas más altas, con bajo contenido de sulfuros y sin partículas metálicas. El fluido expulsado puede alcanzar temperaturas por encima de los 400 °C, pero este calor está sólo limitado a una pequeña área de la ventana, fuera de ella, la temperatura se reduce a 2°-4 °C. Los fluidos son ácidos, con una alta y muy variable salinidad, altos niveles de sulfuro de hidrogeno, CO₂ y metano. El sulfuro se forma cuando el agua reacciona con los sulfatos de la roca por debajo del piso oceánico. En adición, el agua sobrecalentada puede aparecer como un flujo muy difuso, con temperaturas de 25 °C y bajo contenido de minerales como para formar fumadores. Este otro tipo de ventana fue descubierto en 1995, en el flanco oriental de la cresta de San Juan de Fuca (Baker *et al*, 2001). El mayor campo de ventanas hidrotérmicas se denomina TAG (*Trans-Atlantic Geotrasverse*). Otros campos de ventanas hidrotérmicas son: Clam Acres, Mussell Bed, Rose Garden (Galápagos), Garden of Eden, Broken Spor y Lucky Strike (NOAA, 2002) °c.

B. Importancia de las ventanas hidrotermales de los fondos marinos

Bajo condiciones extremas de alta presión (más de 400 atmósferas), elevada temperatura, extremadamente bajos niveles de oxígeno, pH y un ambiente fuertemente tóxico, se desarrolla una muy especializada fauna adaptada (extremófila), que hace que este ecosistema sea considerado como un sitio biológico aislado altamente sensible con un 90% de sus especies endémicas. De acuerdo con Baker (Baker *et. al.*, 2001), se han identificado

cerca de 450 especies de invertebrados, la mayoría nuevas para la ciencia. Tres *phyla* dominan, con cerca del 90%: moluscos, artrópodos y anélidos (Tunnscliffe, McArthur y McHug, 1998). También han sido observadas, cerca de 32 especies de octopus y peces alrededor de las ventanas hidrotérmicas y más del 75% de las especies se presentan en un solo sitio. En general no se presentan especies únicas en todos los sitios de ventanas hidrotérmicas. Como un ecosistema raro las comunidades de las ventanas hidrotérmicas dependen de una bacteria quimiolitotrófica especializada y una eubacteria del reino Archaea para la producción primaria, la que es efectuada por la habilidad que tienen estas bacterias de utilizar los compuestos inorgánicos reducidos existentes en los fluidos hidrotermales para sintetizar materia orgánica mediante la quimiosíntesis. Archaea representa un extremadamente antiguo reino de vida, probablemente descendiente de la célula inicial de vida en la tierra (Woose *et. al.*, 1990, citado en PNUMA, 2003). Por esta razón las ventanas hidrotermales han sido consideradas como un sitio ideal para revisar y contrastar las teorías de especiación y de parámetros de diversidad de especies (Baker *op. cit.*).

Hasta hace dos décadas que *Archaea* fue reconocida como un nuevo grupo debido a similitudes en la secuencia de su RNA. Fue descubierta en ambientes extremos en las ventanas hidrotermales donde parecen estar restringidas a estos nichos y constituyen aproximadamente el 40% de los organismos del fondo (Copley, 2002, Woose, Kandler y Wheels 1990). Las otras únicas especies conocidas de comunidades de bacterias y Archaea son las que existen en los sedimentos asociados con filtraciones de petróleo en el piso oceánico (Reuter *et. al.*, 1994, citado en PNUMA, 2003). *Archaeoglobus fulgidus*, ha sido el primer microorganismo metabolizador de sulfuros aislado, cuyo nicho se ubica en la zona de mezcla entre el fluido de la ventana y el agua de mar. Otro aspecto importante de las ventanas hidrotermales es su relación con eventos extremos y el volumen del océano. Se ha sugerido que eventos como El Niño pueden estar controlados por la actividad hidrotérmica de las ventanas (Walter, 1995) y se ha dicho que la regulación del volumen de los océanos está ligado a los ventanas hidrotérmicas (Kasting y Holm, 1992). También se ha sugerido que la primera vida en la tierra ocurrió en las ventanas hidrotérmicas (Teoría de Wachtershauser) (Corliss, Baross y Hoffman 1981; Baross y Hoffman, 1985; Miller y Bada, 1998). Algunos científicos opinan que la vida en las ventanas hidrotérmicas es muy similar a la posible vida existente en otros planetas (Baker *et. al.*, 2001). En efecto, teorías basadas en las ventanas hidrotérmicas han abierto las posibilidades de vida extraplanetaria, en el satélite Europa de Júpiter (Simpson, 1992).

Estos microorganismos, forman simbiosis en las branquias y en otros tejidos de algunos invertebrados de las ventanas hidrotérmicas y en otras formas libres o asociados a sustratos duros alrededor de las ventanas. Korn, Friedrich y Feit (2003), clasifican los microorganismos de las ventanas hidrotermales de acuerdo a su ubicación con respecto a los fluidos, a saber: microbios libres que viven alrededor de los fluidos expulsados por las ventanas; microbios que viven dentro de los fluidos hidrotermales; microbios libres que crecen sobre las rocas y las chimeneas y están constantemente expuestos a los fluidos hidrotermales, y microbios simbiotes que viven asociados a la fauna de las ventanas hidrotermales. La importancia de los sitios con ventanas hidrotérmicas ha impulsado un movimiento para dotar a estos sitios de un *status* especial de protección para la conservación (Thiel., 2001; Oceans Voice International, 1995; WWF/IUCN, 2001), véase

cuadro 4. Algunos países han tomado medidas para establecer zonas marinas protegidas en torno a sus ventanas hidrotérmicas, como es el caso de Canadá, con el monte submarino de Bowie y en el sector Endeavour, del arrecife Juan de Fuca, y Portugal, con el monte submarino Don Juan de Castro, como zona especial de conservación, (Naciones Unidas, 2002). Gran parte de la importancia de estos sitios especiales es dada por su carácter de bancos genéticos, (IWCO, 1998; Naciones Unidas, 1996).

Cuadro 4

**LISTA PROVISIONAL DE SITIOS DE MONTES SUBMARINOS PROPUESTAS CON
STATUS DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS DE ALTA MAR**

Cuenca Oceánica	Montes submarinos
Atlántico Norte	Gran Meteor (30° N 28° W)
Atlántico Sur	Verma o Discovery
Pacífico Norte	Kuko (35° N 21' 171° N 30' E) Arreadse la cadena montañosa Emperador NW Christmas Ridge
Pacífico Sur	Montes submarinos de Lord Howe Ridge, Norfolk Ridge, Tonga Ridge, Cadena de montañas submarinas de Australia, Tuamotu Ridge
Océano Índico	Sitios de Broken Ridge, Carlsberg Ridge
Océanos del Sur	Monte submarino entre Macquarie y Tasmania Ridge (52° S, 153° E)

Fuente: Koslow, (2001)

Además de la importancia para la ciencia, la habilidad biológica adaptativa de los organismos que viven en las ventanas hidrotermales ha permitido fundamentar razones adicionales a la de los recursos minerales; ya que estas razones están centradas en el potencial que los microorganismos tienen en la producción de nuevos productos para aplicación biotecnológica. (Artigas, 2001b; Glowka, 1999; UNEP, 1996). Efectivamente, el muestreo de microorganismos (bioprospección o prospección de la biodiversidad), ha permitido descubrir varias de esas bacterias cuyos genes naturales usados por la biotecnología ofrecen importantes beneficios económicos a partir de procesos investigativos que incluyen información sobre la estructura química, secuencia genética, actividad biológica, así como procesos catalíticos o de fermentación en caso de microbios aislados (PNUMA, 2003), véase recuadro 3.

Recuadro 3

BIOPROSPECCIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS

El proceso que implica obtener información sobre la composición molecular de los recursos genéticos de la biosfera con el objetivo de desarrollar nuevos productos comerciales, es conocido como "*prospección de la biodiversidad o bioprospección*". En este contexto, los recursos genéticos son también conocidos como "*productos naturales*" comprenden la diversidad biológica medida a pequeña escala. Los recursos genéticos pueden producir tanto moléculas pequeñas llamadas *metabolitos secundarios* y *proteínas* generalmente codificadas, como enzimas y metabolitos vinculados a reacciones enzimáticas en procesos conocidos como *fermentación microbiológica*. Existe un debate sobre la producción de metabolitos secundarios por los microorganismos cuyas propiedades químicas son utilizadas para producir medicinas, productos pesticidas, cosméticos.

Fuente: PNUMA (2003)

C. El potencial biotecnológico de los recursos genéticos de las ventanas hidrotermales

En general los organismos de las ventanas hidrotérmicas tienen el potencial de producir un amplio rango de nuevos productos para múltiples aplicaciones. Las especiales condiciones de vida de los extremófilos y sus funciones en esos ecosistemas los fuerza a producir un amplio número de metabolitos bioactivos con nuevas estructuras. Estos aspectos tienen una relevancia terapéutica para la fabricación de nuevas drogas y consecuentemente para la protección de la salud humana, animal y vegetal. Los microorganismos ofrecen un nuevo potencial para descubrir nuevos biocatalizadores, y producir enzimas clonadas mediante de ingeniería genética para la aplicación industrial (Schweder, 2002). Los nuevos productos pueden ser: compuestos farmacéuticos, drogas, compuestos estables al calor, enzimas resistentes a la presión para aplicación en la industria procesadora de alimentos, compuestos para limpieza de productos peligrosos, control de la contaminación y otras aplicaciones. Un objetivo de la biotecnología de los fondos marinos es utilizar las especies características de estos ecosistemas para desarrollar biomateriales; véase recuadro 4, (Wijffelds, 2002).

Recuadro 4 BIOTECNOLOGÍA

Biotecnología es cualquier técnica que utiliza organismos vivos o parte de estos para producir o modificar productos, plantas o partes de estos para producir o modificar productos, plantas o animales o para desarrollar microorganismos para usos específicos.

Todas las características de cualquier organismo están codificadas por su material genético que consiste en moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA) que existe en cada célula del organismo. El conjunto completo de moléculas de DNA en un organismo constituye su *genoma*. El genoma esta formado por una serie de unidades funcionales llamadas *genes*. El genoma tiene dos copias de cada gene, cada una proveniente de cada padre. El conjunto de rasgos que presenta un individuo (*fenotipo*) depende de cuales genes están presentes en su genoma (*genotipo*). La aparición de cualquier rasgo fenotípico dependerá de otros que incluyen: si la información genética responsable del rasgo (por ejemplo los genes específicos asociados con el rasgo) esta expresada o no, las células específicas en las cuales esos genes son expresados y como interactúan los genes, sus expresiones y los productos genéticos con factores medioambientales (efectos ambientales /genotipo).

Fuente: International Council for Science ICSU, 2002, *Biotechnology for Sustainable Development*, ICSU Series on Science for Sustainable Development (6);45pp

Los microorganismos extremófilos, son de interés para la industria. Enzimas adaptadas a condiciones muy frías (criófilas) y a alta flexibilidad térmica pueden ayudar a ahorrar energía, también pueden ayudar a procesos alimenticios previniendo el crecimiento de contaminantes mesófilos y bio-transformaciones, donde los compuestos termo-lábiles pueden ser adaptados por esas enzimas (Schweder, 2002). Las bacterias termófilas producen compuestos y enzimas con propiedades únicas. Los estudios han permitido producir enzimas para fabricar antibióticos y compuestos contra pestes, sustancias anticancerígenas y azúcares segregados. Por ejemplo, enzimas extraídas de *Bacillus* obtenido en ventanas hidrotérmicas alrededor del *TAG Moun*” (*Trans-Atlantic Geotransverse, TAG*), pueden ser utilizadas para el procesamiento de alimentos, detergentes y separación de material tóxico (Parkes *et. al.*, 1998). La bio-remediación bacteriana de desechos sulfurosos para propósitos industriales se ha desarrollado a escala de laboratorio y la biomasa generada en estos procesos puede ser utilizada, en agricultura o en la producción de lubricantes sintéticos, entre otros, (Jannash, Taylor y Have, 1992 citados

en Baker *et. al.*, 2001). Las ventas anuales de microorganismos para uso industrial han sido estimadas en US\$ 680 millones (PNUMA, 2003).

El mercado mundial de productos comerciales derivados de los recursos genéticos es grande, con ventas en el año 1994, de cerca de US\$ 256.2 billones (Scrip, 1996 citado en PNUMA, 2003), y el mercado mundial de la industria de las enzimas excedió el billón de dólares en el año 1996 (PNUMA, *op. cit.*). Aunque la investigación de los extremófilos todavía está en una fase muy preliminar y puede ser especulativa, el mercado por biotecnología de enzimas derivadas de estos extremófilos está creciendo en una proporción del 15-20% al año (New England Biolabs. Inc. Beverly Mass. USA, citado en Baker *et. al.*, 2001). El objetivo de las investigaciones biotecnológicas de las enzimas es la identificación de estas sustancias que puedan llevar a cabo muchos trabajos moleculares específicos, generalmente relacionados con la modificación del RNA o el DNA, para la creación de organismos genéticamente modificados o para el diagnóstico de procesos. Por otra parte las investigaciones se orientan también al estudio de las relaciones estructura / función; es decir la tecnología de las enzimas, los extremófilos del reino Archaea son de un interés especial debido a su tolerancia térmica, por ejemplo: el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, *op. cit.*), cita la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que depende de una enzima no común termoestable llamada *Tag DNA* que replica el DNA. La polimerasa *Tag DNA*, es derivada de bacterias termófilas *Thermus aquaticus* aislada de surtidores térmicos (géiseres), del occidente de los Estados Unidos. El pago de la patente por los derechos exclusivos del *Tag DNA*, fue de US\$ 300 millones y las ventas mundiales de las enzimas PCR, están en el rango de 50-100 millones de dólares,(PNUMA, *op.cit.*).

El programa *Biotechnology Strategic Target for Alliance in Research, (BioStar C)* de la Universidad de California USA, orientado a utilizar los microorganismos de los fondos marinos en el control de pestes y enfermedades producidas por hongos, insectos y nematodos ha provisto a *AgraOest Inc*, un consorcio agrícola, de una fuente única de agentes biológicos activos para el desarrollo de productos para el control de plagas (*AgraOest Inc, 2002*), y científicos de la Universidad de Delaware, han secuenciado cerca de dos millones de bases pares de DNA de diferentes microorganismos de los ventanas hidrotermales de los fondos marinos.

Un énfasis especial en la biotecnología está concentrada en las biopelículas (*biofilms*). Los microorganismos marinos formadores de biofilms constituyen una fuente importante de compuestos de alto potencial de uso, como enzimas y sustancias adherentes. Los objetivos de la investigación sobre biopelículas pueden ser resumidos en los siguientes:

- Cadenas de microorganismos y recursos genéticos para su cultivo,
- Análisis de la comunidad de microbios productores de biofilms,
- Selección de biocompuestos y genes relacionados con polisacáridos extracelulares y macromoléculas que degradan enzimas, sustancias hidrofóbicas, y
- Desarrollo industrial de microorganismos genéticamente transformados.

D. Otros recursos importantes de los fondos marinos profundos

El potencial biotecnológico de los fondos abisales no está limitado a las bacterias. Otros invertebrados y otros organismos habitantes de los fondos tienen igual potencial, por ejemplo, se ha anunciado que compuestos extraídos de las esponjas de fondos profundos del Indo-Pacífico producen agentes potentes contra la malaria y posiblemente contra el SIDA. Otro hallazgo importante para ser estudiado las especies de larga vida, ya por ejemplo, en Nueva Zelanda, se ha encontrado un pez cuyas poblaciones se estiman viven más de 150 años (PNUMA, 2003).

Otro recurso potencialmente económico de los fondos marinos, no conectado con la minería *per se* lo constituye la energía-calórica proveniente del flujo de las ventanas hidrotermales de los fondos marinos. Se ha estimado para una ventana hidrotérmica en la cresta de San Juan de Fuca una producción de 50 MW. También se ha sugerido la posibilidad de producir hidrógeno líquido, como combustible, utilizando el sistema de las ventanas hidrotermales. Una sola ventana hidrotermal puede producir 330.000 Kg., de agua caliente/hora, que puede significar una de producción de 10 Kg. de hidrógeno líquido/hora. Otros subproductos de estos procesos son oxígeno líquido y agua destilada (Bobis, Molochnikov y Bruyakin, 1993; Bermis *et. al.*, 1993). Un proyecto de la Universidad de Wagenigen (Países Bajos), “*Biohydrogen*” estudia la producción de hidrógeno por microorganismos utilizando bacterias púrpuras fotosintéticas para llevar a cabo la conversión, ya que usa la energía solar como medio, utilizando un fotobioreactor (Jensen y Hoeken, 2002).

E. Efectos de la minería de fondos profundos sobre el potencial biotecnológico de los fondos marinos

Las características ecológicas de las zonas mineras de los fondos profundos más documentadas, ubicadas en la Zona de Fractura de Clarion-Clipperton, (ZFCC), en el Pacífico, Smith (1999) y Baker *et. al.*, (2001), han descrito los aspectos ecológicos relevantes de estos fondos con respecto a la minería de nódulos entre otros, han descrito las características ecológicas de las ventanas hidrotermales. En general los ecosistemas de los fondos marinos están llenos de singularidades ambientales, que hace que cada sitio sea una unidad ecológica independiente con sus propios atributos dentro de los cuales se destaca su endemismo. Esto hace que los efectos ambientales que la minería pueda producir sobre ellos, puedan tener su propia singularidad en cuanto a su magnitud e importancia. Estas condiciones hacen que de la actividad minera de los fondos marinos sea una empresa de alto riesgo ecológico, que requiere de un gran nivel de manejo y cuidado, en la relación y efectos que puede generar sobre los recursos biotecnológicos.

A pesar de que se estima que sólo un 10% de los fondos marinos ha sido estudiado, se sabe que existe un gradiente ambiental, biológico y ecológico en términos de disponibilidad de alimento, abundancia y distribución de recursos. No se encuentran nódulos en todas las planas abisales y en los que hay, no todos son de interés comercial. Las ventanas hidrotérmicas están limitadas a las crestas submarinas, tanto profundas como someras y no todas, de las pocas estudiadas, tienen importancia comercial minera; por otra parte todos estos ecosistemas tienen importancia para la ciencia y para la conservación. Los siguientes aspectos, referido a la Zona de Fractura Clarion Clipperton complementan el efecto de la minería sobre los recursos genéticos de los fondos marinos profundos.

En general, en los fondos marinos, la disponibilidad de alimento es muy escasa. La mayoría del alimento que llega a ellos proviene, por un proceso de atenuación a lo largo de la columna, desde la zona eufótica. En los fondos del Pacífico existe una reducción significativa en el flujo de partículas hasta el nivel de los 2.000 m. y mayor desde los 4.000 m. y se estima que sólo 0.5 gramos de carbono orgánico/m²/año llega al fondo del mar en la ZFCC. Como consecuencia de este bajo flujo de carbono orgánico, la abundancia de vida en la zona abisal es relativamente baja, con excepción de las ventanas hidrotermales.

En la ZFCC, la abundancia del macrobentos está entre 0.05-0.5 gr/m² en comparación con la macrofauna de la plataforma continental que es de 80g/m² y su abundancia es aproximadamente de 300 individuos/m², mientras que la abundancia de individuos en la plataforma oscila entre 20.000-30.000 individuos/m². Esta abundancia se incrementaría en uno o más órdenes de magnitud si se incluyen la microfauna (bacterias), dentro de esta contabilidad. Tomando en cuenta lo anterior los efectos de la minería marina no serían menores ya que es claro que el colector y el vehículo minero no sólo removerán la capa de sedimentos, sino que cubrirá las partículas de alimento, disminuyendo marcadamente su disponibilidad y reduciendo la abundancia de especies.

La distribución del macrobentos refleja también el bajo flujo de alimento en los fondos profundos. Los animales que viven en el sedimento se concentran en la interfase agua-sedimento y se estima que en la ZFCC cerca del 45% de la macrofauna vive muy cerca de la capa superficial y de este, un 80% en la franja de los 5 cm. En las ventanas hidrotermales, las especies del macrobentos ocupan áreas alrededor de las chimeneas en la interfase térmica y las bacterias extremófilas forman nichos especiales alrededor de las aberturas de las chimeneas.

Otra consecuencia de la baja productividad es que la velocidad de los procesos biológicos también es muy baja. La mayoría de las actividades se conducen a un bajo nivel, en particular las velocidades de crecimiento y las tasas de recolonización, los encuentros reproductivos son casuales y muy raros, por lo tanto, la reproducción es muy limitada, esto ha exigido que muchos de los organismos sean hermafroditas. En este sentido es importante resaltar que la minería de nódulos, el colector minero debe penetrar la capa de sedimento y el vehículo debe profundizar esta capa a fin de poder avanzar, esto destruirá no sólo el principal hábitat de las comunidades de organismos (de 30-40 especies diferentes de macrofauna en 0.25 m² en la ZFCC) de la provincia de los nódulos, sino que provocará la pérdida del ecosistema “*in toto*” durante un período de tiempo incalculable. La alta diversidad combinada con la baja densidad ayudaría marcadamente a la extinción rápida de especies de estos hábitats por la actividad minera.

Otra causa de la baja actividad en esta zona es la bioperturbación o mezcla biológica de los sedimentos que ocurre a muy baja cantidad y velocidad, ya que la mayoría de las mezclas de sedimentos producidos por los organismos del fondo resultan de la descomposición; en consecuencia, la mezcla biogénica de los sedimentos es muy baja. El medio ambiente de los nódulos es muy estable, con una muy baja actividad física que les imprime una característica de ambientes quietos donde las corrientes son muy bajas y la erosión y redeposición de sedimentos por procesos físicos son raros. En estos ambientes las estructuras ecológicas relevantes son creadas a partir de procesos biológicos, un ejemplo de

ello son los tubos de los gusanos tubícolas, chimeneas de las fumarolas térmicas, o por los recursos mineros *per se*.

La extensión verdadera de la bioprospección en las áreas de los yacimientos mineros de profundidad más allá de la jurisdicción nacional no es conocida. Se estima que un programa de muestreo excesivo puede ejercer mucha presión sobre estas comunidades que utilizan los recursos minerales como sustratos o forman nichos especiales en los ecosistemas abisales, haciendo la bioprospección insostenible. Los impactos directos producidos por los muestreos sobre una limitada población de organismos son evidentes, y también ocurren impactos indirectos que no son discernibles, (Glowka, 1996).

El principal efecto sobre los recursos genéticos producidos por la minería, es que, las ventanas hidrotérmicas, son de gran interés también para la minería. En esta potencial coexistencia de usos, los problemas producidos por la minería sobre los ecosistemas abisales incluye la pérdida de los nichos especializados para microorganismos extremófilos que se agudiza por la ausencia de un régimen para acceder a los beneficios de la biotecnología basada en estos microorganismos. Muchas compañías poseedoras de la tecnología están haciendo bioprospecciones en busca de esas bacterias, ya sea, como indica Artigas (2001b), porque estos recursos están agotados en sus fuentes terrestres, por mayor espectro de habilidades; o simplemente por ausencia de una regulación, lo que permite evitar pagar derechos por el acceso y uso de esos recursos. Actualmente, sin la necesidad de cultivo de bacterias, con la replicación del DNA mediante el Taq ADN polimeraza o mediante técnicas de ADN recombinante, se obtiene material cromosómico gratuito a partir de los recursos genéticos extraídos de los ecosistemas de los fondos marinos.

En relación con lo anterior, existen dos instrumentos jurídicos globales que forman piezas centrales de la controversia y sobre los cuales están basadas la mayoría de las argumentaciones, estos son: la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, del año 1982 (CONVEMAR), y la Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD), del año 1992. Por un lado, el régimen establecido por la CONVEMAR para los recursos de los fondos marinos de la Zona Internacional se aplica a los recursos mineros, sin extenderse a otros recursos diferentes de éstos. El régimen para la ZONA no se refiere a los recursos genéticos;

Por otro parte, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, se aplica sólo a las zonas bajo la jurisdicción nacional. En consecuencia, al no estar definido su titularidad, existe un vacío jurídico que puede tener importantes implicaciones en la definición del régimen a aplicar para el acceso a los beneficios económicos derivados de su potencial biotecnológicos por tratarse de recursos no regulados (Artigas, 2001 a y b; Glowka, 1996).

A la controversia jurídica sobre el régimen a aplicar, se adiciona la incertidumbre que existe sobre la definición del foro más apropiado para el tratamiento del tema y los asuntos relacionados a este. En general existen dos conflictos relacionados con el acceso a los recursos; en primero con los intereses biotecnológicos argumentan que el acceso a estos recursos caen dentro de la libertad en alta mar según se aplique la parte VII de la CONVEMAR o la libertad de hacer investigación científica, bajo la parte XI de CONVEMAR. El segundo conflicto proviene de los países en desarrollo, que argumentan

que los recursos genéticos de las ventanas hidrotermales ubicadas en el Zona deben ser tratadas como beneficio común para la humanidad; en consecuencia, todos los beneficios deben ser distribuidos entre la comunidad internacional en forma equitativa (Korn, Friedrich y Feit, 2003).

El tema ha sido objeto de especial colaboración entre el Convenio sobre la Diversidad Biológica CBD/PNUMA y la División de Asuntos Oceánicos y del Derecho del Mar de Naciones Unidas (UNDOALOS), quienes, sobre la base del parágrafo 10 de la decisión II/10 (UNEP,1996, 1995), prepararon un estudio de la relación entre el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. (Documento UNEP/CDB/SBSTTA/8/9/(INF3), (PNUMA, 2003). En dicho estudio se señala, *inter alia*, que CONVEMAR no se ocupa específicamente de los recursos genéticos, pero contiene disposiciones para la protección del medio marino en general y para los recursos en particular. El régimen establecido para los recursos de la Zona se aplica exclusivamente a los recursos minerales ya que las actividades relacionadas con los recursos genéticos no están cubiertas por ese régimen. El informe señala, además, que la CDB subraya que existe sólo una cooperación entre las partes en lo que respecta a las zonas no sujetas a la jurisdicción nacional.

Dentro de las soluciones para este vacío jurídico, se ha sugerido la creación e implementación de un régimen proactivo, transparente, de manejo integrado para la conservación y uso sostenible; así como para la determinación de los derechos de acceso a los recursos genéticos de alta mar construido bajo los principios de CONVEMAR y la CBD. Además se ha propuesto la creación de redes de trabajo representativas de áreas marinas protegidas incluyendo áreas sujetas a la jurisdicción nacional como herramientas para alcanzar esos objetivos (IUCN, 2003)

F. La biodiversidad costera y marina en la región y el acceso a los recursos genéticos de los fondos marinos y su potencial biotecnológico

En general no existe información para América Latina y el Caribe que permita conocer con cierta seguridad el estado de acceso a los recursos genéticos, distintos de los recursos pesqueros, que se ubican en los fondos marinos y que son también de interés para la minería, dentro de las zonas de jurisdicción nacional, Tampoco es posible conocer a los procedimientos que permitan acceder en condiciones equitativas a los beneficios de la biotecnología basada en esos recursos.

La principal preocupación en este sentido es que no se conoce hasta qué nivel está representada la biodiversidad en dichos fondos, ni menos el potencial minero, salvo aquellos estimados para la ISBA sobre la plataforma continental ampliada (Murton *et al*, 2000). Sin embargo, dentro del contexto de la Convención sobre la Diversidad Biológica es posible inferir la situación de la región a partir del 2º informe nacional, que se refiere al acceso de los recursos genéticos distintos de los recursos pesqueros, que se ubican en los fondos marinos, posiblemente también en áreas de interés para la minería.

Según el 2º informe Nacional para la Conferencia de las Partes de la Convención sobre la Diversidad Biológica para algunos países como: Argentina (Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, 2001), El Salvador (MARN, 2000), Guatemala (OTECBIO, 2001),

Panamá (ANAM, 2002), República Dominicana, (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2000) y Uruguay (Dirección Nacional de Medioambiente, 2000); la prioridad que le otorga el país a la biodiversidad costera y marina en una escala entre alta y no aplicable, oscila entre no aplicable y media, siendo para la mayoría de baja prioridad. Sin embargo, en otros países como: Cuba (Agencia del Medio Ambiente, 2000) y México (CONABIO, 2000), y para la mayoría de los países del Caribe, Bahamas (Comisión de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente BEST, 2000) y Bermudas (Bermudas, 2002), la biodiversidad costera y marina es de prioridad alta. Esta prioridad se evidencia en la cantidad de recursos con que estos países destinan para cumplir con sus obligaciones en el ámbito de la biodiversidad.

Los informes nacionales que abordan el acceso a los recursos genéticos de los fondos marinos en las zonas de jurisdicción nacional, lo hacen a partir de la creación de condiciones para facilitarlos, sin diferenciación del sitio donde aquellos se ubiquen, en términos de: no acceso, sí con amplitud limitada y sí con gran amplitud. En la mayoría de los países consultados, Costa Rica (MINAE, 2000), Cuba (Agencia del Medio Ambiente, 2000), Guatemala (OTECBIO, 2001), México (CONABIO, 2000), Panamá (ANAM, 2002), República Dominicana (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2000) y Uruguay (Dirección Nacional del Medio Ambiente, 2000), las condiciones de acceso a los recursos genéticos van de sí con gran amplitud, para los exportadores y proveedores de recursos genéticos como Costa Rica, hasta aquellos países que tienen condiciones de acceso con una amplitud limitada como: Bahamas, Cuba, El Salvador, Panamá y Uruguay; países sin ninguna condición, como: Argentina, Barbados y República Dominicana.

Con relación a los acuerdos mutuos entre grupos interesados y el estado sobre el acceso a los recursos genéticos en una escala de no, sí amplitud limitada, sí gran amplitud, los informes nacionales consultados muestran que varios países no han establecido acuerdos para el acceso a recursos genéticos, entre ellos: Argentina, Bahamas, Guatemala, República Dominicana, y países con acuerdos de acceso con una amplitud limitada y moderada como: Barbados, Costa Rica, Cuba (con gran amplitud), México, Panamá y Uruguay

En cuanto al proceso de consentimiento previo para el acceso a los recursos genéticos de la zona marítima de jurisdicción nacional, en una escala de procesos de: nulo desarrollo, primeras etapas de desarrollo, etapas avanzadas de desarrollo y procesos establecidos, la mayoría de los países se ubican en primeras etapas de desarrollo, estos son: Barbados, Costa Rica, Cuba, El Salvador, México, República Dominicana y Uruguay; sin ningún proceso de consentimiento previo, son: Argentina, Bahamas, Guatemala y Panamá.

Adicionalmente el panorama sobre la adaptación de medidas para asegurar que la investigación científica sobre los recursos genéticos, efectuados por otros estados, sea elaborada con plena participación de los países obtentores de esos recursos, muestra en una escala de adaptación de medidas de: ninguna medida, algunas medidas establecidas, posibles medidas en preparación y medidas completas establecidas; la mayoría de los países se ubican en el nivel de algunas medidas, éstos son: Costa Rica, Cuba, El Salvador, México, Panamá y República Dominicana, y sin ninguna medida: Argentina, Bahamas, Bermudas, Guatemala y Uruguay.

Los informes muestran que en cuanto a la adopción de medidas para asegurar una distribución justa y equitativa de los beneficios de la investigación y de la utilización comercial y de otra índole sobre recursos genéticos, en una escala de: adopción de medidas de ninguna medida, algunas medidas establecidas, posibles medidas en preparación, medidas completas establecidas que la mayoría de los países aun no han establecido medidas, estos son: Argentina, Bahamas, Barbados, Guatemala, República Dominicana y Uruguay); los que han adoptado algunas medidas estas son en todos los casos medidas políticas, legislativas y administrativas, son El Salvador, México y Panamá y algunos, como Costa Rica y Cuba, cuentan con medidas en preparación.

IV.

INCERTIDUMBRES DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LA MINERÍA MARINA EN EL ECOSISTEMA ABISAL

Debido a las especiales condiciones en las que se han realizado los primeros estudios y experimentos relacionados con la minería marina de los nódulos; así como las conclusiones basadas en sus resultados, han surgido muchas interrogantes respecto a los impactos que se producirían en una operación minera marina de profundidad a escala industrial. Sí bien no existen razones técnicas y científicas válidas para prohibir las pruebas mineras, se ha propuesto que las evaluaciones de riesgo ambiental en el fondo marino sean realizadas *in situ*, a escala pequeña con un enfoque ambiental precautorio, como un paso previo para monitorear las operaciones, a gran escala, (Bowrosky 2000).

Existe consenso respecto de un esfuerzo cooperativo y coordinado con el fin de profundizar en el conocimiento y resolver muchas interrogantes. Thiel *et. al.* (1991), Jankowsky y Zielgke, (1999), Chung *et. al.* (2002), y otros autores coinciden, en que existe incertidumbre científica, *inter alia*, en los siguientes grandes aspectos ambientales sobre de la minería de fondos marinos profundos:

- Sobre la formación, desarrollo y comportamiento de los penachos de sedimento, tanto a altura en la columna de agua, como en la profundidad, especialmente lejos de la fuente. Los datos generados en los experimentos previos son insuficientes para validar los modelos de transporte de partículas en especial sí son aplicados a descargas de escala industrial. El pronóstico de esas descargas sólo podrá verificarse hasta que ellas ocurran en escalas espacio-temporal reales en el monitoreo de sitios piloto.
- Definición de límites en los parámetros ambientales productores de impacto, tanto para uso en el monitoreo como en la vigilancia y en la validación de modelos.
- Clarificación y selección de las respuestas biológicas más obvias y relevantes a los impactos de la resuspensión de sedimentos y de la resedimentación, y clarificación de su escala de gravedad.
- En el análisis de las descargas de los desechos mineros, no se conoce la velocidad de evacuación (flujo y frecuencia) y concentración de sedimentos que pueda causar el menor impacto en un área determinada. En este sentido se estima que el agua de separación de los nódulos contiene aproximadamente entre un 10-20% de partículas de minerales. Por otra parte, los desechos de los procesos en superficie contienen agua de fondo, fragmentos de nódulos y fauna bentónica y restos de sedimento; en consecuencia el agua contenida en estos desechos puede disminuir la temperatura del agua en el sitio de vertimiento entre 7-10° C, produciendo un importante cambio térmico y las consecuencias relacionadas con ello. Con todo, la altura de la descarga de desechos ha sido objeto de muchos debates.
- Efectos crónicos y permanentes sobre la fauna bentónica causados por el penacho de resedimentación sobre las comunidades de organismos marinos lejos de la fuente.
- Tamaño mínimo de las áreas mineras que asegure la recolonización y recuperación de las comunidades de fondos marinos.

- Parámetros claves prioritarios que deben ser utilizados como indicativos de los impactos de la actividad minera.
- Categorías de impactos ambientales producidos por los diferentes sistemas y subsistemas mineros.
- Parámetros a evaluar en caso de un eventual procesamiento minero en superficie a bordo del barco minero o plataforma minera de superficie.
- Estimación del impacto neto de la actividad minera de fondos marino.
- Enfoques y criterios para la generalización de los impactos ambientales de la actividad minera en los diferentes sistemas y subsistemas mineros.
- Técnicas para la integración de los datos sobre alteración del fondo marino con otros datos ambientales, con el objeto de ayudar en el diseño en sistemas mineros más amigables con el medio ambiente.

A. Dificultades en las investigaciones ambientales para la minería de los fondos marinos profundos

Los estudios previos y experimentos llevados a cabo en la investigación minera de los fondos marinos, además de identificar los vacíos en el conocimiento, han coincidido en algunas dificultades para la obtención de la información que se requiera para evaluar el impacto ambiental de esta actividad. A la luz de la información disponible es posible identificar algunas limitaciones comunes, que son tanto inherentes a las técnicas y metodologías utilizadas, tales como: dimensiones involucradas, origen de los procesos naturales y condiciones ambientales. En este sentido el recuadro 5 señala los principales inconvenientes identificados.

Todos los resultados de las investigaciones y estudios experimentales -efectuados por los primeros inversionistas, como por otras organizaciones científicas-, incluyendo el trabajo previo de la Comisión Especial 3 de la Comisión Preparatoria de la Autoridad (Naciones Unidas, 1984a), fueron objeto de especial atención y análisis por la Comisión Jurídica y Técnica de la Autoridad para el diseño tanto del reglamento para la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos en la Zona, como para la preparación de recomendaciones para orientar el trabajo de los contratistas.

DIFICULTADES ENCONTRADAS EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN AMBIENTAL DE LA MINERÍA DE LOS FONDOS MARINOS PROFUNDOS

- La investigación ha operado a profundidades sobre las cuales no existe mucha experiencia; además los métodos y técnicas regulares de investigación científica tienen una limitada y algunas veces nula aplicabilidad, por lo que se ha requerido de una modificación, creación y adecuación de la tecnología. Mucha de esta nueva tecnología no ha sido examinada en cuanto a su capacidad de resolución.
- Las condiciones ambientales en las cuales operaría la minería de fondos profundos es muy difícil de reproducir en condiciones de laboratorio, por lo que muchos de los resultados experimentales tienen poca utilidad práctica para estimar lo que podría producirse en una minería comercial; sin embargo, tiene el valor de proporcionar un escenario que simularía lo que sucede bajo determinadas condiciones. Con todo es casi imposible modelar algunas condiciones por la gran cantidad de parámetros que intervienen en ellas.
- La investigación opera sobre un ecosistema general respecto del cual no existe mucho conocimiento, de tal forma que muchos de los hallazgos encontrados constituyen referencias que no permiten ser contrastadas por ser únicas. Muchos principios ecológicos que han sido aplicados en la investigación ambiental de los fondos marinos profundos, provienen de la experiencia obtenida en la investigación de aguas someras; en consecuencia la validez de su utilidad en los ambientes profundos aún no ha sido contrastada.
- Existe una dificultad en la predicción de las consecuencias ambientales de la minería de los fondos marinos que se deriva principalmente del hecho *que* aún se desconocen cuáles serán las técnicas y sistemas mineros que se utilizarán en la minería comercial.
- Muchas de las especies que habitan los ecosistemas de importancia minera en los fondos profundos, son estrictamente especies nuevas para la ciencia, la mayoría endémicas sobre las cuales no se conoce mucho sobre su biología, su comportamiento y hábitos, por lo cual la selección de respuestas biológicas al impacto de la minería es muy difícil de estimar.
- La investigación de las zonas mineras de profundidad es costosa y difícil; por otra parte las condiciones ambientales de los fondos no son fácilmente observables y medibles; por lo tanto, el conocimiento de los fondos es muy pobre. Finalmente, la adquisición del conocimiento es muy cara y requiere de nuevo y mejor equipamiento.
- Existe un reducido número de especialistas para las investigaciones de profundidad. Peor aun hay una ausencia de taxónomos y otras disciplinas absolutamente necesarias para enfrentar este tipo de estudios, cuestión que dificulta entender los hallazgos y otros procedimientos.

Fuente: Elaboración propia.

V.
**EL REGLAMENTO PARA LA PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN DE
NÓDULOS POLIMETÁLICOS EN LA ZONA INTERNACIONAL
(CÓDIGO MINERO)**

A. Antecedentes

La Comisión Jurídica y Técnica de la Autoridad, con arreglo a la Convención y al Acuerdo sobre la Parte XI, basándose en el trabajo previo efectuado por la Comisión Especial 3 de la Comisión Preparatoria de la Autoridad (Naciones Unidas, 1984a; United Nations, 1990), y en los estudios e investigaciones efectuados por los inversionistas y la comunidad internacional, preparó dentro de un proceso de negociación y consultas iniciado en el año 1989 y culminada en el año 2000, el Reglamento para la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos en la Zona Internacional, conocido como “*El Código*”. Fue aprobado en la 69ª sesión del Consejo y por la Asamblea de la Autoridad en su Sesión 76; el 13 de julio del año 2000 (ISBA. 2000a). Seguido de su firma, la Autoridad inició el 29 de marzo de 2001, la suscripción de contratos para la exploración de nódulos con los siete inversionistas pioneros inscritos (Naciones Unidas, 2002). Seis contratos tienen áreas de exploración en el Pacífico en la de Fractura Clarion-Clipperton ZFCC, y hay otro contrato con la India para una zona en la Cuenca Central del Océano Índico.

B. La estructura y alcance del Código

El reglamento constituye el primer segmento de un Código minero que eventualmente regula la exploración de todos los minerales de los fondos marinos, incluyendo aquellos descubiertos después de la adopción de la Convención de el año 1982 (CONVEMAR), como es el caso de los sulfuros masivos que se concentran alrededor de las ventanas hidrotermales localizadas en los fondos marinos. El Código es de aplicación inmediata y forma parte integral de la Convención y del Acuerdo sobre la parte XI, y por lo tanto se aplica en forma conjunta con las disposiciones de estos dos instrumentos como un único instrumento; asimismo, se interpreta de la misma manera como la Convención (ISBA, 2000). Su alcance es la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos y constituye la primera pieza jurídica producida por la autoridad. El Código requiere de la Autoridad para establecer y mantener revisiones periódicas de las reglas medio ambientales y de los procedimientos para asegurar una protección efectiva de los impactos ambientales producidos por actividades en la Zona.

Los aspectos principales del Código se refieren a:

- Protección y preservación del medio marino.
- El manejo de datos e información confidencial proporcionada por el operador minero a la Autoridad.

En el contexto del Código por definición, la exploración de nódulos polimetálicos en la Zona, , no se circunscribe a las actividades mineras *pe rse* sino que se extiende a aspectos de la investigación científica y ambiental pertinente, comercio e industria minera. (ISBA, 2002c).

El Código está estructurado en un texto principal que contiene 40 artículos en nueve partes, y 4 anexos. Las nueve partes del texto se refieren al régimen de prospección y exploración con regulaciones para la prospección y exploración de nódulos polimetálicos, sobre la protección del medio marino, por la actividad minera y procedimientos para salvaguardar la confiabilidad y la propiedad de la información. Los anexos, por su parte incluyen notificación y solicitud de planes de trabajo para la exploración, un modelo de contrato y cláusulas estándar. Adicionalmente, para facilitar su aplicación, la Comisión Jurídica y Técnica de la Autoridad, sobre la base de las previsiones el Código y conforme lo establece la Convención, ha preparado recomendaciones para orientar a los contratistas de las posibles repercusiones ambientales de la exploración de los nódulos polimetálicos en la Zona (ISBA, 2002a). Las recomendaciones tienden a facilitar la aplicación del Código y describen los procedimientos para reunir datos básicos y para vigilar toda actividad que se ejecute en la Zona que pueda causar daños graves al ambiente marino. Estas recomendaciones son analizadas más adelante.

Además, el Código establece un régimen legal mediante reglas que tanto la autoridad como los contratistas mineros deben observar en las actividades de prospección y exploración de depósitos de nódulos polimetálicos que se realicen en la Zona Internacional. La relación entre la autoridad y los contratistas sigue un sistema paralelo especificado en la Convención y modificado por el Acuerdo del año 1994, que tiene como función evitar el monopolio del fondo marino, ya que el esquema de concesiones de Zonas mineras requiere que por cada área aprobada, debe dejarse otra área reservada de tamaño y valor comercial similar que pueda ser utilizada por la Autoridad o por los países en desarrollo (ISBA; 2000b)

C. Contenido del Código

El Código contiene diferentes reglas para la prospección y para exploración que son analizadas en detalle en Artigas (2001a. y b.). La prospección está definida como una investigación de depósitos de minerales, incluyendo estimaciones de su composición y valor y no confiere derechos exclusivos. Requiere notificación del Secretario General de la Autoridad y no se puede llevar a cabo cuando existan pruebas fehacientes de daño ambiental grave. El prospecto está obligado también a cooperar en los programas de capacitación relacionados con la investigación científica y la transferencia de tecnología.

La exploración ha sido definida para cubrir el análisis, pruebas de equipos colectores, sistemas mineros, sistemas de procesamiento y estudios económicos y comerciales que están cubiertos por derechos exclusivos sobre el área geográfica explorada. La exploración requiere solicitud de aprobación, esto significa que no puede ser llevada a cabo antes que la Autoridad haya aprobado el plan de trabajo preparado por el contratista, mismo que ha sido especificado en su contrato celebrado con la Autoridad.

El Código para fines de exploración, requiere la presentación de diferentes tipos de información, tanto antes de la aprobación como durante las operaciones. Con arreglo al Art. 18 la información que debe acompañar la solicitud de aprobación de un Plan de Trabajo, (PT) es:

- Un programa de exploración que establezca su duración. Este programa debe incluir un programa de actividades (incorporar un plan de pruebas), para el período

inmediato de cinco años que incluya la descripción de los estudios sobre los factores ambientales, técnicos económicos y otros pertinentes.

- Una descripción detallada de un programa de estudio de referencia oceanográfico y ambiental; datos ambientales básicos, que faciliten la evaluación del impacto ambiental de las actividades mineras que se pretendan ejecutar.
- Una evaluación preliminar de los posibles efectos ambientales sobre el medio ambiente por las actividades de exploración.
- Un detalle de las medidas sugeridas para la protección y preservación del medio ambiente.
- Un programa práctico de capacitación de personal de la autoridad y de los países en desarrollo, con arreglo al Art. 15 del Anexo III de la convención e incorporado en el contrato, con arreglo al Art. 17 del Código.

Con arreglo al Art. 23 de la parte IV del Código, el Plan de Trabajo una vez aprobado por el Consejo, será trasladado a un contrato celebrado entre la Autoridad y el contratista, siguiendo la cláusula estándar del Anexo 4 y en la forma como se indica en el Anexo 3 del Código. La duración del contrato será de 15 años, con modificaciones en tiempo siguiendo el procedimiento indicado en el Código.

D. La dimensión ambiental del Código

La protección y preservación del medio marino constituye el marco de referencia para la sostenibilidad ambiental de la Zona (Artigas, 2001b). Si bien las normas para hacerlo están especificadas en su Parte V. “Preservación y protección del medio marino”, los aspectos ambientales interesan al Código en su totalidad. Todas las medidas de protección necesarias serán tomadas haciendo uso de la mejor tecnología disponible en la medida que sea razonablemente posible.

En la prospección, el interesado adquiere el compromiso, entre otros, de cumplir con las normas de la CONVEMAR relacionadas con la protección y preservación del medio marino y no se realizaría cuando existan pruebas fehacientes de la existencia de riesgo de provocar daño grave al medio ambiente. En caso de que durante las operaciones ocurra un daño grave al medio ambiente, o se realicen hallazgos arqueológicos, el prospector está obligado a notificar inmediatamente al Secretario General de la Autoridad, de esas situaciones.

En la exploración, el Código establece la obligación de adquirir información que permita complementar la caracterización del medio ambiente, facilitar la evaluación y la vigilancia ambiental. Al igual que en la prospección, el contratista está obligado a notificar inmediatamente en caso de accidentes que provoquen daños al ambiente y de hallazgos arqueológicos, así como tener seguros comprometidos en caso de accidentes. La Comisión Jurídica y Técnica, para facilitar los procedimientos del Código en lo que respecta a las repercusiones ambientales de la minería ha publicado guías orientadoras, que son tratadas más adelante.

El Código utiliza un enfoque precautorio, basado en el principio 15 de la Declaración de Río, de 1992, cada vez que usa, la Evaluación de Impacto Ambiental, como herramienta para conceptualizar y decidir sobre la viabilidad ambiental de los planes de trabajo mineros

(PT). Estas evaluaciones, son por definición documentos de anticipación que predicen, para el caso específico, las consecuencias ambientales sobre el medio marino del Plan de Trabajo Minero.

Para ello, el Código en sus requerimientos ambientales -con excepción de los aspectos sociales-, sigue de cerca, el contenido de un estudio de evaluación de impacto ambiental clásico, en su forma más generalizada con algunas modificaciones de procedimientos para permitir la evaluación, véase cuadro 5.

Cuadro 5

PARALELO CONCEPTUAL ENTRE EL CONTENIDO BÁSICO DE UN ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN SU FORMA MÁS GENERALIZADA Y EL CÓDIGO MINERO

Contenido Clásico de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.	Requerimientos ambientales del Código
<ul style="list-style-type: none"> • Descripción general de la acción propuesta (descripción del proyecto y sus actividades) • Descripción general del ambiente donde se pretende llevar a cabo el proyecto (y sus actividades) • Identificación de impactos y evaluación de efectos (sociales, económicos y ambientales) • Adopción de medidas de control mitigación y atenuación, para reducir y/o evitar los impactos • Un programa de monitoreo de la efectividad de las medidas de control y atenuación 	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción general del Programa de Exploración, con inclusión del programa de actividades y estudios a realizarse (Art. 12 y 18) • Designación y delimitación del área reservada, superficie-extensión, valor comercial estimado, información previa (Art. 15 y 16) • a) Evaluación preliminar de los efectos por las actividades propuestas Art. 18 (C) • b) Evaluación posterior sobre la base de los estudios básicos y la línea base de referencia. Art. 18(b) • Descripción de las medidas propuestas para la protección y preservación del medio marino Art. 18(d) • Programa para la vigilancia de los efectos Art. 31(4)

Fuente: Elaboración propia sobre la base de la información presente en el Código.

Se visualizan dos etapas de evaluación: una evaluación ambiental previa, (*a priori*) sobre la base de la información disponible que acompaña la solicitud de licencia para la exploración, que incluye además, detalles de las medidas sugeridas para la protección y preservación del medio ambiente; y una evaluación a posteriori, sobre las pruebas y/o ensayos mineros, que está apoyada por datos ambientales básicos y una línea de referencia básica (estado inicial de referencia). Esta evaluación se realiza con los datos que debe obtener el contratista durante la exploración, conforme a su programa de estudios básicos. Los estudios básicos tienen como objetivo facilitar la Evaluación de Impacto Ambiental producida por las pruebas de exploración.

Este tipo de procedimiento particular, parece estar orientado hacia el concepto de aprender sobre la marcha, ya que permite evaluar el impacto ambiental de las actividades mineras en la medida que se progresa en el desarrollo de las pruebas mineras. Además de flexibilizar la evaluación, permite medir también las consecuencias ambientales por introducción, después de iniciar operaciones de exploración, de cambios tecnológicos y de

procedimientos que sean productos de los avances tecnológicos y del progreso en los conocimientos. La vigencia de los programas mineros de exploración es de 15 años.

El Código, dentro de su contexto ambiental, también requiere establecer un programa de vigilancia para los efectos producidos por la actividad minera y un programa de monitoreo ambiental para examinar la efectividad de las medidas de mitigación propuestas. También señala la emisión de órdenes de emergencia en caso de accidentes durante las operaciones mineras que provoquen un daño ambiental grave. El consejo está autorizado por el Código para actuar en casos de emergencia resultantes de accidentes por operaciones mineras. Las órdenes de emergencia, emitidas por el consejo, están basadas en las consideraciones de la Comisión Científica y Técnica y en la información del contratista (ISBA, 2000c).

1. Consideraciones ambientales en el diseño de los sistemas mineros para la minería de nódulos

La evaluación ambiental sobre la actividad minera de los fondos marinos debe partir de dos premisas básicas: siempre se producirá un impacto ambiental, esto es, que la alteración ambiental es inevitable; y generalmente esta situación puede reducirse mediante la aplicación de medidas preventivas al diseño de los sistemas mineros y a las operaciones mineras tanto en superficie como en el fondo, véase recuadro 6. El sistema minero operaría a profundidades muy bajas, sobre fondos muy blandos, en ecosistemas extremadamente sensibles, poco conocido y en sitios ubicados muy lejos de las costas. Los puntos críticos donde se concentra la atención ambiental en el diseño de sistemas mineros, según Liu y Yang, (1999), son:

- La tecnología para coleccionar nódulos: Los aspectos ambientales en el diseño generan un efecto sobre los sedimentos y la creación de nubes (penachos) de sedimentos durante la recolección de material, igualmente para el caso del desplazamiento del vehículo minero, separación, lavado y trituración de nódulos,
- Las trayectorias seguidas durante el desplazamiento del vehículo y colector minero y la maniobrabilidad del vehículo minero: Los aspectos ambientales responden a la dirección de las trayectorias en el campo minero durante el desplazamiento del vehículo respecto a la dirección de las corrientes de profundidad,
- El transporte hacia superficie del material minero y los vertimientos de desechos, en las operaciones a bordo, como a la altura de las descargas: Los aspectos ambientales en el diseño de los sistemas de transporte corresponden a los penachos de sólidos suspendidos y reposición posterior.

CONSIDERACIONES BÁSICAS EN EL DISEÑO DE SISTEMAS MINEROS AMIGABLES CON EL MEDIO AMBIENTE DE LOS FONDOS MARINOS PROFUNDOS

Un sistema minero amigable con el medio ambiente debe entre otras cuestiones:

Permitir dejar la máxima cantidad de sedimento removido en el fondo, con el objetivo de reducir la cantidad de sedimentos que serán resuspendidos. Por lo tanto el vehículo minero deberá separar lo más cerca del fondo los nódulos del sedimento, dejando la mayor parte del sedimento separado en el fondo.

Reducir la altura del penacho (nube) de sedimentos resuspendidos. La altura inicial del penacho de profundidad, puede ser uno de los principales factores de la extensión del área de alcance del penacho. Para limitar el tamaño del área de cubrimiento del sedimento resuspendido es necesario reducir la altura del penacho.

Una mejor programación de los trayectos mineros de acuerdo con la topografía y las corrientes de profundidad. Se espera que las trayectorias sean perpendiculares a la dirección de las corrientes, para permitir que el sedimento resuspendido se reasiente en el área ya aprovechada. Con el objeto de mantener el colector minero en la trayectoria planeada se debe disponer de un sistema de control *in situ*.

El peso del colector minero debe ser lo más liviano posible de tal forma que no se entierre en el piso. La mayoría de los mecanismos para coleccionar nódulos están ubicados al frente del vehículo minero, por lo tanto este se mueve sobre un sedimento ya alterado, y el vehículo minero comprimirá y apelmazará la capa de sedimento subyacente pudiéndose enterrar y limitar su avance. Bajo condiciones seguras de maniobrabilidad el vehículo debe ser lo más liviano posible.

Prevenir atascamientos y/o obstrucciones en la tubería de levantamiento impidiendo la descarga de nódulos en la línea de tubería de transporte. Se pueden presentar fallas en el sistema de levantamiento de nódulos por obstrucciones con nódulos de mayor tamaño en la tubería de levantamiento. Esto puede ser solucionado por selección de sistemas apropiados de bombeo y por un mantenimiento adecuado del sistema de levantamiento.

Las descargas de desechos mineros producidas durante el transporte o durante las operaciones a bordo del barco minero han sido identificadas como peligrosas al medio ambiente marino. Se requiere de un sistema cerrado con una tubería de levantamiento desde el fondo hasta la superficie y una tubería de descarga desde la superficie al fondo. Esto eliminará los problemas creados por las descargas en la columna de agua, pero traslada los mismos problemas al fondo.

Prevención de escapes de petróleo/aceite. Cualquier escape de aceite del sistema minero es peligroso al medio ambiente. Estos escapes deben ser considerados en el diseño del sistema minero.

Principio del uso efectivo de los recursos naturales. El área minera debe ser aprovechada de la forma más limpia posible. Para ello, hay que mantener una alta proporción de recobramiento, mediante una alta eficiencia con relación al ancho del vehículo del colector minero. Una colecta de más del 90% o más en el ancho del colector constituye un principio de diseño importante. El ancho del colector debe ser al menos igual al ancho del vehículo minero. También una buena maniobrabilidad del colector de nódulos significa una menor superposición de áreas mineras y menos brechas entre los recorridos del colector lo que a su vez indica una alta eficiencia y alta producción, por lo que se recomienda el uso de vehículos mineros auto impulsado.

Fuente: Liu y Yang (1999)

E. La dimensión científica del Código

En términos generales, la investigación científica marina proporciona la base de datos para la aplicación del Art. 145 de CONVEMAR y para las regulaciones sobre prospección y exploración de nódulos polimetálicos en la Zona. En lo que se refiere al Código, éste enfatiza el papel de la Autoridad para el establecimiento de guías, procedimientos para la

protección y preservación del medio ambiente, a la vez requiere de los contratistas que solicitan una autorización para ejecutar un programa de exploración adjuntar, entre otros, la descripción de un programa de estudios oceanográficos y de obtención de datos ambientales básicos. Los principios y procedimientos establecidos en el Código y en la CONVEMAR establecen el marco para la investigación científica en la Zona. Aunque CONVEMAR, no distingue entre investigación básica y aplicada, (Birnie, 1994), ni tampoco define exploración y explotación. Para Pugh (2001) es claro que la investigación científica marina a que se refiere el Código, es diferente a la investigación que se conduce en alta mar, pero a diferencia de las investigaciones efectuadas en las otras áreas creadas por CONVEMAR (incluida la alta mar), la investigación en la Zona, se hace para beneficio de toda la humanidad.

En el Código, la investigación se centra exclusivamente en satisfacer las necesidades de información para que la operación minera se conduzca en forma segura, económicamente viable y ambientalmente amigable. Este principio específico se expresa en el Anexo III Condiciones Básicas de la Prospección, Exploración y Explotación, Art. 17, Anexo, párrafo 2 (b) y se lee: *“la exploración debe ser de suficiente duración para permitir, mediante la evaluación de un área específica, el diseño y construcción de equipos mineros para el área, y el diseño y construcción de plantas de procesamiento de pequeño y mediano tamaño con el propósito de examinar los sistemas de minería y procesamiento”* (Pugh; *op.cit*).

Lo anterior quiere decir que el principal énfasis en la investigación científica en la Zona, desde la perspectiva del Código, está dado en la ciencia que contribuye a facilitar la evaluación del impacto ambiental y a mejorar los procedimientos mineros y no a comprender los procesos básicos del medio ambiente marino *per se*. A una conclusión similar en ese sentido ha llegado el Grupo de Expertos Asesor de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental sobre el Derecho del Mar IOC-LOS (IOC, 2001).

Las investigaciones científicas (mediciones biológicas, químicas, físicas, oceanográficas), de los componentes del medio ambiente marino de la zona minera son requeridas para establecer las líneas básicas que permitan realizar las evaluaciones de impacto ambiental (Allotei, 2001). En el Anexo I explicativo de las recomendaciones para orientar el trabajo de los contratistas publicado por la Comisión Jurídica y Técnica, de la Autoridad, se describe el tipo de investigaciones necesarias para la evaluación ambiental en seis componentes ambientales y sus objetivos. (ISBA, 2002a). En efecto, la Autoridad, en el período antes de empezar con el desarrollo comercial minero, debe concentrarse, entre otros aspectos, en promocionar, desarrollar y adquirir el conocimiento científico necesario para el monitoreo de tecnologías relevantes, particularmente en la protección ambiental (Keemball, 2001).

El Art. 256 de CONVEMAR, señala que todos los estados y organizaciones internacionales competentes tienen derecho a realizar actividades de investigación en la Zona. Basados en este derecho, la investigación científica de los fondos marinos ha sido llevada a cabo activamente por unos pocos países, en forma independiente y no coordinadas a escala regional o global. Esto ha planteado dificultades de interpretación sobre el resultado neto de toda la información generada y ha puesto de relieve la dificultad para su intercambio. En

este sentido, una de las recomendaciones de la Comisión Jurídica y Técnica de la Autoridad, es el uso de protocolos a seguir en la obtención de datos básicos para asegurar su armonización y garantizar su comparación (ISBA, 2002a). Algunos inversionistas también han diseñado protocolos para sus propias necesidades, entre ellos IFREMER, véase recuadro 7. También en consideración a que las investigaciones independientes, sin bases de armonización, tienen poco valor para propósitos comparativos y que las mismas resultan altamente costosas, se ha sugerido, que las futuras investigaciones sean realizadas en forma cooperativa. Un ejemplo de ello es la investigación, en curso, sobre diversidad y flujo de genes que lleva a cabo la Autoridad en la Zona de nódulos del Pacífico en colaboración con las Universidades de Hawai y Shizouka (Japón), IFREMER (Francia), el Museo Británico de Historia Natural y el Centro de Oceanografía de Southampton (Reino Unido).

Recuadro 7

IFREMER, PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE REFERENCIA INICIAL EN ESTUDIOS BÁSICOS

El protocolo tiene por objetivo:

- Permitir una estandarización de las operaciones mineras en el mar.
- Recapitulización de documentos.
- Una carta de las estaciones a ser muestreadas.
- Una carta de los sondeos (batimetría).
- Una gráfica de las isóbatas (0.5 m).
- Gráfica morfo-sedimentaria.
- Una carta de los diferenciales morfo sedimentarios.
- Una carta de distribución de especies dominantes y de especies de interés comercial.
- Una carta sustantiva de las principales unidades biosedimentarias.
- Un informe que describa los instrumentos utilizados (sonar batimétrico, sonar de barrido lateral, sistemas de navegación, dragas, mareógrafo); los métodos de información para establecer los diferenciales, los resultados obtenidos (batimetría, morfoedimentología, flora y fauna), un análisis interpretativo de los resultados (comparación de la evolución sedimentaria) y evolución faunística.
- Un mosaico de imágenes de sonar.
- Frecuencia de operaciones (la evolución de los fondos marinos requeridos para una explotación de materiales marinos está regido por una acción conjugada de fenómenos antrópicos propios de la explotación. A fin de poder describir de la mejor forma posible las acciones respectivas a este tipo de fenómenos y constatar la posible evolución resultante es necesario disponer de un período de tiempo suficientemente largo. Se propone que las operaciones de muestreo sean realizadas con una frecuencia quincenal, según condiciones ambientales.

Fuente: IFREMER, Francia, 2004.

Se han propuesto varios temas de investigación científica con cooperación internacional que complementan los estudios de los contratistas. Estos temas están orientados a absorber, en un período razonable de tiempo, preguntas concretas para que la autoridad pueda cumplir sus funciones. El último taller de trabajo convocado por la Autoridad para estandarizar los datos medio ambientales y la información contemplada en el Código, hizo recomendaciones específicas en relación con una variedad de aspectos relacionados con la investigación científica, entre ellas, las siguientes:

- Investigación biológica cooperativa centrada en las respuestas de las comunidades marinas a los impactos producidos por la minería oceánica.

- Creación de una base de datos que permita a los investigadores acceder a la información obtenida por otros investigadores, incluyendo su centralización y difusión en formatos comunes.
- Coordinación en la taxonomía utilizando especialistas reconocidos para asistir y corregir la identificación de especies de fauna de las provincias de los nódulos.
- Intercambio de científicos para un beneficio mutuo de los contratistas respecto de la experiencia en la obtención de información científica.
- Cruceros oceanográficos cooperativos en los que los planes de crucero de investigación cubran áreas asignadas a los contratistas.
- Talleres de trabajo que permitan a los científicos y técnicos de los diferentes países involucrados en el monitoreo ambiental a examinar, comparar e intercambiar experiencias y otras actividades de estandarización, incluyendo el desarrollo de mediciones estandarizadas donde no existan.

También se ha mencionado la posibilidad del re-equipamiento de los submarinos nucleares rusos para uso en investigación científica marina (Naciones Unidas, 2000a).

De conformidad con el Art. 27 del Código y con el Art. 15 del Anexo III. de la Convención, todo contratista debe incluir un programa de capacitación de personal de la Autoridad de los países en desarrollo. Este programa de capacitación está centrado en la exploración y dispondrá la plena participación de todo el personal en todas las actividades previstas. A la fecha, por parte de los primeros inversionistas han recibido capacitación: 22 personas de 17 países en cinco disciplinas (ISBA, 2001), destacándose las ciencias geológicas seguido de la ingeniería metalúrgica, véase cuadro 6.

Cuadro 6

CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO POR REGIONES Y DISCIPLINAS A CARGO DE LOS PRIMEROS INVERSIONISTAS

Inversionistas	No. de estudiantes	Países	Regiones	Disciplinas
China	4	Angola, Sudan, República de Corea	África, Asia	Geología Geofísica Ing. Metalúrgica
F. Rusa	2	Arabia Saudita, Chile	Asia, América Latina y el Caribe	Ecología Geofísica
Francia	3	Túnez, Brasil	África, América Latina y el Caribe	Geología
India	2	Arabia Saudita, Gana	Asia, África	Geología
Japón	3	Gana. Rep. de Corea, Tailandia, Irán	Asia	Geología
OCI	4	Sudan, R de Corea, Pakistán, Belarus	África, Asia	Geofísica, Ing., Metalúrgica
República de Corea	4	Malasia, Filipinas, Camerún	Asia, África	Geología, Geofísica, Ing. Electrónica

Fuente: ISBA (2001).

Según el párrafo 3. del Art. 143, corresponde a los estados partes promover la cooperación internacional de la investigación científica en la Zona, en particular participando en programas internacionales y velando porque se elaboren programas por conducto de la

Autoridad o de otras organizaciones internacionales en beneficio de los estados en desarrollo y de los estados tecnológicamente menos desarrollados, con miras, entre otros, a fortalecer la capacidad de esos estados en materia de investigación. Existen varios programas científicos internacionales cooperativos, de alcance global, sobre diferentes aspectos de los procesos y recursos del océano, que sí bien no están enfocados *per se* en los fondos marinos dentro de la perspectiva de la minería oceánica, proporcionan información y un espacio de participación que ayuda a mejorar el conocimiento de las repercusiones que tendría la minería en el ambiente de los fondos profundos.

Estos programas y/o proyectos son, *inter alia*, el programa global DIVERSITAS que investiga la biodiversidad en un trayecto de 700 Km sobre los fondos oceánicos en la cuenca oceánica frente a Angola y Namibia a una profundidad de 5.200 m; el Sistema Global de Observación del Océano (GOOS); el Experimento Global de Circulación Oceánica (WOCE), que es un experimento orientado hacia el desarrollo de modelos de circulación oceánica y de la hidrodinámica del océano global; el Sistema Global Integrado de Servicios Oceánicos (I-GOSS); el Programa sobre Variabilidad Climática y Predecibilidad (CLIVAR), es un programa orientado al monitoreo del clima oceánico en escala década; el Estudio Global Conjunto del Flujo Oceánico (JGOFS), orientado a mejorar el conocimiento sobre el ciclo del carbono, especialmente la fijación de CO₂, y el Proyecto Dinámica del Ecosistema Oceánico Global (GLOBEC), diseñado para entender cómo los cambios en el medio ambiente global afectan la abundancia, diversidad y producción de las poblaciones de organismos marinos del océano, (IOC, 1998).

Vinculado a los aspectos científicos, está la reunión de información y la creación de una base de datos técnicos y científicos para facilitar el uso, interpretación, comparación e intercambio de la información generada por las investigaciones. Para ello, se ha dispuesto la creación de un Fondo Centralizado de Información administrado por la Autoridad operado como un sistema integrado con interfases para la informática e Internet el que puede ser utilizado como un instrumento de gestión e investigación (ISBA, 2002b).

F. La dimensión tecnológica del Código

Las consecuencias ambientales de la minería oceánica dependen en gran medida de la tecnología empleada. Es muy difícil hacer evaluaciones ambientales sin conocer qué tipo de tecnología se va a utilizar, por eso el procedimiento particular de evaluación que considera el Código es flexible.

Las obvias dificultades que imponen el medio ambiente donde se ubican los recursos minero marinos de profundidad hacen de la minería oceánica una empresa de mucho riesgo que demanda un considerable esfuerzo económico y de investigación tecnológica e ingenieril. En términos generales, la minería de fondos marinos operaría bajo condiciones ambientales extremas y particulares, profundidad (5-6 Km), altas presiones, baja temperatura, oscuridad, alejada de la costa y en ambientes poco conocidos. Adicionalmente los yacimientos de minerales ocupan ecosistemas muy especiales, con una elevada biodiversidad y baja productividad. Todo ello, ha permitido que la tecnología para la explotación haya sido objeto de muchos estudios y especulaciones. Las investigaciones tecnológicas que se orientan hacia la exploración y explotación comercial de esos recursos debe permitir cumplir con propósitos comerciales (económicos), ambientales y de

seguridad. El recuadro 8, muestra las consideraciones ambientales a tener en cuenta en el diseño de la tecnología para la exploración de nódulos polimetálicos. Esta tecnología, al igual que la investigación científica, es diferente a la de otras ciencias del mar, pero comparten técnicas que sirven para los dos propósitos.

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental COI (2003), ha señalado a través de su grupo de expertos en derecho del mar IOC/ABE-LOS que, la tecnología marina incluye:

- Información y datos, utilización de formatos armonizados vinculados a las ciencias marinas y servicios marinos relacionados.
- Manuales, guías, criterios, estándares y materiales de referencia.
- Equipamiento de muestreo (muestras biológicas, geológicas, agua y muestras químicas).
- Facilidades de observación y equipamiento; como por ejemplo: servicios de sensores remotos, boyas, mareómetros, plataformas y otros medios de observación del océano.
- Equipos de observación in situ y laboratorios de análisis.
- Equipos de computación incluyendo modelos y técnicas de modelaje.
- Experiencia y conocimiento tradicional, *know-how*, métodos analíticos relacionados con la investigación científica marina y la observación.

1. Tecnología para la investigación minera de fondos abisales

La tecnología para la investigación, combina instrumentos, técnicas, métodos y uso de protocolos para la obtención de muestras, realización de lecturas y mediciones, mantenimiento y preservación de muestras, calibración de equipos y plataformas especialmente equipadas de investigación. En el posicionamiento de las plataformas de investigación se utiliza el Sistema Global de Posicionamiento, PSE, véase figura 3. La investigación geológica usa diferentes tipos de muestreadores, dentro de ellos, el de Pistón, (PC), dragas de caja, para la obtención de muestras de sedimentos y de nódulos, véase figura 4. También se utilizan sistemas automáticos de fotografía submarina, video y televisión conectados a sensores en superficie, cámara continua submarina de profundidad (continuos deep-sea camera), CDC, que proporciona una serie continua de fotografías del fondo marino, mediante un dispositivo suspendido que es activado en contacto con el fondo.

Estos métodos anteriormente escritos proporcionan información biológica y geológica. Las evaluaciones geofísicas sobre perfiles del fondo y subfondo marino, se realizan utilizando técnicas acústicas, ecosondas que usan la refracción del sonido, de baja frecuencia. Para esto se utiliza un sistema de exploración de frecuencia múltiple MFES, (*Multi-frequency Exploration System*), que usa métodos acústicos para proporcionar información sobre la distribución de los nódulos, véase figura 5. Otros sistemas son *Narrow Beam Sounder* (NBS) y *Multi-Beam Echo-Sounder* (MBES), que proporciona imágenes topográficas de alta calidad y precisión de señales enviadas por un transmisor ubicado en el fondo de la plataforma de investigación en superficie con un monitoreo de 10 Km de ancho, una frecuencia de 15.5 Khz., a una profundidad de 5.500 m. (Shuto; 1999). También la toma de muestras se hace utilizando vehículos sumergibles operados a control remoto, algunos tripulados, con una variada gama de sofisticación y de robótica, como los usados por IFREMER, como el Nautilus y el PIA 2-600 (véase figura 6), (Herrouin, 1999).

COMPONENTES AMBIENTALES DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS Y OBJETIVOS DE SUS MEDICIONES. (ISBA, 2002A)

Componente de oceanografía física. Es requerido para reunir información que ayude a caracterizar el medio ambiente y establecer las condiciones ambientales previas antes de su alteración por la actividad minera. Esta información permitirá determinar el alcance y magnitud de las intervenciones mineras. La información oceanográfica permite:

- Modelar el penacho de turbidez y calcular su área máxima de influencia (alcance),
- Medir a la profundidad a la que han de realizarse las descargas, las corrientes y las partículas a fin de prever el comportamiento del penacho de turbidez, incluyendo las mismas mediciones en los estratos superiores,
- Conocer la estructura oceanográfica superficial, mediante sondeo de conductividad, temperatura y profundidad,
- Conocer y analizar la estratificación de la totalidad de la columna de agua,
- Conocer la estructura de las corrientes y de los campos térmicos, mediante trazadores acústicos Doppler de perfiles de corrientes y de otros métodos de medición.

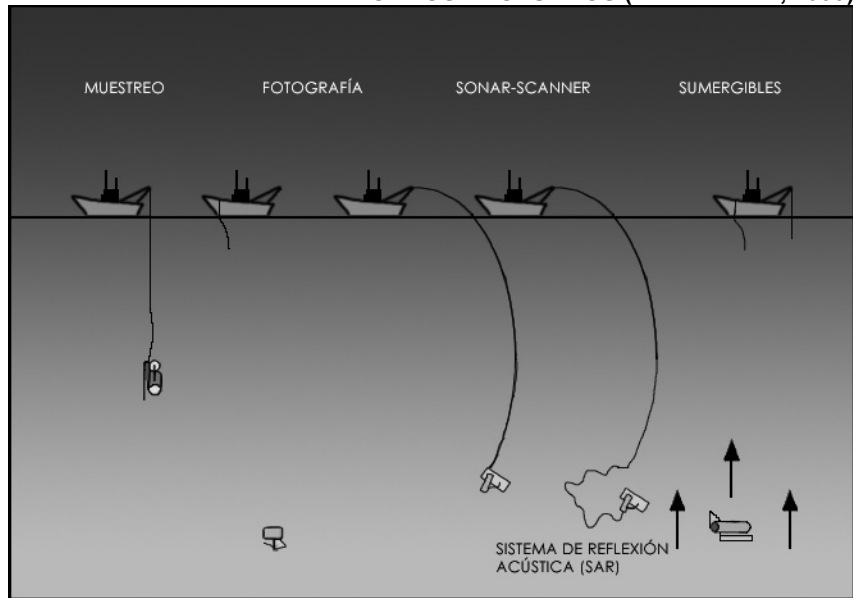
Componente de oceanografía química. La información básica de este componente es requerida para caracterizar la composición química del agua antes de que se produzcan descargas en ella, incluyendo del agua que cubre los nódulos (agua de profundidad). Esta información es utilizada para estimar el efecto en la actividad biológica que tendrá la modificación de la composición química del agua producida por las pruebas de exploración minera de recogida de muestras de nódulos. Esta información permite conocer los procesos de intercambio químico entre las aguas que cubren los nódulos, el sedimento y la columna de agua, conocer la concentración de oxígeno disuelto, el contenido de nutrientes y de carbono orgánico, del agua que cubre los nódulos, conocer las condiciones generales previas de la columna de agua antes de cualquier descarga, las variaciones naturales temporales de oxígeno disuelto, nutrientes clorofila y contenido de materia orgánica.

Componente de propiedades del sedimento. Esta información es básica para prever el comportamiento del penacho de la descarga y su efecto sobre las estructuras y funciones de las comunidades de organismos marinos, la actividad biológica y la trama trófica. Requiere de mediciones de: gravedad específica, densidad volumétrica, tamaño de los gránulos, profundidad a la cual el sedimento cambia de estado óxico a subóxico, carbono orgánico e inorgánico del sedimento y nutrientes, carbonatos (alcalinidad), estado de oxidación-reducción del agua intersticial a una profundidad de 20 cm.

Componente biológico. Esta información básica es requerida para determinar las condiciones "naturales" de las comunidades de organismos marinos de los fondos abisales antes de las pruebas de exploración minera y el tipo de respuestas biológicas de las comunidades bentónicas y pelágicas a los impactos producidos por estas pruebas. Esta información permite establecer las condiciones naturales antes de las actividades mineras y posteriores a ellas para estimar la capacidad de extinción de especies por la actividad minera y la velocidad de recolonización y capacidad de recobramiento. La información biológica básica requerida depende del tamaño y tipo de fauna bentónica. Para la macrofauna, megafauna y mediofauna, se requieren datos de abundancia, estructura y diversidad y distribución, con información sobre la topografía del fondo, tipo de sedimento y abundancia y tipo de nódulos. Para la microfauna se requieren muestras utilizando pruebas de adenosina trifosfato (ATF), para la fauna nodular se necesita obtener información sobre su abundancia y la estructura de sus comunidades, para los depuradores bentónicos es básico documentar la dinámica del sedimento superficial y la frecuencia de las resuspensiones con el objetivo de poder medir el grado de actividad de la megafauna. También es necesario conocer la composición específica de las comunidades.

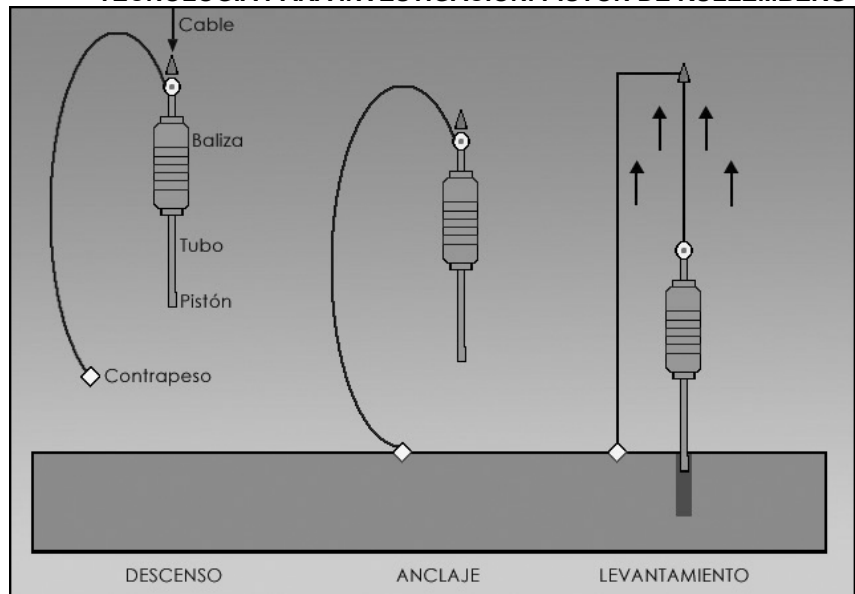
Bioperturbación. Esta información básica responde a la necesidad de reunir información sobre la "variabilidad natural" para trazar modelos y determinar los efectos que produce el penacho sobre las comunidades de organismos del fondo del sitio minero. Se utiliza como medida el "índice de bioperturbación" es decir el grado de mezcla de sedimentos por los organismos a fin de analizar el grado de actividad biológica anterior a las actividades mineras. El índice se mide a partir de la actividad excesiva del isótopo Pb-210. La información permite comparar la actividad biológica-medida por bioperturbación, antes de las actividades mineras y la inhibición de esta actividad por el penacho de sedimentos producidos por la actividad minera.

Figura 3
SISTEMAS BÁSICOS DE INVESTIGACION EN MINERIA DE FONDOS PROFUNDOS (DE IFREMER, 1999)



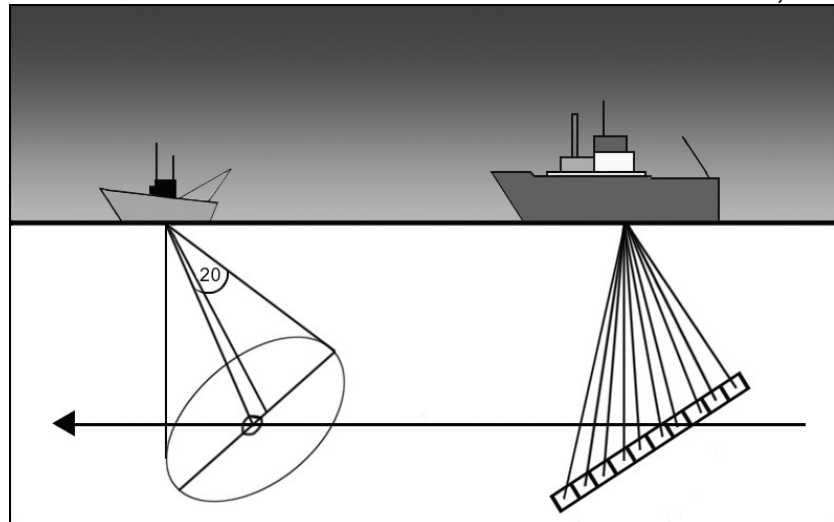
Fuente: IFREMER, Francia, 2004

Figura 4
TECNOLOGÍA PARA INVESTIGACIÓN. PISTÓN DE KULLEMBERG



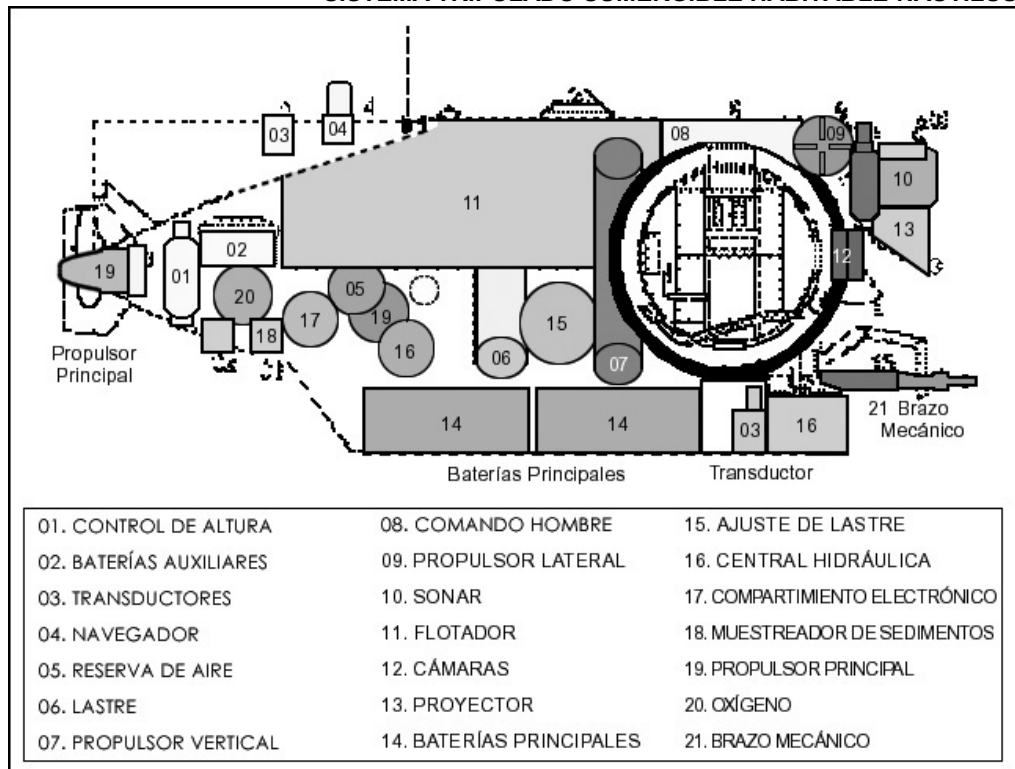
Fuente: IFREMER, Francia, 2004.

Figura 5
SISTEMAS HIDROACUSTICOS DE INFREMER, 1999



Fuente: IFREMER, Francia, 2004

Figura 6
SISTEMA TRIPULADO SUMERGIBLE HABITABLE-NAUTILUS



Fuente: IFREMER, Francia, 2004

2. Tecnología para la exploración minera en fondos abisales

La investigación tecnológica en la exploración es una actividad en progreso con cambios frecuentes en su desarrollo, y es por ello que se ha predicho que la tecnología cambiará en las próximas décadas antes de que la minería marina de profundidad llegue a ser una realidad (ISBA, 1999).

El Código establece procedimientos flexibles para la incorporación de esos cambios tecnológicos en el plan minero y para su evaluación y vigilancia. Existen muchos grupos intregados por varios consorcios internacionales investigando el diseño y haciendo pruebas experimentales sobre prototipos de sistemas mineros y sobre sus componentes. Estos consorcios tienen grupos de investigación tecnológica principalmente de los países inversionistas: Corea del Sur, China, Estados Unidos, Francia, India y Japón; por lo tanto estos estudios y pruebas experimentales van desde dispositivos libres de muestreo, equipamiento mecánico, sistemas de video, cámaras on-line conectadas a sensores remotos, scanner, vehículos operados a control remoto, colectores mineros, sistemas de levantamiento de minerales, plataformas mineras, procesos mineros. Esta tecnología tiene dos características básicas: (a) está basada en pruebas a pequeña escala, en laboratorio y asunciones relacionadas con la eficiencia, y (b) utiliza conceptos de otras áreas, principalmente de las operaciones de petróleo y gas costa-afuera, combinadas con investigaciones mineras.

3. Sistemas mineros

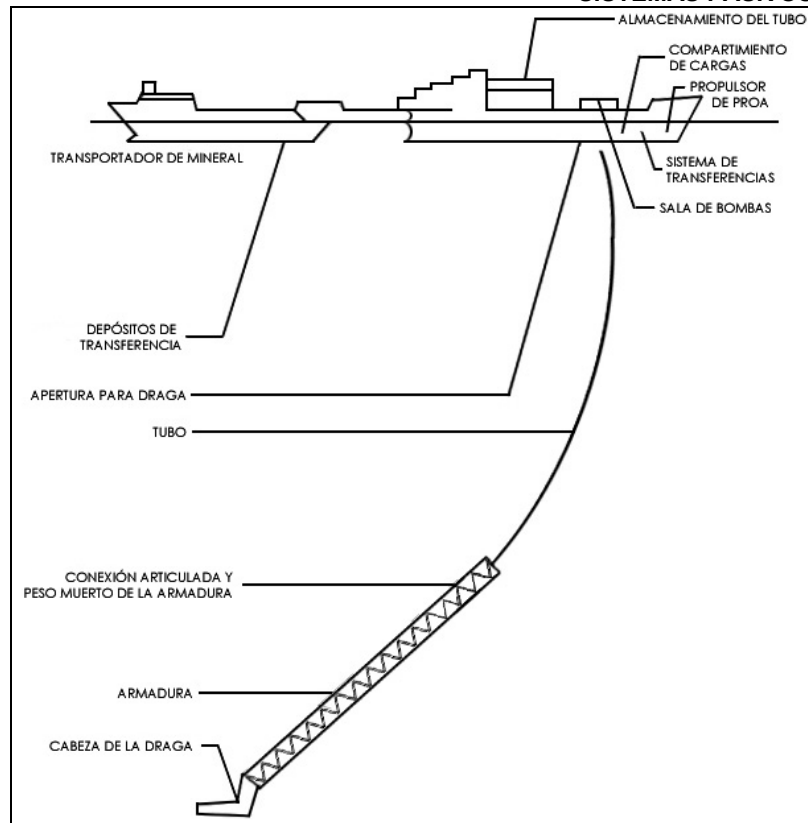
La minería de los nódulos marinos consiste en remover nódulos de la superficie semilíquida del fondo marino en los planos abisales, para llevarlos a la superficie. En ella se reconocen los siguientes componentes fundamentales: el vehículo minero, el colector minero, el sistema de transporte a la superficie del material y la plataforma de superficie. El vehículo minero puede ser autónomo o puede ser movido desde superficie por el barco minero; el colector minero, remueve los nódulos de la superficie semilíquida del fondo. Estos colectores pueden ser activos o pasivos, según operen o no con una fuente de poder; véase figuras 7 y 8. El transporte, es la conexión que existe entre el colector y la plataforma en superficie y es en sí la forma que utiliza el sistema minero para llevar a la superficie el material obtenido por el colector minero.

a) Sistemas pasivos y activos

Los sistemas pasivos funcionan sin una fuente externa de poder, son siempre dragas de arrastre no auto-impulsadas. Son sistemas simples que operan rastrillando o raspando el piso oceánico, véase figura 7. Al contrario los sistemas activos requieren de una fuente de poder operada desde la plataforma en superficie y pueden ser arrastrados o auto impulsados, véase figura 8. Los colectores pasivos de los sistemas pasivos tienen dos componentes, que incluyen los medios para colectar y acumular nódulos dentro de la rejilla y la forma como entran los nódulos en el elevador. Existe una variedad en este tipo de colectores, algunos de ellos también con variaciones. El más común es la draga romboide, descrita en detalle en Brokett (1999).

Figura 7

SISTEMAS PASIVOS



Fuente: (www.isa.org.jp)

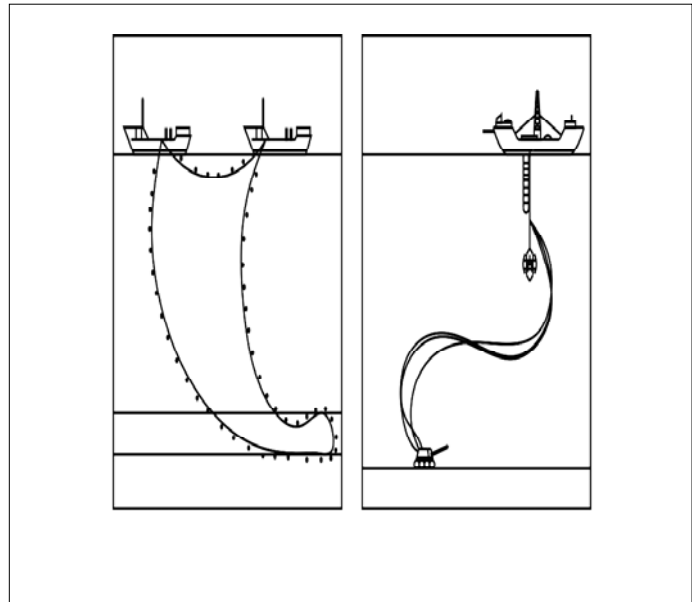
Los sistemas activos, tienen colectores que pueden ser a su vez, mecánicos, hidráulicos e híbridos. Los diseños activos mecánicos usan piezas mecánicas móviles, como cadenas rotativas con cangilones, que combinan tanto la recolección de nódulos como su transporte. Los colectores que utilizan diseños mecánicos tienden a levantar los nódulos de la capa superior del sedimento, formando una mezcla de nódulos y sedimentos para ser transportados al sistema de levantamiento, véase figura 8. En los de diseño híbrido, el sedimento es removido al pasar la mezcla sedimento-nódulos mediante de una serie de boquillas diseñadas para lavar el sedimento de los nódulos y llevarlos fuera del colector. El sistema hidráulico activo, utiliza el movimiento del agua para levantar y mover nódulos. En los tipos más simples, la fuerza hidráulica es generada en el colector por bombas en un ciclo abierto (Brokett, 1999).

b) Los Sistemas 3 K y Vell

A la fecha las investigaciones se han concentrado en dos conceptos básicos para la operación minera: vehículos mineros auto-impulsados y colectores de arrastre. Consecuentemente dos métodos parecen ser los más factibles: El Sistema VELL o de Línea Vertical Sinfín, (*Vertical Endless Line Fits*) que utiliza el Sistema de Cangilones continuos en Línea, CBL (*Continuos Bucket Line*) y el Sistema de Minería Oceánica 3K que utiliza Sistemas Hidráulicos, el cual está descrito detalladamente en ISBA (1999).

En el sistema 3K los nódulos son levantados por el colector que se desplaza arrastrando el fondo y utilizando una tubería hidráulica o de aire (sistema pasivo); por otra parte también son levantados mediante un colector autopropulsado (sistemas activos). Tanto los sistemas pasivos como los activos trabajan con o sin inyección de aire a presión. Los sistemas activos o autopropulsados, son sistemas complejos, y pueden estar compuestos por unidades separadas de propulsión, navegación, levantamiento de nódulos, trituración y separación de nódulos del sedimento.

Figura 8
SISTEMAS ACTIVOS



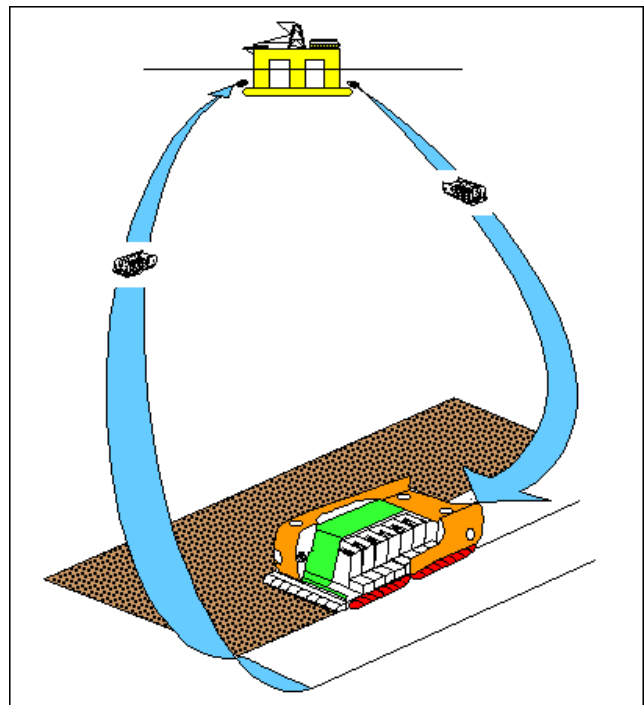
Fuente: ISBA Office of Resources and Environmental Monitoring Kingston, Jamaica, (1999), "Proposed technologies for deep seabed mining of polymetallic nodules" *Proceedings of the International Sea Bed Authority's, Part I Technologies for Deep Seabed Exploration and Exploitation.*

El Sistema VELL, Sistema de Cangilones Continuos en Línea (CBL) ha sido propuesto por Masuda, Cruickshank y Mero, (1971), citados en ISBA, (1999), para recuperación de nódulos, y también para uso en la minería de fosforito; este sistema fue descrito por primera vez por NOAA (1981). En su forma original usa un barco con una cinta o una cadena provista de cangilones unidos en línea que son llevados al fondo del mar desde la popa del barco; los cangilones raspan la superficie del fondo y regresan con material por la proa del barco. (Lui y Yang, 1999). A fin de disminuir las desventajas de este sistema y aumentar flexibilidad a las operaciones se ha diseñado otro sistema de doble plataforma (dos barcos), es decir: uno de ellos, envía a fondo los cangilones vacíos, y el otro, ubicado cerca de este, recibe los cangilones llenos de material minero. La distancia entre la parte de la cinta o línea de cangilones que baja y la que sube, depende de la posición de las dos plataformas. En este sistema, los nódulos son recuperados y enviados a superficie sin trituración previa.

c) Sistemas especulativos

Existe un tercer método propuesto cuyos sistemas aún no han sido probados, llamados métodos especulativos, que proponen el uso de vehículos submarinos robotizados. Todos los sistemas han sido diseñados para optimizar el tiempo de las operaciones mineras, disminuir los costos y los gastos de energía, minimizar la cantidad de sedimentos que son tomados en la recuperación de los nódulos, reducir las descargas de los desechos mineros y hacer las operaciones mineras seguras y ambientalmente amigables, véase figura 9. Con este horizonte, la tecnología ha venido incorporando sistemas para una mejor precisión de las operaciones mineras que incluyen, entre otros, el uso de la telemetría y sensores remotos, navegación y posicionamiento satelital. La mayor parte de la tecnología más reciente ha venido siendo derivada de la robótica submarina y de la tecnología aplicada a las operaciones costa afuera de gas y petróleo, Duran (1997). Por otra parte, proporciona un nuevo enfoque para las actividades mineras de profundidad que difiere sustancialmente de la percepción actual que se tiene para la futura explotación comercial de los minerales de los fondos marinos, véase recuadro 9. Conforme a este autor, esta nueva visión incluye uso de vehículos robóticos de flotación libre y navegación autónoma capaces de realizar evaluaciones geofísicas submarinas y perforaciones inteligentes para muestras de minerales, excavadoras y retroexcavadoras con diferentes combinaciones de sensores, con capacidad de decisión local para operar selectivamente y transportar a superficie depósitos de mineral de alto grado.

Figura 9
SISTEMAS ESPECULATIVOS



Fuente: INFREMER, 1999, sitio en internet: www.ifremer.fr

Uno de estos sistemas especulativos es un sistema modular de un sumergible autónomo de profundidad, que recolecta y transporta nódulos desde el fondo a la superficie. El

sumergible sería lastrado con un peso igual que le permita operar a profundidad sin enterrarse e ir desplazándose sobre el fondo y deslastrándose, a medida que recolecta nódulos, compensando el peso del lastre con el peso de los nódulos recolectados. La operación de recolección de nódulos es rápida y corta antes de la liberación total del lastre, lo que se efectúa hasta que el peso del vehículo minero sea cero o negativo, para regresar a la superficie donde es liberado de la carga y vuelto a lastrar para iniciar de nuevo la operación, (ISBA, 1999).

Recuadro 9

LA PROXIMIDAD DE LA MINERÍA COMERCIAL DE LOS FONDOS MARINOS EN UN HORIZONTE CERCANO DE TIEMPO

Los avances tecnológicos han hecho más eficiente la recuperación de los recursos; y un mayor acceso a las zonas de los fondos oceánicos esta incrementado la variedad de los recursos marinos económicamente recuperables. Existe un potencial considerable para la explotación de esos recursos en el futuro, como consecuencia de una mejor tecnología y de prácticas de control de riesgo que han reducido considerablemente los costos de desarrollo, la exploración y la explotación de hidrocarburos en algunas zonas sedimentarias de mayor profundidad sobre la plataforma continental. Actualmente las actividades en aguas profundas y ultraprofundas se concentran en el margen del Atlántico (en las costas de Noruega y Reino Unido), el Golfo de México, África Occidental (costa de Angola y Nigeria) y Brasil. En los dos últimos años otras zonas que han atraído la atención de las empresas que operan en aguas profundas, son las costas de Labrador, Nueva Escocia, el mar Mediterráneo, la India Oriental, y Nueva Zelanda. En México, la producción de petróleo de aguas profundas en el año 2000, sobrepasa por primera vez, la producción de aguas someras. La producción de aguas profundas representa aproximadamente dos tercios de la producción total. La profundidad media de las torres petroleras, como la *Discovery Spirit* (de *Transocean Sedco Fores*), es de 10.000 pies (3.048 m). En las costas de Brasil, la torre petrolera *Deepwater Expedition*, opera a una profundidad mayor de 3.000 m y la mayoría de los bloques en el mar, asignados para la exploración petrolera en el Brasil se localizan a más de 2.000 m de profundidad.

Fuente: Extracto del Informe del Secretario General de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos en el Octavo periodo de Sesiones de la Asamblea, Agosto de 2002, (ISBA, 2002b)

G. Recomendaciones para facilitar la aplicación del Código

La Comisión Jurídica y Técnica del ISBA, después de un proceso de cerca de tres años (1998-2002), iniciado con las Guías de Sanya (Isla Hainan, China, 1998); (ISBA, 1999), y que involucró dos talleres de trabajo: “Tecnologías para la minería de fondos marinos” Jamaica, agosto de 1999 y “Recursos minerales diferentes de los nódulos polimetálicos”, Jamaica, junio 2000; durante este proceso se aprobó una serie de recomendaciones para facilitar la aplicación del Código. Las guías fueron publicadas el 13 de febrero del 2002, como Recomendaciones para orientar a los contratistas con respecto a la determinación de las posibles repercusiones ambientales de la exploración de los nódulos polimetálicos en la Zona. (ISBA, 2002a).

Estas recomendaciones básicamente identifican y sugieren procedimientos para obtener datos ambientales básicos para establecer líneas de base ambiental que faciliten las evaluaciones de las repercusiones ambientales producidas durante la exploración minera. Apuntan, además, a mejorar los datos que serán obtenidos por los contratistas, siguiendo formatos uniformes y que serán compilados por la autoridad para disposición de los distintos usuarios. Los datos ambientales básicos, constituyen una de las dos etapas de la realización de estudios ambientales que son incluidos en los planes de trabajo de exploración. La otra etapa es la vigilancia ambiental que se efectúa antes y después, de las

pruebas de los sistemas y equipos mineros, esta sección del documento está basada en esas recomendaciones.

1. Estudios ambientales básicos

De acuerdo con ISBA (2002a), los objetivos específicos de los estudios ambientales básicos son:

- Definir los componentes ambientales (biológicos, químicos, físicos y geológicos) que se deben medir y los procedimientos que aplicarán los contratistas para evitar, reducir y/o atenuar los impactos producidos sobre el medio marino por las actividades señaladas en sus planes de trabajo de exploración;
- Facilitar la presentación de los informes elaborados por los contratistas;
- Proporcionar orientación a los posibles contratistas para la elaboración del plan de trabajo de exploración de nódulos polimetálicos, de acuerdo con la Convención, el Acuerdo sobre la parte XI y el Reglamento.

De acuerdo con el párrafo 4 del Art. 31 del Reglamento, los contratistas, reunirán datos básicos sirviéndose de la mejor tecnología disponible y aplicando protocolos rigurosos, con controles de calidad internacionalmente aceptados y uso de técnicas analíticas certificadas. Los datos básicos corresponden a seis componentes principales que están descritos en detalle en el Anexo I del documento sobre las Recomendaciones (ISBA/7/LTC/1/Rev.1 de febrero 3 del 2002). Los datos básicos relacionados con los seis componentes se resumen a continuación:

- **Componente de oceanografía física.** Es requerido para reunir información que ayude a caracterizar la dinámica del medio ambiente físico y establecer las condiciones ambientales previas antes de su alteración por la actividad minera. Esta información permitirá determinar el alcance y magnitud de las intervenciones mineras. La información oceanográfica permite: modelar los penachos de turbidez, calcular el alcance máximo de la resuspensión y medir las profundidades para hacer las descargas.
- **Componente de oceanografía química.** La información de este componente es requerida para caracterizar la composición química del agua antes de que se produzcan descargas en ella, incluyendo aquella que cubre los nódulos (agua de profundidad). Esta información es utilizada para estimar el efecto sobre la actividad biológica debido a la modificación de la composición química del agua producida por las pruebas de exploración minera de recogida de muestras de nódulos.
- **Componente de propiedades del sedimento.** Esta información es para prever el comportamiento del penacho de la descarga y su efecto sobre las estructuras y funciones de las comunidades de organismos marinos, la actividad biológica y la trama trófica. Requiere de mediciones de gravedad específica, densidad volumétrica, tamaño de los gránulos, profundidad a la cual el sedimento cambia de estado óxico a subóxico, carbono orgánico e inorgánico del sedimento y nutrientes, carbonatos (alcalinidad), estado de oxido-reducción del agua intersticial a una profundidad de 20 cm.
- **Componente biológica.** La información es requerida para determinar las condiciones “naturales” de las comunidades de organismos marinos antes de las

pruebas mineras y el tipo de respuestas biológicas a los impactos producidos. La información permite estimar la capacidad de extinción de especies, la velocidad de recolonización y su capacidad de recuperación. La información biológica básica requerida depende del tamaño y tipo de fauna bentónica. Se requieren datos de composición de especies, abundancia, estructura, diversidad y distribución, con información relacionada.

- **Bioperturbación.** Esta información básica responde a la necesidad de reunir información sobre la “*variabilidad natural*” para trazar modelos y determinar los efectos que produce el penacho sobre las comunidades de organismos del fondo del sitio minero. Utiliza como medida el “*índice de bioperturbación*” o sea, el grado de mezcla de sedimentos por los organismos a fin de analizar el grado de actividad biológica anterior a las actividades mineras. La información permite comparar la actividad biológica-medida por bioperturbación utilizando Pb-210, antes de las actividades mineras y la inhibición de esta actividad por el penacho de sedimentos producidos por la actividad minera.
- **Sedimentación.** Esta información también es necesaria para conocer la “*variabilidad natural*” y trazar modelos sobre los efectos del penacho que se forma a profundidades medias, utiliza trampas de sedimentos para comparar las “*descargas naturales de partículas*”, con las producidas por la actividad minera.

Además, de la anterior información, ISBA (2002a), recomienda tener en cuenta otros aspectos fundamentales relacionados con la estimación de los impactos, estos son:

- **Relación dosis-respuesta.** Esta función mide la reacción de las comunidades bentónicas a una dosis dada de resedimentación y su vinculación a los modelos sobre penachos de sedimentos.
- **Efectos de la alteración crónica.** Miden el efecto producido por diferentes resedimentaciones en una zona determinada. Permite conocer con que frecuencia se pueden producir en el área minera un penacho con una cantidad de sedimentos que no produzcan impactos negativos en el ecosistema.
- **Escala espacio-temporal.** Mide la recuperación de las comunidades de organismos marinos después de alteración intensa. En especial las alteraciones producidas por la descarga de desechos mineros en superficie y el efecto del penacho de sedimentos en la columna de agua.

En consideración a la variación regional y estacionaria de la termoclina y a los posibles efectos producidos por las descargas de desechos mineros que se efectúen por debajo de la termoclina y de la zona de contenido mínimo de oxígeno. En este sentido, ISBA (2002a) recomienda estudiar el gradiente estacional de la profundidad tanto de la termoclina como de la zona de contenido mínimo de oxígeno disuelto y las propiedades oceanográficas del área y la profundidad a que se produzca la descarga.

También ISBA (2002a)

2. La evaluación ambiental

La minería de fondos marinos involucra una serie de actividades cada una con un diferente nivel de compromiso con el medio ambiente. Los impactos ambientales pueden variar

según la técnica utilizada, los procesos mineros involucrados, duración de las pruebas, ubicación y condiciones de las zonas de pruebas, altura de las descargas, entre otras. De acuerdo con ISBA (2002a), las actividades mineras cuyas repercusiones ambientales requieren evaluación son: dragado para recolectar nódulos para determinar su potencial de explotación y elaboración; uso de equipo y tecnología para estudiar la reacción del sedimento y la perturbación producida por los instrumentos de recolección de los nódulos o los mecanismos de desplazamiento, pruebas de los sistemas mineros y equipos de recolección. Además, las siguientes actividades, a juicio de la Comisión Jurídica y Técnica, no requieren evaluación: Observaciones, mediciones de propiedades gravitatorias, magnéticas, trazado de perfiles e imágenes acústicas, recolección de agua y biota, toma de muestras de minerales, observaciones y mediciones meteorológicas, observación y medición oceanográfica, observación y medición mediante cámaras de televisión y fotográficas.

El contratista vinculado a cualquiera de esas tres actividades que requieren de evaluación, debe presentar al Secretario General de la Autoridad la evaluación previa de las repercusiones ambientales de la actividad, incluyendo, la información de las técnicas y métodos que utilizará durante las pruebas mineras (literal C, numeral 13 de las recomendaciones). Esta información incluye: métodos para el desplazamiento sobre el fondo marino (vehículos oruga, tornillos de Arquímedes, placas y otros); sistemas para la recolección de los nódulos del piso marino (dragado, succión hidráulica y otros); sistemas para la separación del sedimento de los nódulos, en el fondo marino (lavado a presión); trituración, sistema de transporte de nódulos a la superficie, tratamientos a bordo en el barco minero (separación); evacuación de desechos mineros (en superficie, en la columna de agua); volumen, caudal y altura, tanto en el fondo como en la columna de agua de los vertimientos de los desechos mineros, composición química y física de los vertimientos y ubicación de las zonas de prueba, duración de las pruebas y planes de las mismas.

Las actividades mineras cuyos impactos deben ser evaluados, deben estar provistas de un “Programa de Vigilancia”, que se ejecutará durante dos fases de la actividad de exploración:

- Durante el tiempo que demoran las pruebas; fase en la que se realizarán las mediciones paramétricas y se determinará la magnitud de los impactos producidos por esas pruebas, el contratista observará y medirá los aspectos de las pruebas que permiten calificar el impacto y suministrará al Secretario General de la Autoridad toda la información. La información pertinente a esta fase del programa esta relacionada en ISBA (2002a), (literal D, numeral 14 de las recomendaciones), véase cuadro 7.
- Al finalizar la fase de prueba, se continuará, en forma periódica, con la fase de medición paramétrica a fin de evaluar los efectos a largo plazo, en especial sobre los procesos biológicos, con énfasis en la recolonización de las zonas perturbadas. En esta fase, el contratista también observará y medirá los aspectos que permiten evaluar los cambios producidos por las actividades mineras, y proporcionará toda esa información al Secretario General de la Autoridad. La información que será entregada se especifica en ISBA, (2002a), (literal E, numeral 15 de las recomendaciones).

INFORMACIÓN QUE DEBE ENTREGAR EL CONTRATISTA A LA AUTORIDAD SOBRE LAS OBSERVACIONES Y MEDICIONES MIENTRAS Y DESPUÉS DE SER EJECUTADA DETERMINADA ACTIVIDAD

Mientras se lleva a cabo la actividad	Después de ejecutada determinada actividad
<ul style="list-style-type: none"> • Ancho, longitud y recorrido de las pistas de recolección del fondo marino; • Profundidad de penetración del colector en el sedimento y perturbaciones laterales provocadas por el colector; • Volumen del sedimento y de los nódulos recogidos por el colector; • Proporción del sedimento que se separe del nódulo en el colector, volumen del sedimento que deseché el colector, tamaño y configuración geométrica del penacho que forme el caudal de descarga, comportamiento del penacho que forme detrás de sí el colector; • Superficie y densidad de la resedimentación que se produzca a ambos lados del recorrido del colector hasta llegar a una distancia en que la resedimentación sea despreciable, y • Volumen del caudal de descarga sobrante del buque de superficie; concentración de partículas en el agua descargada, propiedades químicas y físicas del caudal de descarga, comportamiento del penacho que forme el caudal de descarga en superficie o a profundidad mediana 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad del sedimento redepositado a ambos lados del recorrido del colector; • Comportamiento de los diversos tipos de fauna bentónica afectados por la resedimentación; • Cambios que afectan a la fauna bentónica que habite en las zona del recorrido del colector; por ejemplo, la posible recolonización; • Posibles cambios en la fauna bentónica de las zonas adyacentes que, en apariencia, no haya sido perturbada por la actividad, y • Alteración de las propiedades del agua al nivel del caudal de la descarga procedente del buque de superficie durante las pruebas de extracción, y posible alteración del comportamiento de la fauna afectada.

Fuente: (ISBA; 2002a)

Los ensayos de los sistemas de recolección de nódulos en la exploración están incluidos en un plan de pruebas. En éste existe una disposición de vigilancia para las zonas afectadas por las pruebas, (Áreas de Referencia Científica, ARS's). En caso de explotación se recomienda establecer y delinear zonas de referencia para la conservación y zonas de referencia para los efectos; estas zonas tienen el objeto de servir de base de comparación para evaluar, mediante de un diseño de control y experimento los efectos de la actividad minera. Además, estas zonas de referencia aplican el concepto de "Áreas Estables de Referencia" o "Áreas de Monitoreo" (SRAs) sugerido en el año 1978 y desarrollado más tarde por la Oficina de Política Oceánica del Consejo Nacional de Investigaciones de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (Thiel, 2001).

Según este concepto, el Área de Reserva para la Conservación (preservación), es un área de referencia para el desarrollo "*natural*" de las comunidades de organismos marinos en zonas no alteradas por la minería y deben permanecer como tal, durante toda la actividad minera; y Áreas de Referencia de Impacto (de efectos) son establecidas para monitorear el desarrollo de las comunidades de organismos marinos después de una alteración severa producida por la minería, la cual debe *permanecer sin alteración* después de ser realizado el primer disturbio. Ambas áreas deben ser de tamaño considerable para permitir un

programa de monitoreo por lo menos durante 20 años y *tener características ecológicas similares*, en especial sedimentológicas, físicas y topográficas a las de las zonas vecinas, (Thiel, 2001).

El plan de pruebas contiene estrategias para garantizar la representatividad estadística de los datos obtenidos y para la calidad científica de la información. La información ambiental resultante de las pruebas de los sistemas mineros debe ser enviada a la Autoridad en formatos especificados. El plan de pruebas forma parte del programa minero de exploración y debe ser enviado *con una antelación mínima de un año con relación a la fecha de inicio de las pruebas*. En el programa minero, se especificaran además, las actividades o contingencias que pudieran provocar la modificación o la suspensión de las pruebas en caso de un daño grave al medioambiente o que los efectos producidos no puedan evitarse o atenuarse. También en los programas mineros se puede autorizar la modificación de los planes de pruebas antes de que estas se lleven a cabo o cuando proceda, en virtud de nuevos resultados en investigaciones. El Programa minero incluye además, el Plan de monitoreo que es propuesto por el contratista quien provee de información sobre los medios para determinar la importancia de los impactos.

H. El efecto del reglamento para la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos en la Zona Internacional

Aunque todavía es muy temprano para visualizar el alcance operativo práctico de las regulaciones para la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos en la *Zona internacional*, su aplicación se constata por la suscripción de los contratos con los primeros inversionistas, además este procedimiento permitirá replicar la experiencia para otros recursos minerales diferentes de los nódulos.

Otro efecto del Código, es el ordenamiento de la información técnica y científica, así como la organización de la base centralizada para su acopio y difusión. Además, estimula la formulación de las bases para el diseño de programas científicos cooperativos centrados en el conocimiento del ambiente minero de los fondos profundos oceánicos. Es indudable que el Código ha tenido un impacto en la comunidad internacional, ya que durante el proceso de conformación y aplicación, ha servido como fuente de inspiración para la formulación de Códigos voluntarios específicos de minería marina como es el caso del Código preparado por la Sociedad Internacional de Minerales Marinos, IMMS y el Código de Manejo Ambiental de la Industria Minera de Australia, respecto de los cuales se presenta una descripción resumida a continuación.

1. Código para el Manejo Ambiental de la Minería Marina

Fue adoptado por la Sociedad Internacional de Minerales Marinos, IMMS (Hawai, EE.UU.) el 2 de noviembre del año 2001. Es un manifiesto de principios medioambientales para la industria de la minería marina, agencias regulatorias y otros grupos interesados, fundamentado en la experiencia ambiental de la industria minera de África del Sur (diamantes), Alaska (oro), Asia Suroriental (estaño), industria de dragados de Europa y Norte América, de la disposición de desechos mineros de las minas costeras de y Alaska, Asia Suroriental, Canadá y Archipiélagos del Pacífico Sur. Recoge también las experiencias globales de investigación de los fondos marinos de: Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, Japón, India, Reino Unido y Rusia. El Código proporciona un

marco de trabajo y orientación para ser implementado por las compañías mineras en sus operaciones, como por otros grupos interesados.

El Código está provisto de guías operativas para el funcionamiento de industria y el desarrollo de planes de manejo ambiental, véase cuadro 8. Las compañías al adoptarlo están llamadas a actuar transparentemente y a presentar informes regulares de sus planes ambientales en donde se indique cómo están implementando el Código y cómo se relacionan con los principios y guías operativas del mismo. (IMMS; 2002).

Cuadro 8

**CÓDIGO INTERNACIONAL PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LA MINERÍA
MARINA 1/PRINCIPIOS DEL CÓDIGO**

Las compañías mineras al adoptar el Código se comprometen a respetar los siguientes principios:

- Observar las políticas, respetar las aspiraciones y soberanía de los gobiernos y de sus divisiones subregionales; así como a las agencias internacionales relevantes cuando sea apropiado, para los desarrollos mineros submarinos.
- Aplicar los mejores procedimientos para la protección ambiental y los recursos, en consideración a los futuros desarrollos en el área que pueda ser afectada.
- Considerar en la iniciación de un proyecto las implicaciones ambientales en las etapas de exploración, operaciones, desarrollo y eventual clausura.
- Facilitar la asociación comunitaria que incorpore la preocupación de los temas ambientales.
- Mantener un programa de monitoreo de la calidad ambiental.
- Informar públicamente sobre el cumplimiento de las normas ambientales y la implementación del Código.

Fuente: International Marine Minerals Society, IMMS. Administrative Office, Honolulu Hawaii, www.ngdc.noaa.gov/mgg/imms/codefeb.2002.html

2. El Código de Manejo Ambiental de la Industria Minera de Australia

Constituye una respuesta y un reconocimiento al interés público sobre las relaciones de la industria de minerales y el medio ambiente. Es una iniciativa de la industria de minerales de Australia para el manejo ambiental de sus operaciones. El Código fue lanzado en el año 1996 y adoptado en el año 2000; para febrero de 1999, cuarenta y tres compañías ya lo habían suscrito. Su objetivo es proporcionar un juego de principios y un marco de trabajo para el manejo ambiental dentro de la industria minera. El Código para su perfeccionamiento y actualización, permite una revisión continua de acuerdo con las expectativas del Gobierno y de la comunidad.

El Código es voluntario y se aplica a todos los sitios y actividades de las compañías signatarias; por otra parte su registro está abierto a todas las compañías mineras y de minerales, sin requerir un estándar mínimo para su suscripción y no prescribe prácticas ambientales específicas en los sitios mineros ni en los procedimientos; sin embargo establece obligaciones, compromisos y principios claves para el manejo ambiental por parte de sus signatarios. Las compañías signatarias están invitadas a presentar informes anuales

sobre sus prácticas ambientales, después del segundo año de su suscripción (Australian Minerals Industry, 2000).

También el Código ha servido de “referencia” para modernizar reglamentaciones mineras nacionales en especial en la incorporación de la dimensión “marina” de la minería; consecuentemente, varios países han adoptado en sus *corps juris*, o están en vía de hacerlo; procedimientos, conceptos, guías y principios derivados del derecho internacional, en especial de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, como es el caso, entre otros, de la República de Fiji con su propuesta de política minera costa-afuera “Green Paper” y de Colombia con su nuevo Código Minero (Ley 685 de Agosto 15 del 2001).

3. El “Green Paper” de la República de las Islas de Fiji

El “Green Paper” está orientado a fortalecer la política sobre recursos minerales marinos y cubre todos los aspectos del desarrollo minero costa-afuera. Es un acta de la política minera costa-afuera, indicando el régimen ambiental que impera para los recursos costa-afuera relacionada con la política propuesta por Fiji; véase cuadro 9.

En esta política se reconocen diferencias significativas de la exploración y la explotación entre la minería de tierra firme y la minería costa afuera. Estas diferencias están soportadas, *inter alia*, en el limitado conocimiento que se tiene de los recursos costa afuera, en las distancias y profundidades donde se localizan los recursos mineros, lo que hace que se presenten dificultades para conocer la forma, estructura y atributos que debe tener la ingeniería para el aprovechamiento de estos recursos, en especial las costras ricas en cobalto y otros sulfuros metálicos masivos.

Existen, además, grandes dudas en los costos de la extracción, dada la distribución de los depósitos mineros para lograr un proyecto económicamente viable. A esto se agrega que los beneficios de empleo y otros efectos multiplicadores generados por la minería en tierra, no son conocidos aún en la minería marina, como tampoco los costos ambientales. La gestión ambiental en el contexto de esa propuesta política, señala que las actividades asociadas con la explotación y exploración minera de los fondos marinos pueden llevarse a cabo dentro de un amplio marco de administración de la zona costera y de políticas de actividades oceánicas del gobierno, (Mineral Resources Department of Fidji, 2001).

RÉGIMEN AMBIENTAL DE LA POLÍTICA MINERA COSTA-AFUERA DE LA REPÚBLICA DE ISLA FIJI (GREEM PAPER)

El marco de la política minera costa afuera lo constituye la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, de 1982. El régimen ambiental costa-afuera de Isla Fidji tiende a proporcionar un marco de trabajo para salvaguardar el medio ambiente a la luz de las actuales incertidumbres; por otra parte proporciona un sistema que no necesariamente impide la exploración y desarrollo minero futuro.

El régimen se concentra en el auto-monitoreo por el operador mediante la administración del sistema de manejo ambiental. En este régimen los operadores deben prepararse en relación con el manejo, protección y minimización de la degradación social y ambiental antes de que le sean otorgadas las licencias, y deben realizar un análisis costo-beneficio que incluya los costos ambientales esperados y también el impacto de la actividad minera sobre otros usos marinos.

Para el manejo ambiental de la minería costa-afuera debe anexarse condiciones ambientales para acceder a la licencia de exploración. Posteriormente a las actividades de ensayos mineros, el dueño de la licencia debe someter al Estado un informe de evaluación del impacto ambiental para las actividades planeadas incluyendo: un plan de monitoreo diseñado para obtener datos e información que permitan facilitar la evaluación medioambiental para la minería comercial, y antes de que se otorgue un certificado de aplicación debe llevarse a cabo una evaluación de impacto ambiental que incluya los impactos sociales y sobre otros usos marinos. En cada solicitud de licencia minera, además, en la fase de explotación debe someterse una estrategia revisada de la vida de la mina (Life of mine overview Strategy –LOMUS). El manejo ambiental sugiere también procedimientos a seguir en el Plan de Desarrollo Minero en diferentes etapas y tiempos.

Fuente: Mineral Resources Department- Republic of Fiji Islands Green-Paper: Fiji offshore mineral policy [http:// www.mrd.gov.fj](http://www.mrd.gov.fj)

4. El nuevo Código Minero Colombiano

El nuevo Código minero de la República de Colombia (Ley 685 de agosto 15 del 2001), contiene información específica relacionada con la minería marina. En el capítulo XV se define de acuerdo con el ordenamiento internacional, los siguientes espacios marinos sobre los cuales norma el Código: Mar territorial, Zona Contigua, Plataforma Continental y Zona Económica Exclusiva. El texto indica que en esas zonas, las actividades de exploración y explotación minera se ejecutaran mediante contratos de concesión que están basados en las normas del Código. También reconoce, los fondos marinos internacionales como “correspondientes al fondo y subsuelo de las aguas internacionales y que con la denominación de “La Zona”, han sido declarados, en cuanto a los recursos mineros yacientes, patrimonio común de la humanidad”.

El régimen minero establecido para los espacios marinos jurisdiccionales, se aplicara mediante concesiones, cuyas propuestas para exploración deben ceñirse tanto a los términos de referencia de los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental, como a las guías ambientales pertinentes y disponer de la correspondiente licencia ambiental. La forma de participación del Estado en la minería de la Zona Internacional puede precarse en el cuadro 10.

Una compilación de la legislación minera de Latinoamérica efectuada por CEPAL (Berrios, 1997), y posteriormente actualizada en una compilación para catorce países (Chaparro, 2002), muestra que la mayoría de las reglamentaciones mineras nacionales, vinculan el aprovechamiento de los recursos de los fondos marinos ubicados en la zona de jurisdicción nacional, a la reglamentación minera mediante instrumentos ambientales, siendo el más común y más utilizado las evaluaciones de impacto ambiental. Existen pocas referencias

sobre la eventual participación en la minería de la Zona Internacional, por ejemplo, en Costa Rica, el Código de Minería (Ley 6769), incluye dentro de los recursos naturales, en su Art. 4, los ubicados en las aguas marinas adyacentes al territorio nacional hasta una extensión de 200 millas. Además el Código señala en el Art. 6, que los permisos o concesiones podrán negarse o condicionarse de acuerdo con el análisis y aprobación de los estudios de impacto social y ambiental previos que se hagan.

Cuadro 10

LA DIMENSIÓN MARINA EN EL CÓDIGO MINERO COLOMBIANO Y LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN LA EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN MINERA EN LOS ESPACIOS MARÍTIMOS (CAPITULO XV DEL CÓDIGO, LEY 685 DE AGOSTO 15 DEL 2001)

Las propuestas de concesión minera en los espacios marítimos jurisdiccionales y en las playas requieren, además, concepto de Dirección General Marítima en los aspectos pertinentes a las funciones de esa Dirección. En la zona Internacional, el Código, se ajusta a la normativa internacional, especialmente a lo dispuesto por el Reglamento para la Prospección y Exploración de los recursos minerales en la zona. La participación del Estado en la exploración y explotación de los minerales del fondo y subsuelo marino en la zona se hará ante la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos, ya sea por medio de convenios de cooperación con otros estados o por contrato de representación con particulares nacionales o extranjeros (*joint-ventures*) o mediante participación directa, para lo cual, formalizara la solicitud ante la Autoridad Internacional que incluya el plan de trabajo, de conformidad con los requerimientos del Reglamento internacional para la prospección y explotación de los recursos minerales de la zona. En lo concerniente a las contraprestaciones y cargas económicas que demande dicha participación, así como a la administración de los beneficios que para la Nación se deriven de la explotación de los minerales, se aplicarán las normas internacionales sobre la materia y, en su defecto, las normas legales internas.

Si la participación del Estado en la explotación de minerales se hace con la cooperación de otros estados, la naturaleza, términos y condiciones de esa cooperación serán las que, con criterios de equidad y buena fe, se convengan para cada caso. Para la celebración y ejecución del respectivo convenio, actuará como delegataria la entidad descentralizada que designe la autoridad minera nacional. Si la participación se hace por delegación de su representación en particulares, estará exclusivamente a cargo de éstos, tanto el derecho de representación pagadero por anticipado, como toda erogación que impliquen los trámites ante la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos. En el correspondiente contrato de representación se establecerá, además, en forma expresa, que toda responsabilidad por daños o incumplimientos que se originen por causa de los trabajos mineros, ante la Autoridad Internacional o en relación con terceros, estará a cargo del particular representante, sin término o limitación alguna.

En todos los contratos referidos a la exploración y explotación de minerales de los fondos marinos internacionales, a que hubiere lugar con los particulares, se acordará como obligación la transferencia permanente y oportuna de tecnología. Por tal se entenderá la posibilidad de todo avance científico en la materia, los conocimientos técnicos, los manuales, diseños, instrucciones de funcionamiento, la capacitación y la asistencia y asesoramiento para instalar, mantener y operar un sistema viable y el derecho a usar los elementos correspondientes en forma no exclusiva.

Fuente: Nuevo Código minero de la República de Colombia (Ley 685 de agosto 15 del 2001),

Similarmente en Argentina el Código de Minería (Ley 24.585 de Nov. 1 de 1995) señala que la “protección del ambiente y la conservación del patrimonio natural que pueda ser afectado por la actividad minera se seguirá por el título de la Protección Ambiental para la Actividad Minera”. Según el Art. 3 del Código, toda persona física o jurídica que ejerza actividades mineras será responsable de todo daño ambiental. Estas actividades corresponden a la prospección, exploración, explotación, y almacenamiento de sustancias minerales comprendidas en el Código, incluyendo todas las actividades relacionadas con el cierre de las minas y con los procesos mineros. Antes de iniciarse una actividad minera se debe presentar un informe de impacto ambiental que será evaluado por la Autoridad y se pronunciara mediante una declaración de impacto ambiental.

Para la etapa de exploración el informe ambiental debe contener una descripción de los métodos a emplear y de las medidas de protección ambiental que resulten necesarias. La declaración de impacto Ambiental debe ser actualizada periódicamente incluyendo las acciones de protección ambiental ejecutadas. El Art. 17 establece el contenido del Informe de Impacto Ambiental, como: la ubicación, y descripción del área de influencia; la descripción del proyecto minero; las eventuales modificaciones sobre, suelo, agua, atmósfera, flora y fauna, relieve y ámbito sociocultural; las medidas para prevenir, mitigar, rehabilitar, restaurar y recomposición del medio alterado, según corresponda, y los métodos utilizados.

5. Guías para la Minería y el Desarrollo Sostenible (Berlín II)

Constituyen guías generales para llevar a cabo la actividad minera en forma sostenible, sin diferenciación del sitio donde ésta se lleve a cabo; además, algunos de los principios sobre los cuales descansan pueden resultar conceptualmente apropiados para la minería marina de profundidad.

La primera edición de las guías ambientales apareció en el año 1994, fruto de la mesa redonda de Berlín sobre Medioambiente y Minería organizada por Naciones Unidas y la Federación Alemana para el Desarrollo Internacional (Berlín 25-28 de junio de 1991). La segunda edición de las Guías, estuvo disponible en el 2000 (Berlín II), y se basó en los principios de Berlín I.; esta nueva guía refleja los cambios que ha experimentado la industria minera, especialmente en los aspectos legales, fiscales y regulaciones que acompañaron los procesos de privatización y liberación de la industria minera, entre otros, las consideraciones ambientales ligadas a los aspectos crediticios y de seguros, véase cuadro 11.

La 2ª edición de las Guías construida sobre la base de la 1ª refleja estos cambios. Estas guías tienden a proporcionar una orientación general para el manejo sostenible, pueden ser enmendadas y mejoradas de acuerdo a las necesidades específicas de cada país y están diseñadas para asistir a los tomadores de decisión, especialmente de los países en desarrollo. Las guías se orientan a: minería y desarrollo sostenible, marcos regulatorios, manejo ambiental sectorial, acuerdos voluntarios, consultas y desarrollo comunitario y se aplica a todas las etapas del desarrollo de las operaciones mineras y comprenden: exploración, operación, decomiso, clausura y rehabilitación. (Naciones Unidas, 2000b)

**PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA EL SECTOR MINERO (GUÍAS DE BERLÍN,
1991, REVISADAS 2000)**

Los Gobiernos, las compañías mineras, la industria de minerales deben como mínimo:

1°- Reconocer como de alta prioridad el manejo ambiental especialmente durante el proceso de licenciamiento y a través del desarrollo e implementación de los sistemas de manejo ambiental. Ellos deben incluir condiciones tempranas y comprensibles de impacto ambiental, control de la contaminación y otras medidas preventivas y de mitigación, actividades de monitoreo y auditoría y procedimientos para respuestas en situaciones de emergencia.

2°.- Reconocer la importancia de las evaluaciones de impacto socio-económico, la planeación social en las operaciones mineras. Se debe tener en cuenta los impactos socio-económicos en las etapas tempranas del desarrollo del proyecto minero. Los aspectos de género deben ser considerados también en el ámbito de política y del proyecto minero.

3°.-Establecer la contabilidad ambiental en la industria y el Gobierno a los más altos niveles de administración y de decisión política.

4°-Alertar a todos los empleados en todos los niveles para reconocer sus responsabilidades para el manejo ambiental y asegurar la disponibilidad de recursos adecuados, personal y requisitos de entrenamiento para implementar los planes ambientales.

5°.-Asegurar la participación y el diálogo con las comunidades afectadas o otras partes directamente interesadas en los aspectos ambientales y sociales en todas las fases del planeamiento minero e incluir la participación plena de la mujer y otros grupos marginales.

6°.-Adoptar las mejores prácticas para minimizar la degradación ambiental especialmente en la ausencia de reglamentaciones ambientales específicas.

7°-Adoptar tecnologías ambientalmente apropiadas en todas las fases de las actividades mineras e incrementar el énfasis para la transferencia de la tecnología apropiada para mitigar los aspectos ambientales, incluyendo aquellos resultantes de operaciones mineras a pequeña escala.

8°.-Tratar de proporcionar fondos adicionales y nuevos arreglos financieros para mejorar los aspectos ambientales de las operaciones mineras existentes.

9°.-Adoptar el análisis del manejo de riesgo, en el desarrollo de una reglamentación y en el diseño, operación y finalización de actividades mineras incluyendo el manejo, disposición de desechos mineros peligrosos y otros desechos.

10°.-Reforzar la infraestructura, los sistemas de servicio de información, entrenamiento de manejo ambiental en relación con las actividades mineras.

11°.-Evitar el uso de reglamentaciones ambientales que actúan como barreras innecesarias para el comercio y las inversiones.

12°.-Reconocer las relaciones entre la ecología, condiciones socio-culturales y salud humana, y la seguridad de las comunidades locales y el ambiente natural.

13°.- Evaluar y adoptar, cuando resulte apropiado, instrumentos económicos y administrativos como políticas de incentivos tributarios para la reducción de emisiones de contaminantes y para la introducción de tecnologías innovativas.

14°.-Evaluar la facilidad de hacer acuerdos recíprocos para reducir la contaminación transfronteriza.

15°.-Mejoramiento de las inversiones mineras a largo plazo mediante claros estándares ambientales con criterios medioambientales prácticas y productos.

Fuente:

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Código Minero, constituye un documento innovador, que introduce un procedimiento particular de evaluación ambiental para conciliar el desarrollo de la actividad minera marina, con objetivos ambientales, económicos y de seguridad; ya que exige la adquisición de la *información básica necesaria* paralelamente con el desarrollo de las pruebas mineras, esto puede ser considerado como “*aprender sobre la marcha*”. Con este procedimiento, se reduce un sobre-dimensionamiento de las exigencias ambientales y minimizando la especulación y aplicando el principio de precaución. Adicionalmente, este procedimiento *flexibiliza* la evaluación toda vez que permite examinar las consecuencias ambientales, mediante cambios en las metodologías de los sistemas mineros, a medida que se avanza en investigación tecnológica.

El Código tiene la cualidad de servir de modelo y/o referencia para incorporar la “*dimensión marina*” en las legislaciones mineras nacionales y también, para proyectar las políticas nacionales sobre minería marina. Actualmente en la mayoría de las reglamentaciones mineras de la región, la minería marina no está especificada y aún no se establece su conexión su conexión con la minería terrestre especialmente con la de la reglamentación ambiental donde es subentendida. Específicamente es considerada, como una actividad sujeta a evaluación de impacto ambiental.

En este sentido, el Código y sus guías orientadoras, tienen el valor de servir como referencia, para diseñar protocolos de procedimientos para estudios de evaluación ambiental aplicados a la actividad minera marina en la zona de jurisdicción nacional, incluyendo, sí procede, en la confección de acuerdos regionales específicos. Para ello los convenios sobre protección del medio marino del Programa de Mares Regionales del PNUMA ofrecen una opción válida. Tres instrumentos y un mecanismo subregional se incluyen en esta opción, así:

- Convenio para la Protección y Desarrollo del Medio Marino en las Región del Gran Caribe (Convenio de Cartagena, 1983), Su Art. 8 vinculado a la contaminación resultante de actividades relativas a los fondos marinos, señala que las Partes adoptaran todas las medidas adecuadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación de la zona de aplicación del Convenio resultante directa o indirectamente de la exploración y explotación de los fondos marinos y del subsuelo. El Art. 12 sobre Evaluación de Impacto Ambiental, señala que las Partes dentro del marco de sus políticas de ordenamiento del medio se comprometen a elaborar directrices técnicas y de otra índole que posibiliten la Evaluación del Impacto Ambiental. (Naciones Unidas, 1984b);
- Convenio para la Protección del Medio Marino y Zona Costera del Pacífico Sudeste (Convenio de Lima, 1981). El Art. 7, señala que las Partes, en la medida de lo posible participarán en arreglos institucionales para la vigilancia de la contaminación por fuera de los límites de su soberanía y jurisdicción y en su Art. 8 Evaluación de las Repercusiones en el Medio Ambiente, señala que las Partes en el marco de sus políticas de ordenamiento del medio ambiente elaborarán directrices

técnicas y de otra índole para facilitar la planificación de sus proyectos de desarrollo de manera que se reduzcan al mínimo las repercusiones perjudiciales. (Naciones Unidas, 1984c);

- Convenio de Cooperación para la Protección y el Desarrollo Sostenible de las Zonas Marinas y Costeras del Pacífico Nordeste (Convención de Antigua, 2002). En el Art. 5, se señala que las Partes tomarán todas las medidas necesarias para que la contaminación causada por accidentes o actividades bajo su jurisdicción no se extienda dentro de lo posible, más allá de las zonas donde las Partes ejercen su soberanía y jurisdicción y en el numeral 6, se establece que las Partes impulsarán la cooperación entre los estados con respecto a los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental en las actividades bajo su jurisdicción que puedan llegar a tener un efecto adverso en zonas situadas fuera de los límites de su jurisdicción. (COCATRAM/PNUMA; 2003);
- El Plan de Acción del Atlántico Superior Noroccidental (Brasil, Uruguay y Argentina) ASOS, no está provisto de un Convenio Regional marco, y aunque se centra actualmente en la evaluación de la Contaminación Marina por Actividades en Tierra, puede ofrecer una pauta para fundamentar un marco de trabajo subregional orientado a prevenir los efectos ambientales de la minería de fondos marinos.

Adicionalmente dentro del contexto de la denominada “*legislación blanda*” el Programa 21 de la Convención de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, del año 1992 (Naciones Unidas, 1992), ofrece otra opción, específicamente en el capítulo 17: “Protección de los océanos y de los mares de todo tipo, incluidos los mares cerrados y semicerrados, y de las zonas costeras”. El capítulo marino señala, entre otras, que la CONVEMAR “*proporciona la base internacional en que se fundan la protección y el desarrollo sostenido del medio marino y costero y sus recursos para lo cual se requiere de nuevos enfoques de la ordenación, que deben ser integrados en su contenido y orientados hacia la prevención y la prevención, -entre otras esferas programáticas-, en la ordenación integrada de las zonas económicas exclusivas*”, con varios objetivos y para este caso, “*en la evaluación previa y la observación sistemática de los efectos ambientales de los grandes proyectos*”.

Los impactos ambientales producidos por la minería de los fondos marinos están determinados y existe coincidencia en relación con las áreas de mayor concentración ambiental corresponden al piso marino y a la columna de agua, donde se producen impactos físicos y mecánicos que desencadenan una cascada de efectos concatenados. Algunos de estos son muy evidentes; los impactos son inmediatos, al igual que algunos efectos. Paralelamente existe un consenso con la gran incertidumbre en la magnitud e importancia de estos efectos, especialmente los de tipo crónico y que actúan a un nivel subletal, y para los cuales las respuestas biológicas son aún desconocidas. En este caso, los “estudios básicos” siempre tendrán un carácter preventivo.

Por otro lado, debido al gradiente ecológico que presentan los fondos marinos, los efectos son siempre locales y pueden ir más allá de los límites de las zonas de impacto. Pero a causa de ese gradiente, los hábitats son “*parches*” que no permiten una “generalización *in extenso*” de los efectos que puedan ser replicadas para diferentes ambientes mineros de profundidad. Para el caso del “*valor ecológico*” de los nódulos, existen dudas sobre su rol

en el ambiente marino. Se conoce que las velocidades de “*crecimiento*” de los nódulos varían pero son generalmente bajas, cerca de pocos milímetros por millón de años (Thiel, *et. al.*, 1997), estos los hacen especialmente valiosos por ser en realidad “testigos de nuestro pasado geológico, donde las capas de las concreciones son hojas de una historia natural”. Los nódulos en un sentido “estrictamente ecológico” podrían estar representando “*el producto final de un proceso bacteriano de desintoxicación por metales pesados del medio marino*”. Alterar este proceso podría significar destruir un mecanismo que la naturaleza ha construido durante millones de años para su “auto limpieza”; por lo tanto, las consecuencias ambientales de romper este mecanismo son impredecibles. Tampoco hay claridad sobre las condiciones que determinan mayor abundancia de nódulos en determinadas zonas y menos de los mecanismos que explican las diferencias en su contenido de metales.

La investigación científica requerida para la minería de los fondos marinos, es muy específica y difiere en sus propósitos de la de otros tipos de investigación científica marina. En la Zona, la investigación se hace “*para beneficio de toda la humanidad*” y es de libre acceso, sin embargo ésta no es una “*libertad absoluta*”, pues los costos que demanda este tipo de investigación impone “*una barrera económica*” para los estados en desarrollo que pretenden desarrollar “*ciencia minera en la zona internacional*”. Con todo, estos estados pueden aportar conocimiento a partir de su participación en programas internacionales cooperativos de tipo global con objetivos distintos al de la minería, ya que tienen el potencial de proporcionar una importante información básica para las operaciones mineras de profundidad. No obstante, es necesario diseñar un programa científico específico a la minería de fondos en la Zona, cooperativo y articulado por sectores geográficos, de proyección regional, centrado en los aspectos prioritarios de los estudios básicos, con plena participación de los países en desarrollo bajo la coordinación de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos.

Los avances tecnológicos para el desarrollo de los sistemas mineros y para el diseño de las operaciones mineras en los fondos profundos y ultra-profundos del océano son evidentes. Cada vez las operaciones de explotación de recursos marinos avanzan con profundidad y se aparta de las costas, esta evidencia viene dada por el progreso que se observa en la exploración y explotación de petróleo costa-afuera. Además, la cibernética y la robótica, incluyendo la tecnología satelital han proporcionado una nueva visión del futuro de la minería marina a escala comercial, cuestión que hace cada vez más cercano el inicio de este tipo de actividad. Esta situación debe ser considerada como una “*alerta temprana*” para aquellos países en desarrollo, donde la minería constituye un renglón importante a la economía y también en aquellos países de la región que no siendo “*estados mineros*”, poseen importantes recursos mineros en su plataforma continental ampliada.

Existen otras actividades mineras y de producción de petróleo y gas costa afuera para las cuales se han diseñado guías orientadoras de evaluación de impacto ambiental, tales como la extracción de arena y grava (PNUMA, 1990), y el dragado (OMI, citado por Escobar, 2001). Sin embargo, la exploración y explotación de petróleo y gas a medida que avanza en la profundidad y se aleja de la costa incrementa la necesidad de un régimen internacional que regule esa actividad en alta mar y exige la existencia de un ente que tutele dicho régimen. A pesar de que la decisión 4/15, de 1996 (párrafo 26), de la Comisión de las

Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible ha concluido que “*no hay necesidad en esta época para desarrollar regulaciones ambientales aplicables con respecto a la exploración y explotación de gas y petróleo costa afuera*”.

En términos de membresía, la región tiene una “*acceptable representación*” en número de *estados* miembros de la Autoridad. En marzo del 2003, la región tenía 32, de los 142 de *estados* y territorios miembros. De ellos, 7 tienen *status* de “*observadores*”, 7 son miembros (2002-2006) del Consejo y 4 son miembros de la Comisión Jurídica y Técnica (2002-2007), (ISBA, 2003). Paralelamente, 6 países y dos estados con administración delegada en la región (Argentina, Brasil, Guyana, Surinam, Uruguay y Venezuela), se encuentran dentro de la nómina de los 55 países y entidades poseedores de mayor abundancia de nodulos y costras en la plataforma continental ampliada, 6 se encuentran dentro de los 10 principales países con mayores reservas de petróleo y gas costa-afuera (Argentina, Brasil, Francia, Guayana, Guyana, Surinam y Venezuela), 2 países (México y Venezuela) se ubican dentro de los 10 principales productores mundiales de petróleo costa-afuera (Murton, *et. al.*, 2000). Esta especial condición de la región, debería permitir ejercer cierta influencia en los temas de la agenda minera marina internacional, que se debería incrementar, mediante una mayor representación regional ante los foros internacionales con el ingreso de “*nuevos miembros*” y el cambio del “*status de observador*” a miembro permanente de la Autoridad.

La agenda marina minera internacional ha venido progresivamente creciendo en temas y posiblemente lo hará aún más, en la medida que el Código se extienda a otros recursos minerales diferente de los nodulos polimetálicos. Se conoce que el trabajo respecto a la reglamentación de la exploración de los sulfuros polimetálicos ya se inició. Así mismo, algunos temas no mineros *per se* han venido a ser materia de atención de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos, como es el caso de la “*bioprospección vs. minería de fondos marinos*”; en este sentido los recursos genéticos con alto potencial biotecnológico preocupan con la misma intensidad que los temas mineros. En consecuencia, el acceso a estos recursos “*desregularizados*” ha llegado a ser un tema controvertido donde se han concentrado múltiples intereses centrados en el acceso, en forma equitativa, a los beneficios de la biotecnología, basada en esos recursos genéticos, considerando en este caso, las ventajas que ofrece para los administradores de esa tecnología “la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa”, que permite replicar el ADN. A esta agenda, se le agrega también, el potencial que tienen las ventanas hidrotermales para la producción de energía térmica, hidrógeno líquido y agua destilada, que sí bien no son recursos mineros, al igual que lo hacen las bacterias termófilas, ocupan sitios que son de interés para la minería. Otro *ítem* de la agenda marina, es el alto valor que tienen para la ciencia los sitios mineros de los fondos profundos. Efectivamente *Archaea*, que está restringida a los ambientes extremos, permite revisar las teorías de la evolución y de la especiación, incluyendo la argumentación de vida extraterrestre. También se ha argumentado el rol de las ventanas hidrotérmicas, en el Niño y su papel en el volumen del océano. Los actuales ejemplo de los diversos temas, muestran claramente la diversidad temática que hace que la agenda minera marina sea interpretada con una “*lectura integral*”.

En la medida en que los “*intereses económicos marinos*” se hacen más evidentes y se incrementan los usos del mar, el *espacio marino común*, se contrae, y la agenda marina

internacional se expande haciéndose desde luego, *más integral*. Lo anterior implica adoptar una metodología, que proyecte en el plano regional los problemas globales con una análisis integral. A la fecha, la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos, como mecanismo global, carece de instancias que pongan en perspectiva regional su agenda internacional global y existen muy pocas organizaciones a escala regional que proyecten, a ese nivel, la agenda minera marina internacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia del Medio Ambiente de Cuba, (2000) “ 2º Informe Nacional sobre Biodiversidad – Convención sobre la Diversidad Biológica Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente- Instituto de Ecología y Sistemática (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- AgraOest Inc. (2002), (www.agragoest.com) también www.newscom.co/cgi-bin/prnh/20000301/AGROLOGO.
- Allotei., N.,O. (2001), “Cooperation between the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) and institutions established by UNCLOS with particular emphasis on the International Seabed Authority “ document of the First Meeting of the Advisory Body of Experts on the Law of the Sea (ABE-LOS), Paris II-13 may, Doc: IOC/ABE-LOS1/13, 8pp.
- Artigas, C, (2001a), “La Autoridad Internacional de los Fondos Marinos: Un nuevo espacio para el aporte del grupo de países Latinoamericanos y Caribeños, CEPAL, Santiago, Chile, *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, Enero (6): 41-49
- (2001b), “Minería en la Zona internacional de los fondos marinos. Situación actual de una compleja negociación” CEPAL, Santiago, Chile, *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, Diciembre (37): 44p
- y Escobar, J., J. (1997), “El Convenio sobre la Diversidad Biológica y la agenda marítima internacional: Tres escenarios negociadores para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad costera y marina”, Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL; Doc: LC/R.1714, abril
- Australian Minerals Industry, (2000), “Code for Environmental Management” February (www.minerals.org.au). (www.enviro-code-minerals.org.au) También en: United Nations Division for Sustainable Development 10/08/1999
- Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá ANAM, (2002), “2o Informe Nacional de Biodiversidad”, (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Bahamas Environment, Science and Technology (BEST) Commission (2000), 2nd National Report to CDB, 82 pp (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Baker., CM, Bell., B, Billet., SM y Rogers., AD, (2001), “An Environmental Perspective”, In: *The status of natural resources on the high seas*. Deepsea Benthic Oceanographic Group Southampton Oceanographic Center. UK, (www.soc.soton.ac.uk/GDD/Deepsea)
- Barbados (2002), “ Barbados second National report on the implementation of the Convention on Biological Diversity” 95 pp (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Baross., J., A, y Hoffman., S., E, (1985), “Submarine hydrothermal vents and associated gradient environments as sites for the origin of life” *Natural Research Review* (38) 2:2-12
- Bemis., K.,G., Von Herzen., R.P., y Motti., M.J. (1993), “ Geothermal heat flux from hydrothermal plumes of the Juan de Fuca Ridge”, *Journal of Geophysical Research* 98(B4): 6351-6365
- Berge., S. Markussen., J.,V. y Goodman., V, (1991), “Environmental consequences of deep seabed mining: problems, areas and regulations”. The Pridty of Nansen Institute, Oslo Norway
- Berrio., L. (1997), “La legislación minera de los países latinoamericanos” Comisión Económica para América Latina CEPAL; Santiago Doc: LC/R.1720/E, mayo,
- Birnie. P, (1994), “The legal framework relating to ocean resources an their development, management and protection: Implications for marine scientific research” Part II, Seccion 2: Rights and Obligations of State, in: *II International Conference on Oceanography “Towards Sustainable uses of Oceans and Coastal Zones”* Lisbon 14-16 November, 1994, Doc: IOC/OCEAN/WD 79(ip) Lisbon, November.
- Bobis. YV, Molochnikov., ZN. Y Bruyakin. Y.,V., (1993), “Hydrogen fuel production in the ocean using the energy of black smokers”, *Marine Georesources and Geotechnology*, 11: 259-261
- Borowsky. A, (2000), “Environmental risk assessment on antropogenic activity in the deep sea” *J. Aquat. Ecosyst. Stress Recovery* 7(4): 299-
- Brockett. T., (1999), “ Nodule collector subsystems”, in: *Proposed Technologies for deep seabed mining of polymetallic nodules*; Proceedings of the International Seabed Authority’s, Workshop held in Kingston, Jamaica August 3-6, 1999, International Seabed Authority ISBA, Office of Resources and Environmental Monitoring Kingston, Jamaica, pp 67-90
- Burn. RE., Eriksson BH., Lavalle., JW., y Ozturgut., E. (1980), “Observations and Measurements During the Monitoring of Deep Sea Manganese Nodule Mining Test in North-Pacific, March-May 1978” *NOAA Tech. Memo. ERL MESA -47 National Oceanic and Atmospheric Administration Col. USA*, 63pp

- California Oceans Resources. 1995, "Mineral Resources Extraction", In: *A Agenda for the Future*. Chapter 5. The Resources Agency of California, USA. (www.resources.ca.gov/ocean/chpt5.html)
- Copley, J. (2002), "All the sea", in: News Future, *Nature*, February 7, Vol 415 (7) (www.nature.com)
- Corliss, J.,B., Baross., J., A., y Hoffman., S.,E. (1981), "*Oceanologica*." Acta Special Issue No. 4: 59-69
- , Dymong, J, Gordon., L., I, Edmond., J.M., von Herzen., R.,P, Bullard., D.,R, Green., K, Williams., D., Barnbridge., A., Crane., K. y Andel., T.,H. (1979), "Submarine thermal spring on the Galapagos Ridge", *Science* 203:1073-1083
- Comisión Centroamericana del Transporte Marítimo COCATRAM/ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, (2003), "Convenio de Cooperación para la Protección y el Desarrollo Sostenible de las Zonas Marinas y Costeras del Pacífico Nordeste" en: *Mares Limpios y Seguros, Agenda Ambiental del Transporte Marítimo en Centroamérica*, San José, Costa Rica, febrero 18-31pp
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO, México, (2000), "2° Informe Nacional a las Partes del Convenio sobre la diversidad Biológica (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Chaparro, A., E. (2002), "Actualización de la compilación de leyes mineras de 14 países de América Latina y el Caribe", Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, junio, *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*(43):128pp
- Chung, S.J., Schriever.,G., Sharma., R. y Yamazaki., T. (Eds), 2002. "Deep Sea Mining Environment: Preliminary Engineering and Environmental Assessment". International Society of Offshore and Polar Engineers, in: *ISOPE. Special Report OMS, SEM*, (www.isopec.org)
- Durrant-White., H. (1997), "Subsea Robotics and its Applications in the Exploitation of Subsea Mineral Resource", November, 1997
- Edmonds., H. (2003), "Hydrothermal vents in the Arctic ocean" Marine Science Inst. College of Natural Science Texas University ISA, (www.eutmsi.utexas.edu)
- Escobar., J., J. (2001), "Una aproximación a los efectos ambientales generales de la minería de los fondos marinos", Anexo I del documento La Autoridad Internacional de los Fondos Marinos: Un nuevo espacio para el aporte del grupo de países Latinoamericanos y Caribeña", C. Artigas, CEPAL, Santiago, Chile, *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, Enero (6): 41-49
- (1999), "Efectos Ambientales Generales de la Minería de los Fondos Marinos" Documento Ocasional en: *Informativo del Seminario-Taller Itinerante CPPS- Capítulo Colombia: "El Acuerdo XI sobre la Explotación de los Recursos Mineros de los Fondos Marinos en la Zona Internacional"* Julio 2 de 1999, Doc: SGCCO-98/DO-MM-1, Comisión Colombiana de Oceanografía, Bogotá (inédito) 12pp
- Foel., E.,J. Thiel., H. y Schriever.,G., G. (1990). "DISCOL: A long term large-scale disturbance-recolonization experiment in the abyssal eastern tropical Pacific Ocean" in: *Proc Offshore Technology Conference*, Houston, USA, Paper No. 6320,pp 497-503
- Fukushima.,T. (1995), "Overview Japan Deep-Sea Impact Experiment JET". In: *Proc 1s(1995) ISOPE Ocean Mining Symp*. Tsukuba, Japan ISOPE, pp.47-53
- Glowka., L. (1999), "Testing the waters: Establishing the legal basis to conserve and sustainable use hydrothermal vents and their biological communities", *InterRidge News* 8(2):45-50
- (1996), "The Conservation on Biological Diversity: Issues of interest to the microbial scientist and microbial culture collections to improve the quality of life", in: *8th International Congress for Culture Collections* 35.51,
- Herroin., G. (1999), "Scientific and technological research and development related to deep sea mining" in: *Proposed Technologies for deep seabed mining of polymetallic nodules*; Proceedings of the International Seabed Authority's, Workshop held in Kingston, Jamaica August 3-6, 1999, International Seabed Authority ISBA, Office of Resources and Environmental Monitoring Kingston, Jamaica, pp 213-235
- Institute Francaise de Recherche pour l' exploration de la Mer (IFREMER), (2001), "Resources minerals sous marines- Nodules polymetalliques" (www.ifremer.fr/drogn/Realisation/Miner/idenx.html)
- Internacional Council for Science ICSU, (2002), "Biotechnology for Sustainable Development", ICSU Series on Science for Sustainable Development (6); 45pp
- International Marine Minerals Society, IMMS, (2002), "International Code for Marine Mining Environmental Management", IMMS. Administrative Office, Honolulu Hawaii, (www.ngdc.noaa.gov/imms/codefeb.2000.html)
- Intergovernmental Oceanographic Commission IOC, (2003), "Progress Report of the Chairman of the IOC/ABE-LOS subgroup on the transfer of Marine Technology and draft IOC criteria and guidelines on

- the transfer of marine technology”, Report of the Third meeting of the Advisory Body of Experts on the Law of the Sea (IOIC/ABE LOS-III) Lisbon, Portugal 12-15 May Doc: IOC/ABE-LOS-III/ INF.612
- (2001), “Criteria y Guidelines for Asserting the nature and implications of MRS ”, Report of the First meeting of the Advisory Body of Expert on the Law of the Sea (ABE-LOS), Paris 12 April Doc: SC-2001/CONMF.207 /CLD.1r
- (1998), “The Global Ocean Observing System GOOS, Prospectus 1998” IOC/UNESCO, *GOOS Publication* (42): 144pp, 5 annexes, ISBA (International Sea Bed Authority), (2003), “International Seabed Authority- Members States”, March 11, 2003 (www.isa.org.jp/sp/members/states)
- (2002a), “Recomendaciones para orientar a los contratistas con respecto a la determinación de las posibles repercusiones ambientales de la exploración de los nódulos polimetálicos en la zona” Pub. Comisión Jurídica y Técnica, Autoridad Internacional de los Fondos Marinos, Séptimo período de sesiones, Kingston, Jamaica 2-13 de julio 2001, Doc: ISBA//LTC/1 Rev.1**, 2 Anexos.
- (2002b), “Informe del Secretario General de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos con arreglo al párrafo 4 del Art. 166 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar”. Asamblea de la Autoridad, octavo periodo de sesiones, Kingston Jamaica, 5-16 de Agosto, Doc: ISBA/8/A/5
- (2002c), “Marine scientific research geared to providing suitable environmental databases for the implementation of article 145 of the Convention and of the Regulation on prospecting and exploring for polymetallic nodules in the Area on the Mining Code”. International Seabed Authority ISBA, Report of the Meeting of the Scientist, held at its headquarters, 11-13 March 2002, Kingston Jamaica
- (2001). “Programa de Capacitación con arreglo a la Resolución II. de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar” Nota de la Secretaria. Comisión Jurídica y Técnica de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos, Séptimo Período de Sesiones. Kingston, Jamaica 2-13 de julio 2001, Doc: ISBA/7/LTC/23, 25 de junio del 2001,
- (2000a) .“Decisión de la Asamblea relativa al reglamento sobre prospección y exploración de nódulos polimetálicos en la zona”, Doc: ISBA/6/A/18, Asamblea, 4 de Octubre, Kingston, Jamaica
- (2000b), “Resources work on mining code”, Press release sixth. Session, Kingston, Jamaica, 20-31 March, Seabed Council- SB6/4 20 March,
- (2000c), “*Procedures for Environmental Emergencies*”, Press Release, Sixth Session, Kingston Jamaica, 20-31 March, Council SB/6/7, March,
- (1999), “*Proposed technologies for deep seabed mining of polymetallic modules*” *Proceedings of the International Sea Bed Authority's*, Part I Technologies for Deep Seabed Exploration and Exploitation, Workshop held in Kingston, Jamaica, August 3-6, Office of Resources and Environmental Monitoring, pp 33-34
- IUCN, (2003), “Conservation and sustainable use of deep seabed genetic resources beyond national jurisdictions: Study of the relationship between the Convention on Biological Diversity and the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNEP/CBD/SBSTTA/8/9/Add3/Rev1)” Information paper to: *8th.meeting of the subsidiary body of scientific ,technical and technological advice (SBSTTA) to Convention on Biological Diversity*, Montreal, Canada, 10-14 March.
- IWCO (Independent World Commission on the Oceans), (1998), “*The Oceans our future*”, Report of the IWCO, Cambridge University Press, 248pp
- Janssen., M. y Hoekem., S. (2002), “Biological hydrogen production” Wagenigen University, Agrotechnology and Food Sciences, The Netherlands (www.ftns.wav.nl/prock/Research/Rene/Photobacteria.htm)
- Jankowski., J.,A. y Zielke., W. (1996), “Data Support for the Deep Ocean Mining Impact Modeling”, Universitat Hannover, Institute fur Stromungsmehansk und Ekektronishes im Bauwesen
- Korn.,H, Friedrich., S, y Feit., J, (2003), “ Deepsea genetic resources in the context on biological diversity and the United Nations Convention on the Law of the Sea”, Federal Agency for Nature Conservation, *BfN Stripten* 79; 84pp
- Kasting., J.,F. y Holm N., G.(1992), “What determines the volume of the oceans?” *Deep-sea Research II*: 43(1) 47-52
- Keemball., L. (2001), “International Ocean Governance: using international law and organizations to manage marine resources sustainably” IUCN. The World Conservation Union (www.iucn.org/themes/marine/pdf/IUCN%20book.pdf)
- Koslow., J.,A. (2001), “Fish stocks and benthos in seamounts” SCIRO Marine Research, pp 43-53

- Liu., F. y Yang., N. (1999), "Environmentally Friendly Deep Seabed Mining Systems" in: *Proposed Technologies for Deep Seabed Mining of Polymetallic Nodules*. Proceedings of the International Seabed Authority's, Kingston, Jamaica August 3-6, 1999, ISBA Office of Resources and Environmental Monitoring (9):187-207
- Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente de Argentina, (2001), "Segundo Informe Nacional a las Partes, República de Argentina, Convenio de la Diversidad Biológica, Mayo; 123 pp (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medioambiente de Uruguay, (2000), "2° Informe Nacional a las Partes, Convención sobre la Diversidad Biológica, Dirección Nacional de Medio Ambiente, (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Ministerio de Medio Ambiente y de Recursos Naturales de El Salvador MARN (2002) "2° Informe de país. El Salvador CA." Convenio sobre la Diversidad Biológica (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Ministerio de Medio Ambiente y Energía de Costa Rica MINAE (2000), "2° Informe Nacional a la Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Markussen., J.,M. (1994), "Deep sea mining and the Environment: Consequences, Perceptions and Regulations", in: *Green Globe Yearbook of International Cooperation on Environment and Development*, Helge Ole Borgeesen and Geor Perman (Eds), Oxford University Press, 31-39
- Miller., S., L, y Bada., J., L, (1988), "Submarine hot springs and the origin of life" *Nature*, 334(6183): 609-611.
- Minerals Resources Department of Fidji, (2001), "*Green Paper: Fidji Offshore Mineral Policy*" Supporting documentation for Fidji Offshore Mineral Policy 1st draft. Offshore Mineral Policy Committee/ Subcommittee of the Mineral Development- Technical Committee MRS/SOPAC, Suva, Fidji (www.mrd.gov.fj)
- Murton., B.,J. Parsons., L.,M, Hunter.,P, y Miles.,P. (2000), "Global non-living resources on extended continental shelf: Prospects at the year 2000" The Challenger Division for Seafloor Processes Southampton Oceanography Center, Southampton U.K compiled by International Seabed Authority ISA Technical Study 1:65pp 2 apendices.
- Naciones Unidas, (2002), "Los Océanos y el Derecho del Mar- Informe del Secretario General", Asamblea General Quincuagésimo séptimo periodo de sesiones, tema 25 a) del Programa, 8 de octubre, Doc: A/57/57/Add 1.
- (2000a), "Oceans and the law of the sea- Report of the Secretary General", UN General Assembly, Fifty fifth Session, agenda item 30, March, 20, Doc: A/55/61
- (2000b), "Berlin II Guidelines for mining and sustainable development", 58pp, 11 apendices .
- (1996), "Law of the Sea, Report of the Secretary General", Agenda *item* 24(a) 51th Session UN General Assembly, Doc: A/51/645.
- (1992), "Cumbre para la tierra –Programa 21 – Programa de Acción de las Naciones Unidas, de Rio". Texto definitivo de los acuerdos logrados por los Gobiernos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), Rio de Janeiro, Brasil 3-14 de junio de 1992, pub. Naciones Unidas, Nueva York, 325pp.
- (1984a) "Comisión Especial Encargada de la preparación de normas, reglamentos y procedimientos relativos a la exploración y explotación de la zona (Código de Minería de los Fondos Marinos)- Documento de Antecedentes preparado por la Secretaria." Comisión Preparatoria de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos y del Tribunal Internacional del Derecho del Mar- Comisión Especial 3, Doc: LOS/PCN/SCN.3/WP.1, 8 de marzo, pp26.
- (1984b) "Convenio para la Protección y Desarrollo del Medio Marino en la Region del Gran Caribe- Protocolo relativo a la Cooperación para Combatir los derrames de Hidrocarburos en la Región del Gran Caribe" Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, Naciones Unidas Nueva York, febrero, 27pp.
- (1984c) "Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacifico Sudeste y sus Acuerdos suplementarios" Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA Naciones Unidas, Nueva York, abril, 38pp
- National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA, (2002), "Vent fluid chemistry" in: *Vent Geochemistry (Vent Programme)* (www.pmel.noaa.gov/vents/chemocean.html)
- (1981), "Deep seabed mining final programmatic environmental impact statement", United States Department of Commerce, NOAA Office of Ocean Minerals and Energy, 295 pp

- Oficina Técnica para el Seguimiento de la Estrategia Nacional de Biodiversidad, OTECBIO, de Guatemala (2001), “2o Informe Nacional de cumplimiento de los acuerdos del Convenio sobre la Diversidad Biológica ante la Conferencia de las Partes”, Guatemala, Octubre. B García (eds), 155pp. (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Ocean Voice International., (1995), “Offshore and deepsea marine reserves and parks: A mayor gap in protected area network”, OVI, *Sea wind*: 9(3):4-14 (www.ovi.ca)
- Ozturgut., E. Lavalle., J.,W., Steffin., O. y Swith., S.,A. (1980), “Environmental Investigations During Manganese Nodule Mining Test in the North Equatorial Pacific in November 1978”, *NOAA Tech Memo ERL-MESA-48 National Oceanic and Atmospheric Administration Col. USA* 50pp
- Parkes., J, Palmer., M, Cragg., B, Telling., J, Rhods., J, Mills., R, Severman., S, y Cowan., D. (1998), “A bug’s life” *Bridge Newsletter* 17:31-33
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), (2003), “Estudio de la relación entre el Convenio de la Diversidad Biológica y la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar- Nota Revisada del Secretario General”, Organó Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico; Octava Reunión, Montreal 10-14 de Marzo del 2003. Doc: UNEP/CBD /SBSTTA/8/9/Add. 3, Rev. 1, 209 de febrero.
- (1990), “Environmental Guidelines for Sand and Gravel Extraction Projects” *Environmental Management Guidelines*, No.20
- Pugh., D. (2001), “Criteria y guidelines for ascertaining the nature and implications of MRS” Report to the First UNESCO/IOC Meeting of the Advisory Body of Experts on the Law of the Sea (ABE-LOS) Paris 11-13, June, Doc: IOC/ABE-LOS 1/7.
- Schweder., T.(2002), “Screening and cloning of industrial enzymes from marine microorganisms”. *Biotechnion*. (www.uni-reifwald.de/imb/haupt.html)
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales- República Dominicana, (2000), “2o Informe Nacional a las Partes Convención sobre la Diversidad Biológica” Dirección de Vida Silvestre y Biodiversidad, Subsecretaria de Ares Protegidas y Biodiversidad, 94pp (www.biodiv.org/world/reports.asp?t=all)
- Sharma., R. y Nath., B., N. (1997), “Benthic disturbance and monitoring experiment in Central India Ocean Basin ”, Proc. 2nd (1997) *ISOPE Ocean Mining Symp*. Seoul, Corea pp. 146-153
- Shirayama., Y. (1999), “Biological results of JET Project: An Overview”, *Proc.3rd (1995) ISOPE Ocean Mining Symp*, Goa India, pp185-190
- Shuto., K. (1999), “The Japanese experience in deep seabed expedition” in: *Proposed Technologies for deep seabed mining of polymetallic nodules*; Proceedings of the International Seabed Authority’s, Workshop held in Kingston, Jamaica August 3- 6, 1999, International Seabed Authority ISBA, Office of Resources and Environmental Monitoring Kingston, Jamaica, pp 167-182
- Simpson S. (1992), “Life’s first scalding step (hydrothermal vents may have been locus of original life)”, *Sciences News on-line* (www.findsarticles.com/cj-o/m1200/2-155/p1article.jhtml?term=%Bhydrothermal)
- Smith., C.,R. (1999), “The Biological Environment in the Nodule Provinces of the Deep Sea” in: *Deep Seabed Polymetallic Nodule Exploration: Development of Environmental Guidelines* (ISA/99/02), ISBA Office of Resources and Environmental Monitoring, Kingston, Jamaica, enero.
- Thiel., H. 2001, “Unique science and reference areas on the high seas” In: *Managing risk to biodiversity and the environment on the high sea including tools such as marine protected areas- Scientific requirements and legal aspects*. Proc. on the experts workshop held at the International Academy for Nature Conservation, Isle of Vilm, Germany 27 February- 4 march, German General Academy for Mature Conservation BfN Skripten 43:97-102as
- Angel, M.V., Foel., E.,J. Rice., E.,L. y Schriever., G. (1997), “Environmental risks from larger scale ecological research in the deep sea” Commission on the European Communities – Directorate General for Science, Research and Development, 210pp
- Foel., E., y Schriever., G. (1991), “Potential Environmental Effects of Deep Sea Mining” Report No. 26 Zentrum for Meeres und Klimaforschung der Universitet al Hamburg, 243 pp,
- Tkatchenko.,G. Radziejewska.,T. Stoyanova.,V. Moblitba., I. y Parizek., A. (1996), “Benthic Impact Experiment in the IOM Pioner Area: Testing for Effects of Deep Sea–Disturbance” In: *Int. Seminar on Deep-Sea Mining Tech*. China, Ocean Mineral Resources Agency. R and Assoc. Beijing C55-C68.

- Trueblood., DD, Ozturgut., E. Pilipchuk., M, y Glounov.,IF, 1997. “ The Ecological Impacts of the joint US. Russian, Benthic Impact Experiment. In: *Proc. Int. Symp. Environmental Studies for Deep Sea Mining*, Metal Mining Agency of Japan, Tokyo, pp 237-243
- Tunnscliffe., V., McArthur., A.,G, McHugh., D. (1998), “A bigeographical perspective of deepsea hydrothermal vent fauna” *Advances in Marine Biology* 34:355-442
- UNEP, (2003), “Report of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice on the work of its eight meeting” Seven Meeting of the Conference of the Parties, CBD, Kuala Lumpur, March. Doc: UNEP/CDB/COP/3 April 9, 128pp
- (1996), “Bioprospecting of genetic resources of the deep sea-bed”, Note by Secretariat, Second Meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice, Montreal 2-6 September, Doc: UNEP/CBD/SBSTTA/2/15, 24 July, 7pp.
- (1995), “Decisión II/10: Conservation and Sustainable Use of Marine and Coastal Biological Diversity”, Doc: UNEP/CDB/COP/2/19, 30 de Noviembre
- United Nations, (1990), “Draft regulations on prospecting, exploration and exploitation of polymetallic nodules in the Area” Addendum part VIII. Protection and preservation of the marine environment from activities in the Area. Working party by Secretary, Doc: UNDOC/PCN/SCN3/WP6 Add 5, 8 February,
- Walker., D.A., 1995, “More evidence indicates link between El Niño and seismicity”. *EOS: transactions, American Geophysical Union* 78: 33-36
- Wijffels., R. (2002), “Sustainable exploration of the sea sources of food, pharmaceuticals and energy ” Wagenigen University Agrotechnology and Food Sciences” The Netherlands
(www.ftns.wau.nl/prock/research/rene/marine.htm)
- Wose, C., R, Kandler., O, y Wheels., M.,L. (1990), “ Towards a natural system of organisms: proposal for the domain *Archaea*, bacteria and eucarya” *Proc. Nat. Acad. Sci.* 87:4576-79
- WWF/IUCN. (2001), “The status of natural resources on the high seas”, an independent study conducted by The Southampton Oceanographic Centre y Dr. A Charlotte de Fountabert University of Southampton /Natural Environmental Research Council, IUCNM,. Gland Switzerland,